

0-53/71

PRA 4.6 SYSTEMANALYSE AV AVLØPSANLEGG

Sammenfattende rapport  
samt  
rapport fra perioden 1.7.72-1.4.73.

Rapporten avsluttet 1.4.73.

Saksbehandler: Siv.ing. Oddvar Lindholm  
Medarbeider : Avd.sjef Terje Simensen

F O R O R D

PRA 4.6 "Systemanalyse av avløpsanlegg" ble påbegynt i juni 1971. Prosjektet har av Staten innen PRA-rammen fått en bevilgning på kr. 565.000,-. Denne summen er oppbrukt i april 1973 - hvorledes er vist i kapitel 3. Denne rapporten dekker utviklingen i prosjektet i perioden 1.7.72 - 1.4.73, samt en oppsummering av det totale resultatet.

Perioden juni 1971 - desember 1971 er beskrevet i fremdriftsrapport nr.1, mens perioden januar 1972 - juni 1972 er beskrevet i fremdriftsrapport nr. 2. A/S Computas har siden mars 1972 vært engasjert av NIVA til å utføre programmeringsarbeider og datamaskintilpassingen. Siv.ing. Martin Hundstad, A/S Computas, har hatt ansvaret for ledningsnettprogrammet og kostnadsprogrammet, mens cand.real. Jon Brækhus, A/S Computas, har hatt ansvaret for renseanleggprogrammet og slambehandlingsprogrammet. Det avløpstekniske aspektet i modellarbeidet har NIVA selv hatt ansvaret for. Den prosesstekniske utformingen av renseanleggmodellen er gjort i samarbeid med lic.techn. Peter Balmér, NIVA.

INNHALDSFORTEGNELSE

1. SAMMENDRAG AV DE OPPNÅDDE RESULTATER
2. PUBLISERINGSARBEID
3. ØNSKELIGE VIDEREGÅENDE ARBEIDER PÅ MODELLENE
4. BRUK AV MODELLENE I PRAKTISK PLANLEGGING
5. TESTING AV MODELLENE
6. AVSLUTNING

APPENDIKS A : UTFYLLENDE ORIENTERING OM TIDLIGERE  
BESKREVNE MODELLER

A.1 -- Ledningsnettmodell

A.1.1 Kort forklaring på hydrogramberegning.

A.1.2 Veiledning ved utfylling av inputdata

A.2 - Renseanleggmodell

A.2.1 Kommandodirektiver

A.2.2 Beskrivelser

A.3 - Slambehandlingsmodellen

A.3.1 Brukerinstruks

APPENDIKS B : BESKRIVELSE AV NYUTVIKLEDE PROGRAMMER OG  
NYE RUTINER I TIDLIGERE BESKREVNE PROGRAMMER

B.1 - Ledningsnettmodell

B.1.1 Datainterface

B.1.2 Forbedring i oppstuvningsrutinen

B.1.3 Forbedring i rørslagringsrutinen

B.1.4 Delfyllingshastigheter

B.1.5 Forurensningsberegninger

B.1.6 Ulike tverrsnitt

B.1.7 Tilrenningsfunksjoner

B.1.8 Eksterne tilførseler

B.1.9 Timesharings versjon (Interaktiv)

B.1.10 Datahåndteringsrutiner

B.2 - EDB-program for original RRL metode

B.3 - Kostnadsanalyseprogram

forts.

Innholdsfortegnelse - forts.:

- B.4 - Renseanleggmodell
  - B.4.1 BOF-fjerning
  - B.4.2 Fosfor-fjerning
  - B.4.3 Optimaliseringsrutine

APPENDIKS C : BEREGNINGSEKSEMPLER

- C.1 - Ledningsnettmodell
- C.2 - Renseanleggmodell
- C.3 - Utskrifter fra ledningsnettmodell

APPENDIKS D : SYSTEMANALYSE AV AVLØPSANLEGG

APPENDIKS E : FOSFORFJERNINGSFUNKSJONER

LITTERATURLISTE.



## I. SAMMENDRAG AV DE OPPNÅDDE RESULTATER

Det er i prosjektet utviklet EDB-programmer som er egnet til analyser og prosjektering av spesielle anleggskomponenter eller hele avløps-systemer, både i en øyeblikkssituasjon og over lange perioder med sterkt varierende forhold.

Det er utviklet EDB-programmer for avløpsledningsnett, renseanlegg, slambehandlingsanlegg og kostnadsanalyseprogram. I de tre førstnevnte programmer er de tre aspekter hydraulikk, forurensninger og økonomi tatt med, slik at f.eks. eventuelle investeringer eller forandringer, ett eller flere steder, i avløpssystemet kan vurderes kostnadmessig mot den bedring i forurensningssituasjonen som eventuelt skapes.

Programmene kan opereres hver for seg eller i kombinasjon, fra større stasjonære batch-terminaler eller fra de små transportable time-sharings-terminaler.

### 1.1 Ledningsnettprogrammet

Ledningsnettprogrammet har følgende viktige egenskaper:

- . Kan ha varierende regnintensitet i samme regnskyll.
- . Kan ha varierende avrenningskoeffisienter i samme regnskyll.
- . Kan ta hensyn til ulike magasinerings effekter på overflaten av delarealene.
- . Tar hensyn til magasinerings effekter i rør og andre tverrsnitt.
- . Tar hensyn til strømningshastighetens variasjon med fyllingsgraden i tverrsnittet.
- . Kan utføre flom- og oppstuvningsberegninger for alle tidspunkter i ledningsnett.
- . Kan inkludere regnfordrøyningsbassenger i beregningene.
- . Kan inkludere pumpestasjoner og andre spesielle punkt-tilførsler i beregningene.
- . Kan inkludere overløp i beregningene.
- . Kan inkludere spillvann i beregningene.
- . Kan beregne forurensningstransporter g/s som funksjon av tiden etter regnets start i ethvert punkt i ledningsnett samt forurensningstap i overløp.

- . Kan beregne kanaler, tunneler og rør.
- . Kan dimensjonere ledningsstrekninger slik at oppstuvning så vidt unngås ved det regnskyll som betraktes.
- . Regner ut anleggskostnader for ledningsnett.
- . Beregner vannføring i alle rør for hvert minutt av regnforløpet.
- . Programmet kan kjøres på de fleste større dataanlegg og er derfor ikke stedsbunden.

### 1.2 Renseanleggprogrammet

Modellen kan inkludere regnfordrøyningsbasseng, forsedimentering, luftetank, mellomsedimentering, koagulering, flokkulering og ettersedimentering. Regnvannsoverløp kan tas med foran den mekaniske enheten i anlegget, foran den biologiske delen, foran den kjemiske delen og i fordrøyningsbassenget. Man kan velge hvilke enheter som skal utelates og om strømmen skal passere den kjemiske eller den biologiske delen først.

Modellen kan regne en øyeblikkssituasjon eller simulere en lengre tidsperiode, f.eks. ett år. Modellen kan således både simulere slike renseanlegg som betjener separatsystem og slike som betjener fellessystemer. I modellen er det programmert inn en automatisert optimaliseringsteknikk som kan finne det mest økonomiske renseanlegg som fjerner en på forhånd spesifisert komponent (organisk stoff eller fosfor) til en gitt grad.

Modellen kan finne den billigste anleggskombinasjon som fyller de oppgitte krav i en øyeblikkssituasjon eller over en hel årssyklus.

### 1.3 Slambehandlingsprogrammet

I programmet er følgende enheter inkludert: Fortykker, råtnetank, aerobisk stabilisering, sentrifuge, silbåndpresse, tørkeseng, vakuumfilter og deponering. Man kan velge hvilket prosesskjema man ønsker å prøve. I modellen er vannføring, suspendert stoff, biologisk oksygenforbruk, fosfor, nitrogen og kostnader inkludert. Ved å prøve forskjellige kombinasjoner, kan man lett finne den gunstigste behandlingsmåten. Dette programmet har vi dessverre ikke foreløpig fått anledning til å fullføre.

#### 1.4 Kostnadsanalyseprogram

Dette programmet beregner anleggskostnader og årskostnader for hele avløps-systemet. Tunneler/kanaler, ledninger, elektrisk/maskinelt, bygningsmessige arbeider, er her egne poster. Likeledes beregnes separat kapitalkostnader, kjemikalie/energikostnader, driftskostnader og vedlikeholdskostnader. Nå-verdiberegninger foretas også av programmet.

#### 1.5 EDB-program for RRL-metoden

I forbindelse med arbeidet med ledningsnettmodellen har man som et biprodukt fått et interaktivt EDB-program for den såkalte RRL-metoden. Se (2) i litteraturlisten. Programmet er vesentlig rimeligere i bruk enn den store ledningsnettmodellen, men man får bare beregnet vannføringen i ett punkt i ledningsnettet. Rørrinnlagring tas hensyn til.

### 3. PUBLISERINGSARBEID

I "Alminnelige vilkår for tildeling av midler i henhold til forskningsprogram for rensing av avløpsvann", står det i punkt 4 :

De institusjoner m.v. som blir tildelt oppdrag, skal sørge for at resultatene blir publisert på passende måte gjennom tidsskrifter, foredrag m.v.

Da publiseringsarbeidet er helt essensielt for en utbredelse av de hjelpemidler som er utviklet i prosjektet, har vi satset meget på dette punktet. Følgende publiseringsarbeid er gjort :

3.1 Arbeidene er beskrevet relativt detaljert i tre fremdriftsrapporter for prosjektet:

Fremdriftsrapport nr. 1 av 4.1.72 - NIVA, 76 sider.

Fremdriftsrapport nr. 2 av 26.7.72 - NIVA, 120 sider.

Samlerapport av 1.4.73 - NIVA, 104 sider.

3.2 I NIVAs årsberetning for 1972 er de utviklede programsystemer beskrevet samt at noen beregningseksempler er vist. 20 maskinskrevne A4-sider.

3.3 Programsystemene ble presentert på NATO Advanced Study Institute on Systems Analysis for Environmental Pollution Control. December 9-16, 1972, Baiersbronn BRD.

På symposiet møtte 80 representanter fra 18 forskjellige nasjoner.

3.4 Ledningsnettprogrammet for avløpsberegninger presenteres flere ganger årlig på Statens Teknologiske Instituttts kurser i "Prosjektering av vann- og avløpsledningsnett". Oslo - Bodø.

3.5 Ledningsnettprogrammet for avløpsberegninger ble presentert på NIFs (Norske Sivilingeniøreres Forening) kurs i "Beregning av ledningsnett for Vann- og Avløp". Mars 21-23, 1973, Gol.

3.6 Hele programsystemet ble presentert på et foredrag i Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene. Februar 14, 1973, Oslo.

3.7 Ledningsnettprogrammet for avløpsberegninger er beskrevet i "Kommunalt Tidsskrift" nr.1, Mai : 1973. Ca. 21 maskinskrevne A4-sider.

3.8 Hele programsystemet vil sannsynligvis beskrives i "VANN" nr.2. 20 maskinskrevne sider.

3.9 Hele programsystemet (Ledningsnett- renseanlegg- slambehandlingsanlegg- kostnadsprogram) er beskrevet i tidsskriftet "VATTEN" nr. 2, juni 1973. 20 maskinskrevne A4-sider.

3.10 Hele programsystemet er beskrevet i boken "Models for Environmental Pollution Control", hvor artikkelen er kalt "Modelling of Sewerage Systems". Utgis i august 1973 av Ann Arbor Science Publishers Inc., Michigan, U.S.A. Ca. 43 maskinskrevne sider.

3.11 Ledningsnettprogrammet for avløpsberegninger presenteres i NIBRs (Norsk institutt for By- og Regionforskning) informasjonsserie "Plandata". Plandata er meget utbredt i kommuner og blant konsulenter. Utkommer i løpet av 1973, ca. 17 maskinskrevne A4-sider.

3.12 Ledningsnettprogrammet for avløpsberegninger ble presentert på Sjølystsentret i Oslo på utstillingen "Vannet vårt", februar 20-23, 1973 ved NIVAs stand.

3.13 Hele programsystemet skal presenteres på symposiet "The Use of Mathematical Models in Water Pollution Control" under tittelen "Modelling of Sewerage Systems". University of Newcastle upon Tyne, England, September 9-14, 1973.

3.14 Det er drevet en informasjons- og akkvisisjonsvirksomhet gjennom personlige kontakter og uformelle informasjonsmøter.

#### 4. ØNSKELIGE VIDEREGÅENDE ARBEIDER PÅ MODELLENE

Ledningsnettmodellen og renseanleggmodellen er kommet relativt høyt m.h.t. implementert kunnskapsnivå. Slambehandlingsmodellen står langt svakere på dette punktet. I det etterfølgende er det oppsummert noen punkter hvor det er ønskelig med forbedringer og utvidelser.

##### 4.1 Ledningsnettmodell

- a) Utvide mulighetene for brukeren til å velge en utskrift tilpasset særbehov. Slik programmet er idag, kan man ofte få langt mer data ut enn vanligvis påkrevet.
- b) La programmet få en subrutine hvor vannstrømmer kan splittes ved flere utløp fra en kum. Subrutinen må baseres på energilikevekt i de tilstøtende grenledninger.
- c) La brukeren kunne velge intervallet (steget) mellom hver øyeblikks-situasjon som beregnes av et regnforløp. Idag er standard = 1 minutt.
- d) La programmet få en subrutine hvor vannet tillates å flomme opp av kumlukkene under oppstuvningsberegningene. Idag forutsettes alt vannet å strømme i ledningsnettet under oppstuvningsberegningene. (Trykkgradient over marknivået).
- e) La programmet kontrollere om selvrensende hastighet oppnås i alle ledninger. Man kan velge om kontrollen kun skal resultere i ett varsel-signal eller påvirke valg av ledningsdimensjon.
- f) La programmet få mulighet til automatisk å legge inn fallkummer (energidreperer) der hvor hastigheten ellers blir for stor.
- g) La programmet ta hensyn til innløpstap i kummer.
- h) La brukeren få anledning til å velge mellom flere hydrauliske trykktaps-formler.
- i) Legge inn kostnadsfunksjoner for regnfordrøyningsbasseng, kanaler, tunneler og kulverter i ledningsnettprogrammet. Disse funksjoner ligger i dag bare i kostnadsanalyseprogrammet.

- j) La hurtigprinteren plote diagrammer over variable størrelser som vannføringer, oppstuvningsnivå, osv.).
- k) La hurtigprinteren plote strukturen i nettverket som en kontroll av geometrien.

#### 4.2 Renseanleggmodell

Renseanleggmodellen trenger først og fremst en kontinuerlig forbedring av prosess- og kostnadsfunksjoner. Dette må gjøres suksessivt ettersom våre kunnskaper på disse områder bedres.

#### 4.3 Slambehandlingsmodell

Denne modellen har i dag et dårligere ligningssystem for prosesser og kostnader enn våre kunnskaper på slamområdet tilsier. Slik modellen er i dag, er den ikke brukbar for praktisk planlegging, men den er et grunnlag for en fremtidig forbedret modell.

#### 4.4 Kostnadsanalyseprogram

Kostnadsligningene i dette programmet bør stadig være under oppsyn og tilpasses de variasjoner man alltid har i samfunnet.

#### 4.5 RRL-metode program

Dette programmet er tilpasset den originale RRL-metoden en gang for alle. Programmet var forøvrig et biprodukt i hovedprosjektet.

#### 4.6 Systemanalyse

Etter at bevilgningsrammen ble fastsatt, var det klart at bevilgningene ikke kunne rekke til selve systemanalysearbeidet men kun til en oppbygging av nødvendige redskaper for at en slik analyse kan foretas.

Det bør imidlertid bevilges penger til en systemanalyse av de enkelte anleggs-komponenters betydning og gjensidige påvirkninger m.h.t. forurensningssituasjon, økonomi og hydraulikk. Ved å utføre en slik analyse, vil følgende kunne oppnås :

- a) Oppsøking av de parametre som det er særlig betydning å bestemme nøyaktig i en avløpsanalyse.
- b) Generelle retningslinjer for hvordan de enkelte avløpsanleggkomponenter bør utformes, sammenkobles og drives for å oppnå en gunstig forurensningssituasjon og en optimal økonomi.
- c) Bedre forståelse for hvordan et totalt avløpssystem (ledningsnett, renseanlegg, slambehandling) fungerer og samspiller under ulike belastningsforhold.
- d) Belysning av valgproblematikken separat-fellessystem. Hvordan en eventuell overgang fra felles- til separatsystem bør foregå og hvilke midlertidige tiltak som bør utføres.



5. BRUK AV MODELLENE I PRAKTISK PLANLEGGING

Modellene har allerede blitt brukt i praktisk avløpsplanlegging av noen av de fremste VA-konsulenter i Norge.

Ing.Chr.F. Grøner A/S har analysert ca. 40 forskjellige avløpsnett i Drammen kommune.

A/S VIAK har gjort meget omfattende analyser av et større avløpsnett, samt en kanal i Bærum kommune.

A/S Reinertsen i Trondheim har analysert to ledningsnett i Trondheim kommune.

Ing.Chr.F. Grøner har dessuten benyttet seg av renseanleggmodellen til hjelp ved prosjektering av et tre-steps renseanlegg i Brumunddal - (12.000 pers.ekv.).

Disse oppdrag har vært et resultat av personlige kontakter da modellene ennå ikke er forsøkt markedsført.

De nevnte konsulenter har etter en tid gjentatte ganger kommet tilbake for å utføre tilleggsanalyser, hvilket må tolkes som at programmene blir ansett for å være gode og rimelige hjelpemidler i planleggingen av avløpsanlegg.

## 6. TESTING AV MODELLENE

### 6.1 Ledningsnettmodellen

Rørlagringsrutinen i ledningsnettmodellen, som er av vital betydning, bygger på en metodikk utviklet av det britiske veglaboratoriet (RRL). Denne metodikk er testet av RRL mot omfattende målinger i flere prøvefelt med gode resultater (2).

Hele NIVA-ledningsnettmodellen er forøvrig testet med et EDB-program utviklet hos konsulentfirmaet X.u.D.Dorsch, München. Dorsch har testet sitt program mot omfattende målinger i prøvefelt også med gode resultater. Vi benyttet et felt i Oslo, hvor Dorsch har beregnet avløpet med sin modell, til en sammenligning mellom de to modellene.

Resultatet av sammenligningen viste at avviket i maksimal vannføring var mindre enn 2%. Formen på hydrografene for de to EDB-programmene var også nesten identisk like.

NIVA vil få tilgang til nedbør- og avløpsdata fra en rekke felter i forbindelse med NVEs prosjekt PRA 4.2. Disse data vil også bli benyttet for ytterligere å få verifisert modellens nøyaktighet.

### 6.2 Renseanleggmodellen

BOF-fjerningsfunksjonene i renseanleggmodellen bygger på meget vel uttestede ligninger. En rekke land har i flere årtier gjort eksperimenter og erfaringer med den biologiske renseprosessen, noe som tilsier at vi neppe har noe igjen for en egen aktivitet på dette feltet. BOF-fjerningsfunksjonene vil bli forbedret i takt med våre kunnskaper på dette området via litteraturen. Fosforfjerningsfunksjonene vil bli testet mot målinger fra NIVAs forsøksanlegg på Kjeller. Det er foreløpig sparsomt med litteratur på dette området.

Dersom ressursene strekker til, vil vi prøve å innhente data fra Sverige for å teste renseanleggmodellens oppførsel ved ulike hydrauliske belastninger.

## 7. AVSLUTNING

Det er utviklet EDB-programmer for omfattende analyser av avløpssystemer. De fleste av programmene (bortsett fra slamprogrammet) har nå nådd en noenlunde hensiktsmessig grad av utvikling. Imidlertid øker våre kunnskaper og erfaringer så raskt at en full stans i arbeidet med modellene ville raskt medføre en akterutseiling av programmene. Forholdet er forsøkt illustrert i fig. 1. Det anbefales derfor at modellene er under kontinuerlig oppsyn og forbedring.

Det er nå mulig å utføre en omfattende systemanalyse av avløpsanlegg idet det nødvendige redskap nå foreligger i en operativ stand. Redskapene bør likevel styrkes enkelte steder.

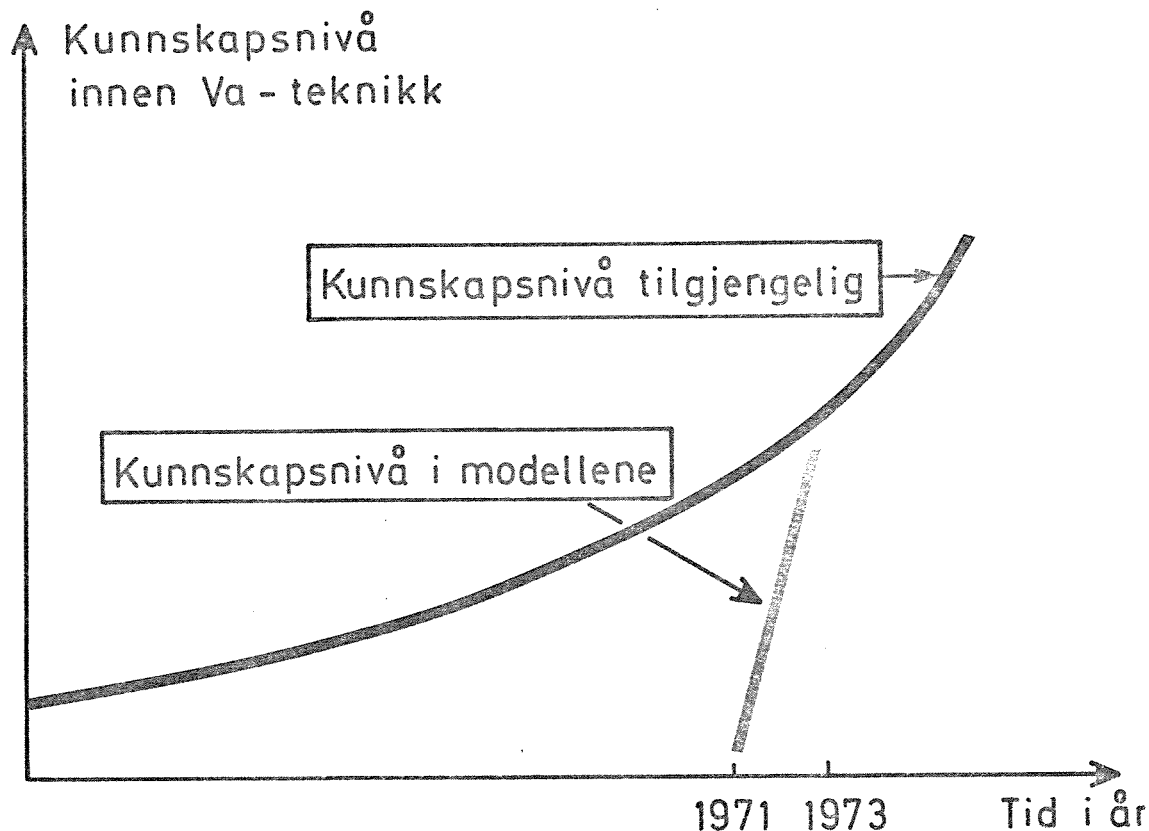


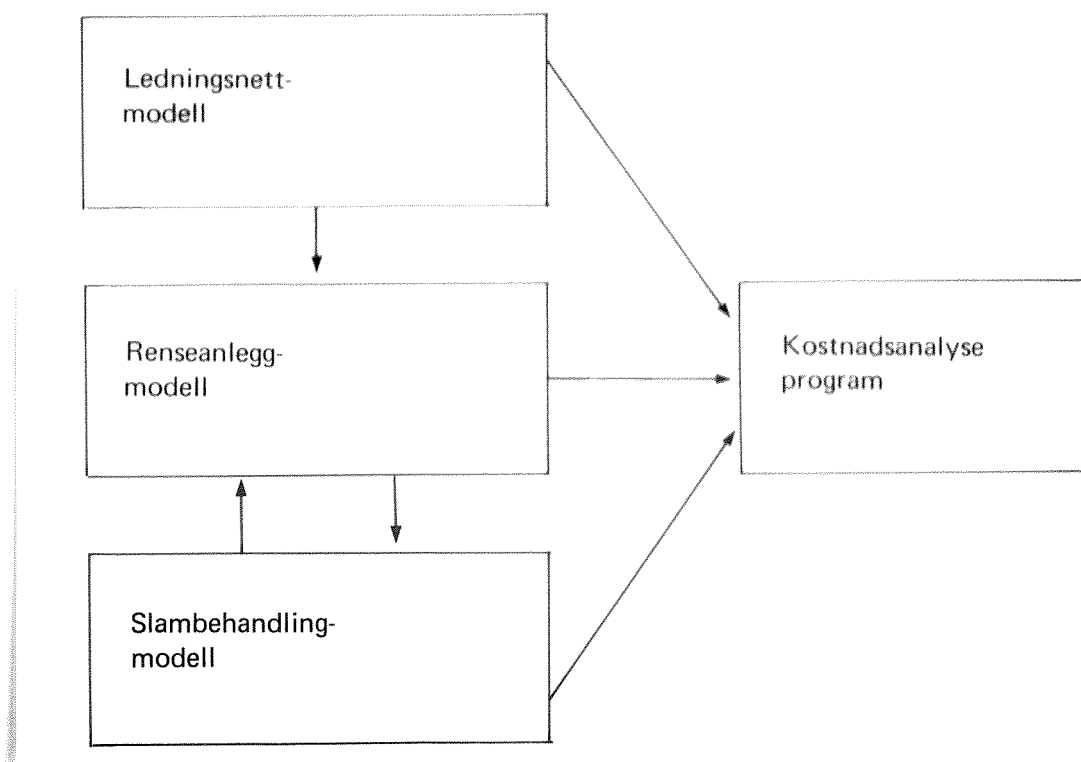
Fig. 1 : Kunnskapsnivå.

## APPENDIKS A

### UTFYLLENDE ORIENTERING OM TIDLIGERE BESKREVNE MODELLER

I fig. 2 er datastrømmene mellom de enkelte programmene skissert. Man får av figuren et inntrykk av samspillet ved en totalanalyse av et avløpssystem.

Fig. 2 Datastrømmer mellom programmene



#### A 1. Ledningsnettmodell

##### A 1.1 Kort forklaring på hydrogramberegningene

En vannføring,  $Q$  l/s, beregnes for alle rørstrekninger og for hvert minutt,  $t$ , av et gitt regnforløp på følgende vis:

A) Fra inputdataene hentes en regnintensitet,  $I(t)$ , l/s · ha og en avrenningskoeffisient,  $\phi(t)$  for alle rør og minutter. Avrenningen fra hvert delfelt beregnes tilsvarende for alle rør og alle minutter:

$$Q(t) = A \times I(t) \times \phi(t). \text{ Se fig. 4.}$$

$A$  = delareal for de respektive rør.

B) Forsinket tilløp til rørene beregnes ut fra oppgitte tilrenningstider og tilrenningsfunksjoner for alle rør og for hvert "minuttnebdør". Dersom tilrenningsfunksjonen er lineær, (tilrenningsfunksjon nr. 0) og eksemplet i fig. 4 benyttes, vil tilrenningsforløpet til røret bli slik fig. 5 viser. Det er forutsatt en tilrenningstid på 4 minutter. "Minuttnebdørene" superponeres og utgjør tilsammen basishydrogrammet.

C) Regnvannstilløpet fra hvert delfelt (se fig. 5) antas å komme inn sammen med beregnet spillvann i ~~første~~ ende av delfeltets rør. Det vann som kommer inn i røret fra overforliggende rør, gjennomgår to ulike prosedyrer før det endelige utløpshydrogram kan finnes.

D) Hydrogrammet fra ovenforliggende rør gjennomgår en rørlagringsmetodikk. Rørlagringsmetoden bygger på den samme som RRL-metoden benytter (2). RRL-metoden beregner imidlertid magasineringsen for rørsystemet samlet, hvilket kan gi feilaktige resultater, mens denne metoden som beskrives her behandler hvert rør for seg.

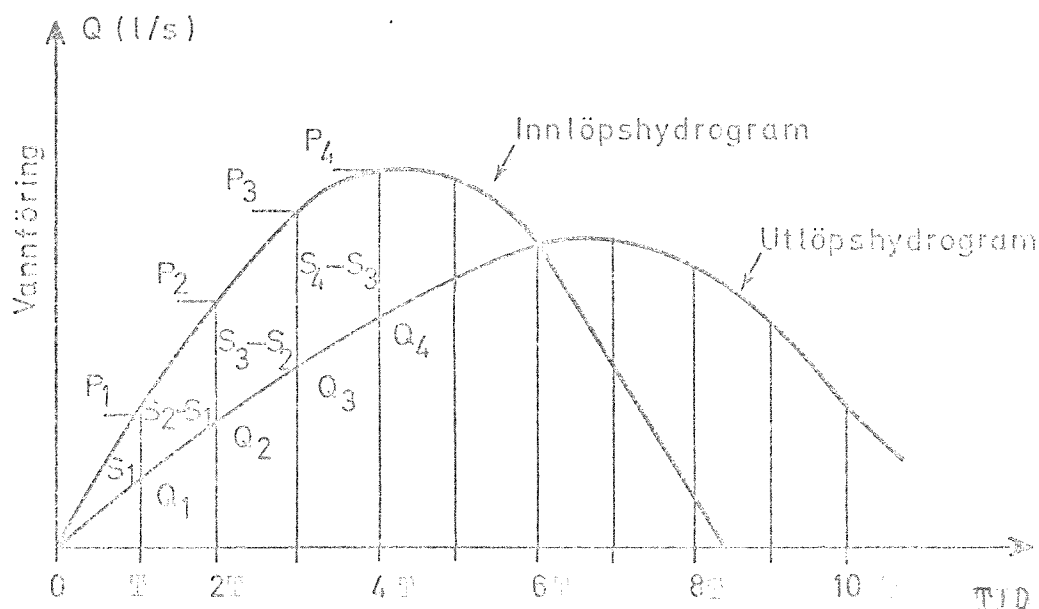


Fig. 3 Rørlagringseffekt

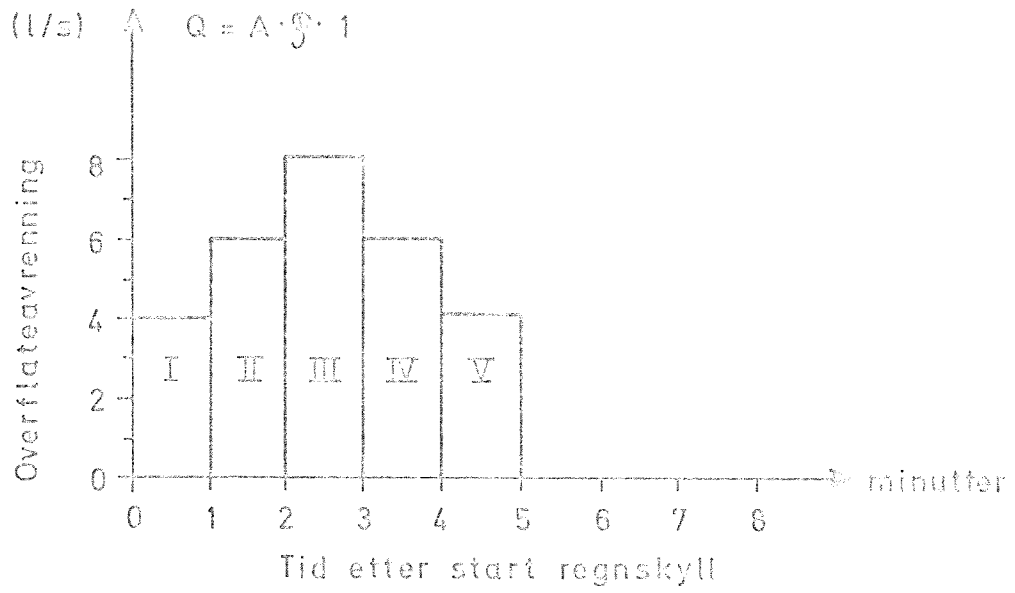


Fig. 4 Avrent overvann fra delfelt

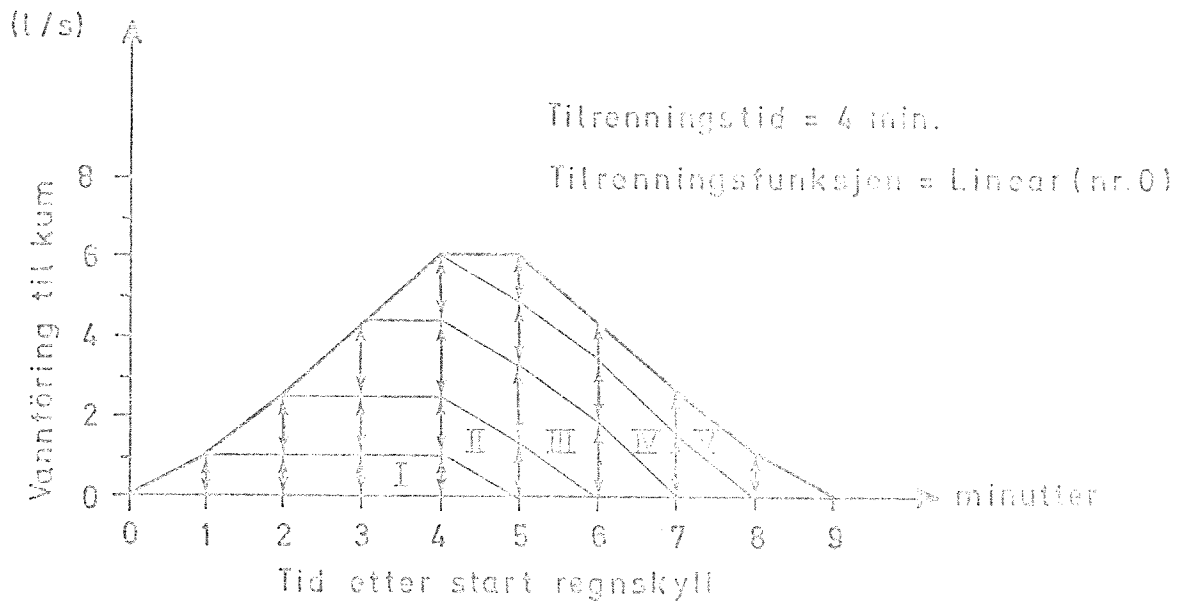


Fig. 5 Vannføring tilført ledningsstrekningen

Følgende ligninger kan settes opp i følge fig. 3

$$S_2 - S_1 = (P_2 - Q_2) + (P_1 - Q_1) \frac{t}{2}$$

$$S_2 + \frac{Q_2 t}{2} = (P_1 + P_2 - Q_1) \frac{t}{2} + S_1$$

---

$$S_n + \frac{Q_n t}{2} = (P_n + P_{n-1} - Q_{n-1}) \frac{t}{2} + S_{n-1}$$

---

I den generelle ligningen er alltid høyre side av ligningen kjent fra a) foregående beregninger samt b) den aktuelle verdi på inputhydrogrammet. Da er også den samlede verdi av venstre side i ligningen kjent. Siden forholdet mellom innlagret vannvolum i røret eller kulverten,  $S_n$ , og vannføringen i røret,  $Q_n$ , er kjent ut fra delfyllingskurver, kan begge disse verdier bestemmes.

E) For hvert minutt beregnes vannføringens hastighet i røret eller kulverten. Vannføring som benyttes for å beregne vannets hastighet i røret, er output-hydrogrammets verdier.

Videre benyttes innlest delfyllingshastighetstabell, rørets oppgitte ruhet og oppgitt eller beregnet diameter, samt beregnet rørgradient. Da lengden på røret er kjent, kan vannets gjennomløpstid for hver situasjon (hvert minutt) beregnes.

De enkelte tidspunkter for rørlagringsmetodikkens output-hydrogram forskyves langs tidsaksen i henhold til de enkelte vannførings beregnede gjennomløpstid. Dersom røret har liten delfylling ved regnstart, vil de første mindre vannføringer forskyves relativt langt utover tidsaksen (lav hastighet). mens forskyvningene etter hvert minsker når vannføringen øker. (Så lenge  $Q/Q_{full} < 0.8$ ).

F) Det hydrogram man nå har trykkes ut dersom det spesielle røret er av interesse. Dette hydrogram brukes også som input-hydrogram til det nedenforliggende rør. En summeringsrutine sørger for at grenledningers hydrogrammer kommer riktig inn i totalhydrogrammet.

#### A 1.2 Veiledning ved utfylling av inputdata

Vanligvis mates data inn til maskinen på hullkort. Brukeren fyller ut slike skjemaer som er vist i fig. 6, som så overføres til hullkort av punchedamer. Hver linje i skjemaet blir til et hullkort. Kolonnene er nummerert og disse numre blir det referert til i den etterfølgende beskrivelse.

I APPENDIKS C er utskriftseksempler for ledningsnettmodellen vist.

Fig. 6 Dataekjema B  
ANALYSE AV AVLØPSNETT

COMPIRES

Prosjekt : .....  
Firma : .....  
Saksbehandler : .....

NIVA - modellen

Kodeordet	Antall	Ledh.-nr. på de ledninger som skal fjernes eller korrigeres.													
NETT	ledninger	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
1	5														

Denne linje ignorerer hvis forisatt fra foregående side.

Ledh. nr.	Nedre k.pkt.	Nivå	Øvre k.pkt.	Marknivå	Lengde m.	Tillop areal	Tett-fl. areal	Red. faktor	Diam./Bredde	Høyde	Ledh. friksjon	Befolk. tetthet	Tilr. tid	% fjell	Anleggs år
3	5	7	15	22	28	33	40	47	54	58	60	64	70	74	78



# INNGANGSDATA

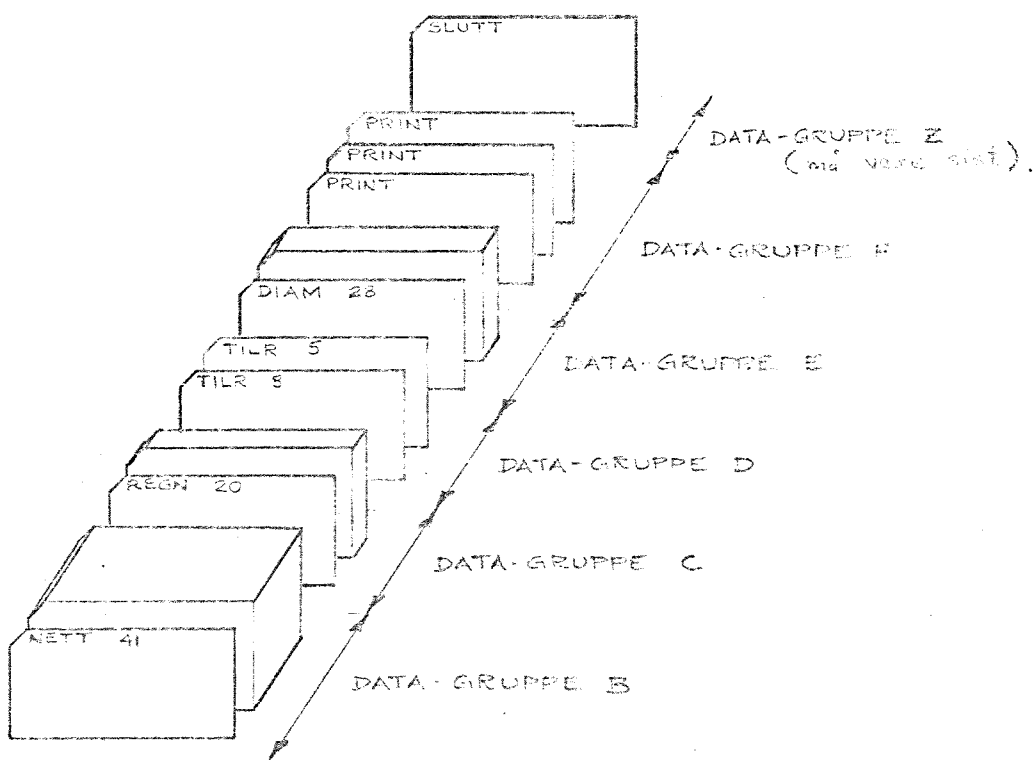


Fig. 7 Datagruppeeksempler

Rekkefølgen av Data-Grupperne er uoverbrettlig, mens rekkefølgen av data-kortene innen hver gruppe er fiksert dersom intet annet er spesifisert.

DATA - GRUPPE A

Prosjekt-tittel

Kort type 1.

Kodeordet for prosjekt-tittel.

felt      kolonne

1)        1 - 4

Kodeordet TITL.

2)        6 - 9

Ved nytt data-sett :

Antall tittel-kort (maksimalt 5)  
som skal leses inn og trykkes ut  
på første utskriftside.

Ved oppretting :

Antall tittel-kort (maksimalt 5)  
som skal trykkes ut på første  
utskriftside etter oppretting.

Verdien er høyrejustert i feltet og oppgis uten desimal-punktum.

3)        11 - 15

Det antall tittel-linjer som ønskes skrevet ut øverst på øvrige utskriftsider (ikke førstesiden). Dersom verdien er lik null eller utelates, vil programmet automatisk trykke ut de 2 første utskriftlinjene. Verdien er høyrejustert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.

4)        16 - 20

Benyttes kun ved oppretting. Linje-nr.

5)        21 - 25

i tittelen som skal enten fjernes eller erstattes av det første av de etterfølgende tittel/utskriftslinjer (kort type 2).

⋮        ⋮

8)        36 - 40

Verdiene er høyrejustert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.

Data-feltene 4 - 8 brukes fortrinnsvis ved oppdatering av foregående data-sett.

Når fullstendig nye data-sett innleses behøver ikke data-feltene 4 - 8 utfylles.

Data-felt 2 vil da inneholde det antall tittel/utskrift linjer som følger umiddelbart på kort type 2.

Kort type 2.

felt kolonne

11 - 80

Tittel-kort. Innholdet på hvert tittel-kort representerer en utskriftslinje. Gi så mange tittel-kort som angitt i datafelt 2) på kort type 1.

Tittel/utskriftslinje. Alfa-numeriske karakterer og symboler godtas.

DATA - GRUPPE B

Rørnettinformasjon.

Kort type 1.

felt kolonne

1) 1 - 4

2) 6 - 9

Kodekort for nettverksdata.

Kodeordet NETT.

Antall rør i avløpsnettet. Verdien er høyrejustert i feltet og gis uten desimalpunktum. Maksimum = 100.

Ved oppretting :

Antall etterfølgende rør-kort som skal leses inn enten som tilføyelse eller korrigerer av eksisterende datasett. Det totale antall rør i ledningsnett etter oppretting må ikke overstige 100.

3) 11 - 15

4) 16 - 20

⋮  
⋮  
⋮  
⋮  
⋮

15) 71 - 75

16) 76 - 80

Brukes kun ved oppretting :

Identifikasjonsnumre på de ledningstrenger i det eksisterende nett som skal fjernes før neste beregning.

(Når nye data-sett leses inn er disse felter blanke).

Verdiene gis uten desimalpunktum og høyrejusteres innen feltet.

Merk :

Ved korrigerings av en ledningsstreng må den eksisterende rørledning først fjernes og deretter gis på nytt med korrigererte data på kort type 2.

Kort type 2.

Nettverksdata. Et kort for hvert rør i nettverket. Innbyrdes kort-rekkefølge er uvesentlig.

felt kolonne

1) 1 - 3

Rør-nr. (identifikasjonsnr.). Tallet er høyrejustert i feltet og gis uten desimalpunktum.

2) 4 - 6

Nedre knutepunkt nr. Tallet er høyrejustert i feltet og gis uten desimalpunktum.

3) 7 - 12

Nivå-høyden i nedre knutepunkt i m. Verdien gis med desimalpunktum.

4) 13 - 15

Øvre knutepunkt nr. Tallet er høyrejustert i feltet og gis uten desimalpunktum.

5) 16 - 21

Nivå-høyden i øvre knutepunkt i m. Verdien gis med desimalpunktum.

6) 22 - 27

Marknivå-høyden i øvre knutepunkt i m. Verdien gis med desimalpunktum. Verdien kan utelates.

7) 28 - 32

Rør-lengde i m. Verdien gis med desimalpunktum.

8) 33 - 39

Rørets tilløpsareal i ha. Verdien gis med desimalpunktum.

- 9) 40 - 46 Rørets tett-flate-areal i ha.  
Verdien gis med desimal-punktum.  
Datafeltet må forbli åpent dersom:  
a) Rørets tilløpsareal skal anvendes i stedet for tett-flate-arealet.  
b) Røret ikke har tilrenning fra nedbør.
- 10) 47 - 50 Konstant reduksjonsfaktor for rørets :  
a) Tilløpsareal hvis data-felt 9 er åpent.  
b) Tett-flate-areal hvis data-felt 9 er utfyllt.  
Verdien oppgis i brøk av total (0.7 tilsvarer 70% anvendbart areal) og gis med desimal-punktum.  
Data-feltet må forbli åpent dersom :  
a) Gitt avrenningskorreksjonskoeffisient-kurve skal anvendes (se DATA-GRUPPE G).  
b) Røret ikke har tilrenning fra nedbør.
- 11) 51 - 54 Sirkulært rør : Rør-diameter i mm.  
Verdien er høyre-justert i feltet og oppgis uten desimal-punktum. Data-feltet må forbli åpent dersom rørdimensjonen skal beregnes av programmet.  
Kulvert / kanal : Bredde i bunn gitt i hele cm.  
Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.
- 12) 55 - 58 Høyde på kanal/kulvert i hele cm.  
Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum. Data-feltet må forbli åpent dersom ledningen har sirkulært tverrsnitt.
- 13) 59 - 60 Helningsvinkel på kulvert/kanal vegger.  
Vinkelen regnes fra vertikalen og gis i hele grader. Er veggene vertikale, kan verdien utelates eller settes lik null. Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.

- 14) 61 Tverrsnitt-kode.  
= 0 eller utelates hvis lednings-tverrsnittet er sirkulært eller firkantet med horisontal bunn.
- 15) 62 - 64 Friksjon-angivelse for ledning.  
Avhengig av formelverket som legges til grunn ved beregningen oppgis :
- a) Mannings tall når Mannings ligning brukes.
  - b) Ruhet i hele mm når Colebrooke's formel anvendes.
  - c) Motstandstall når Hazen-Williams formel legges til grunn.
- Alle verdier er høyre-justert i data-feltet og gis uten desimal-punktum. Dersom data-feltet ikke utfylles, blir innlagte ordinærverdier for de respektive formel-typer anvendt.
- 16) 65 - 68 Befolknings-tetthet gitt i personer pr. ha.  
Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum. Dersom verdien utelates vil :
- a) Befolknings-tettheten fra DATA-GRUPPE I (hvis denne er oppgitt) bli anvendt.
  - b) Vil røret ikke få lokalt spillvann (hvis DATA-GRUPPE I er utelatt).
- 17) 69 - 70 Tilrenningstid i min. Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum. Verdien må utelates dersom en i programmet innlagt ordinær-verdi ønskes anvendt.

18) 71

Tilrenningsfunksjon-nr. på den kurve som ønskes anvendt for røret. Verdien utelates eller settes lik null dersom en generell tilrenningsfunksjon som er innlagt i programmet skal brukes.

En av fire standard-funksjoner, som også er innlagt i programmet, kan påkalles ved å oppgi enten 1, 2, 3 eller 4 (henholdsvis) i datafeltet.

For spesielle tilrenningsfunksjoner kan disse spesifiseres av bruker (i DATA-GRUPPE D) og påkalles ved å oppgi enten 5, 6, 7, 8 eller 9 avhengig av hvilket kurve-nr. brukeren har satt på den aktuelle tilrenningsfunksjon under DATA-GRUPPE D.

19) 72 - 74

Prosent fjell i anleggsgrøft for røret. Verdien som oppgis i hele prosent (60 tilsvarer 60% fjell i grøft), er høyre-justert i datafeltet og oppgis uten desimal-punktum.

20) 75 - 78

Anleggsår. Årstallet utelates dersom røret ikke skal med i kostnadsberegningen.

DATA-GRUPPE C

Nedbør informasjon.

Kort type 1.

Kodekort for nedbør-data.

felt kolonne

1) 1 - 4

Kodeordet REGN.

2) 6 - 9

Nedbørvarighet i min. Verdien er høyre-justert i feltet og gis uten desimal-punktum. Maksimum = 500.

Kort type 2.

Nedbørhydrogram. Et og et kort fylles med data inntil hele hydrogrammet er oppgitt.

felt kolonne

1) 11 - 15

Nedbør i l/s pr. ha. En verdi oppgis for hvert minutt i nedbør-perioden. Utfyllingen av hvert kort må begynne i data-felt 1).

2) 16 - 20

Alle verdier gis med desimal-punktum.

3) 21 - 25

Varierer nedbøren under nedbør-perioden, angir verdien i data-felt 2) på kort type 1 det antall verdier som må gis her på kort type 2. Dersom nedbøren er konstant under hele nedbør-perioden, er det nok å oppgi den konstante nedbør-verdien i data-felt 1) på det eneste kort av kort type 2 som da er nødvendig.

.....

13) 71 - 75

14) 76 - 80



## DATA-GRUPPE D

Spesielle bruker-spesifiserte tilrenningsfunksjoner.

Denne DATA-GRUPPE er kun nødvendig dersom data-felt 17) på et eller flere av kortene i kort type 2 i DATA-GRUPPE B inneholder tallene 5, 6, 7, 8 eller 9.

### Kort type 1.

felt    kolonne

1) 1 - 4

2) 9

3) 11 - 15

4) 16 - 20

5) 21 - 25

11) 51 - 55

12) 56 - 60

Kodekort for spesiell tilrenningsfunksjon.

Kodeordet TILR.

Tilrenningsfunksjon-nr. på den funksjonskurve som følger i data-feltene 3) til og med 12). Kun verdiene 5, 6, 7, 8 og 9 er gyldige.

Tilrenningsfunksjons-kurve. Verdiene angir prosent av tilrent areal for hver 10% av tilrenningstiden (f. eks. vil tallet 24 i data-felt 5) indikere at etter 30% av total tilrenningstid er nedbøren fra 24% av arealet tilrent det aktuelle rør). Alle verdier er høyre-justert i de individuelle data-felt og oppgis uten desimal-punktum.

Gjenta DATA-GRUPPE D for hver bruker-spesifisert tilrenningsfunksjon.

DATA-GRUPPE E

Spesiell bruker-spesifisert rørdiameter-tabell.

Denne DATA-GRUPPE anvendes dersom brukeren vil spesifisere en annen diameter-tabell enn den som er innlagt i programmet. Diameter-tabellen brukes hvis programmet skal beregne en eller flere rør-diameterer.

Kort type 1.

felt kolonne

- 1) 1 - 4
- 2) 8 - 9

Kodekort for spesiell diameter-tabell.

Kodeordet DIAM.

Antall rørdiameterer i spesifisert diameter-tabell. Verdien er høyre-justert i feltet og gis uten desimalpunktum.

Maksimum = 30.

Kort type 2.

felt kolonne

- 1) 11 - 15
- 2) 16 - 20
- |      |
- 13) 71 - 75
- 14) 76 - 80

Spesiell rørdiameter-tabell. Et og et kort fylles med data inntil alle diameterer er oppgitt.

Diameter i hele mm. Utfyllingen av hvert kort må begynne i data-felt 1). Verdiene, som må gis i økende orden, er høyre-justert innen hvert data-felt og oppgis uten desimalpunktum.



DATA-GRUPPE G

Spesiell avrenningskoeffisient-funksjon.

Denne DATA-GRUPPE er nødvendig dersom på kort type 2 i DATA-GRUPPE B data-feltene 9) og 11) er åpne for ett eller flere rør med tilrenning fra nedbør.

Kort type 1.

felt kolonne

1) 1 - 4

2) 6 - 9

Kodekort for spesiell avrenningskoeffisient-funksjon.

Kodeordet AVRK.

Antall oppgitte verdier i spesiell avrenningskoeffisient-funksjon. Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum. Maksimum = 500.

Kort type 2.

felt kolonne

1) 11 - 15

2) 16 - 20

⋮ ⋮

13) 71 - 75

14) 76 - 80

Spesiell avrenningskoeffisient-funksjon. Det er unødvendig å oppgi verdier på funksjonen etter at denne antar et konstant forløp. Et og et kort fylles med data inntil alle verdier (angitt i data-felt 2 på kort type 1) er oppgitt.

Avrenningskorreksjons-koeffisientverdier (en verdi for hvert løpende minutt fra nedbørstart) oppgis i brøk av total (0.7 tilsvarende 70% anvendbart areal i et gitt minutt). Alle verdier gis med desimal-punktum.

DATA-GRUPPE H

Standard tilrenningstid.

Denne DATA-GRUPPE anvendes dersom brukeren vil spesifisere en annen standard tilrenningstid enn den i programmet innlagte ordinærverdi.

Kort type 1.

felt kolonne

1) 1 - 4

2) 11 - 15

Kodekort for standard tilrenningstid.

Kodeordet TTID.

Standard tilrenningstid gitt i hele minutter. Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.

DATA-GRUPPE I

Befolknings-tetthet.

Denne DATA-GRUPPE kan anvendes dersom en del av avløpsnettets tilløpsareal har samme befolknings-tetthet. (Data-felt 15 på kort type 2 i DATA-GRUPPE B for rør-ledninger med denne befolknings-tetthet kan stå åpent).

Kort type 1.

felt kolonne

1) 1 - 5

2) 11 - 15

Kodekort for generell befolknings-tetthet.

Kodeordet BFOLK.

Befolknings-tetthet gitt i personer pr. ha. Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.

DATA-GRUPPE J

Spillvannsavløp.

Denne DATA-GRUPPE anvendes dersom brukeren vil spesifisere et annet vannforbruk pr. person og/eller maksimum time-faktor enn det som er innlagt i programmet.

Kort type 1.

felt kolonne

1) 1 - 4

Kodekort for spillvannsavløp.

Kodeordet VFBRK.

Kort type 2.

felt kolonne

1) 11 - 15

Vannforbruk-data.

Midlere vannforbruk i liter pr. person pr. døgn. Dersom verdien utelates, anvendes den innlagte ordinær-verdi. Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.

2) 16 - 20

Maksimum time faktor. Dersom verdien utelates, anvendes den innlagte ordinær-verdi. Verdien gis med desimal-punktum.

DATA-GRUPPE K

Forurensning i spillvann.

Denne DATA-GRUPPE anvendes dersom brukeren vil spesifisere en annen forurensningsverdi enn den i programmet innlagte ordinærverdi.

Kort type 1.

felt kolonne

Kodekort for forurensning i spillvann.

1) 1 - 5

Kodeordet BOFPE.

2) 11 - 15

Forurensnings-verdi gitt i gram BOF pr. person pr. døgn. Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.

DATA-GRUPPE L

Forurensning i tilrent overvann.

Kort type 1.

Kodekort for forurensning i overvann.

felt kolonne

1) 1 - 5

Kodeordet BOFOV.

2) 6 - 9

Antall oppgitte verdier i forurensningstabell på kort type 2. Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.

Kort type 2.

Forurensningstabell. Det er unødvendig å oppgi verdier i tabellen etter at denne antar et konstant forløp. Et og et kort fylles med data inntil alle verdier (angitt i data-felt 2 på kort type 1) er oppgitt.

felt kolonne

1) 11 - 15

Forurensningsverdier (en for hvert løpende minutt fra nedbør-start) gitt i mg./l.

2) 16 - 20

Verdiene er høyre-justert i data-feltene og oppgis uten desimal-punktum.

⋮

14) 76 - 80



DATA-GRUPPE M

Fordrøyningsbasseng.

Kort type 1.

Kodekort for fordrøyningsbasseng.

felt kolonne

1) 1 - 4

Kodeordet FBAS.

2) 6 - 9

Knutepunkt-nr. i nettverket hvor fordrøyningsbassenget er plassert. Tallet er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.

3) 11 - 15

Maksimum avløp fra fordrøyningsbassenget gitt i hele liter/sek. Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.

4) 16 - 20

Bassengvolumet gitt i hele m<sup>3</sup>.

Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum. Data-feltet må forbli åpent dersom nødvendig bassengvolum skal beregnes av programmet.

Gjenta DATA-GRUPPE M for hvert basseng (maksimalt 10 bassenger i hvert avløpsnett).

DATA-GRUPPE N

Overløp.

Kort type 1.

Kodekort for overløp.

felt kolonne

1) 1 - 5

Kodeordet OVRLP.

2) 6 - 9

Knutepunkt-nr. i nettverket hvor overløpet er plassert. Tallet er høyre-justert i datafeltet og oppgis uten desimal-punktum.

3) 11 - 15

Maksimum avløp ved overløpet gitt i hele liter/sek. (alt overskytende vann vil gå i overløpet). Verdien er høyre-justert i datafeltet og oppgis uten desimal-punktum.

Gjenta DATA-GRUPPE N for hvert overløp (maksimalt 10 overløp i hvert avløpsnett).

DATA-GRUPPE O

Oppstuvningsanalyse.

Denne DATA-GRUPPE må anvendes dersom en oppstuvningsanalyse ønskes utført.

Kort type 1.

felt kolonne

Kodekort for oppstuvningsanalyse.

1) 1 - 4

Kodeordet STUV.

2) 6 - 9

Maksimum antall utskrift-sider med oppstuvningsresultater pr. data-sett (hver side dekker ca. 50 minutter simuleringstid).

Verdien settes lik 1 dersom den i programmet innlagte ordinær-verdi ønskes anvendt. Dersom alle oppstuvningsresultatene ønskes utskrevet, settes verdien lik 0 (null) eller den utelates fullstendig. Verdien er høyre-justert i data-feltet og oppgis uten desimal-punktum.

3) 11 - 15

Resipient-nivå (gitt i hele cm) ved nettverkets utløp. Verdien er høyre-justert i feltet og oppgis uten desimal-punktum.

Resultatutskrifter fra oppstuvningsanalysen opptrer bare hvis oppstuvning i avløpsnettlet forekommer.



Kort type 2.

Ekstern hydrograf. Et og et kort fylles med data inntil hele hydrografen er gitt.

felt	kolonne
1)	11 - 15
2)	16 - 20
	⋮
13)	71 - 75
14)	76 - 80

Hydrograf-verdier (1/s). En verdi for hvert minutt. Første verdi (nullte minutt) må være lik 0. Utfyllingen av hvert kort må begynne i data-felt 1). Alle verdier gis med desimalpunktum.

Gjenta DATA-GRUPPE P for hver ekstern hydrograf (maksimalt 10 eksterne hydrografer til hvert avløpsnett).

DATA - GRUPPE W

Kommando som angir at det foregående data-sett ønskes delvis endret.

Kort type 1.

Kodeordet bevirker at enkelte parametre nullstilles og at det foregående data-settet forandres i følge de opprettelsene som følger umiddelbart etter dette kode-ordet.

felt	kolonne
1)	1 - 4

Kodeordet RETT.

DATA-GRUPPE X

Kommando som angir at et fullstendig nytt data-sett følger umiddelbart.

Kort type 1.

Kodekort som bevirker at programmet nullstiller nødvendige parametere og forbereder for innlesning av et fullstendig data-sett.

felt     kolonne

1)     1 - 5

Kodeordet NYSET

DATA-GRUPPE Y

Kommando som angir eksekvering av programmet.

Kort type 1.

Kodeordet som bevirker at programmet begynner beregningen. Dette kortet må benyttes før hvert RETT-, NYSET- eller SLUTT-kort.

felt     kolonne

1)     1 - 5

Kodeordet START.

A 2. Renseanleggmodell

A 2.1 Kommandodirektiver

Renseanleggmodellen opereres vanligvis fra såkalte timesharings-terminaler, men kan også kjøres fra store batchterminaler. Etterfølgende kommandoer manipulerer modellen.

- BIOKJM            The waterflow passes the biological stage before the chemical stage.
- KJMBIO            The opposite of BIODJM.
- PRIS              Computes and prints out total capital and annual costs.
- PRIS ALT          Same as PRIS, but specified for each unit.
- RJEGN N           Computes removal efficiency. N is a user specified identification and is the number of the next rainfall on a magnetic tape, for which the system will be analyzed. If SPLL is transmitted to the computer instead of N, only the dry weather situation will be computed. Before executing the computation the computer answers: UTSKR? IDEL? The operator sends back two numbers; m t, where m = 0, 1 or 2. m = 0 for highly simplified output, while m = 2 returns very detailed output to an on site batch terminal. t is the time interval in minutes between each computed situation of a hydrograph (usually t = 10 minutes).
- KORR              This command will be used when units in the plants are to be changed. The computer answers; WHAT GROUP? One of the following four group numbers must be sent back.
- Group 1:    Q20V            Max. discharge of Q3 (l/sec.)
- QBASS            Max. discharge of Q5 (l/sec.)
- Q70V            Max. discharge of Q3 (l/sec.)
- VBASGI            Volume storage tank (m<sup>3</sup>)
- VOFORS            Volume primary clarifier (m<sup>3</sup>)

	OVERSD	Surface bio. sec. clarifier ( $m^2$ )
	LTPEK	Volume aerator per person (l/p)
	TEMP	Temperature in aerator ( $^{\circ}C$ )
Group 2:	Q140V	Max. discharge of Q15 (L/sec.)
	Q190V	Max. discharge of Q18 (l/sec.)
	VOFLKJ	Volume of flocculation tank ( $m^3$ )
	OVETKJ	Surface chem.sec. clarifier ( $m^2$ )
	ALDOS	Chemicalium dosage (mg/l)
	K	Fraction susp. solids due to alum dos.
Group 3:	BOFPEK	gram BOD per person per day (g/p.d.)
	ANTPEK	Number of BOD person equivalents
	ANTHPE	Number of hydraulic person equivalents
	SSRS	Susp. solids in return sludge
	SSLT	Susp. solids in aerator
	VFBRK	Discharge dry weather flow per person per day ( $m^3/p.d.$ )
Group 4:	PP	Rate of interest (for cost analysis)
	NMASK	Discounting period, machinery (years)
	NBYGG	"- " buildings (Years)
	SLATET	Liter sludge per kg solids (l/kg)

EPS  $\Delta Q$ . The computer terminates hydrograph computation when  $Q5 < \text{dry weather flow} + \Delta Q$ .  
By answering the computer with the groupnumber, printout of unit values for the group is given.  
Data or dimensions for the units may then be changed by the user.



BMOVE           The tape with the rainfall data is moved one rainfall  
                 backwards.

REWIND           The tape is rewound to its start position.

HJELP            A brief user's manual for the model is printed out.

VAR   name   start   end   step

NAME   One of the parameters in the KORR command may be  
         chosen.

START   is the starting value,

END     is the last value, and

STEP    is the step. Before executing the computer asks!

ANT?   UTSKR?   I DEL

The operator now sends three numbers; n m t.

n = the number of rainfalls which are going to be evaluated

m = 0. Simplified output.

m = 2. More detailed output.

t = the interval in minutes between each computed  
      situation of a hydrograph (usually t = 10).

For each value of the parameter the computer prints  
capital costs and corresponding removal efficiency. This  
command will perform some sort of sensitivity analysis.

PLTV            The results of the last mentioned VAR command are being  
                 plotted on the on-site batch terminal.

PRNT            The results of the REGN N command are printed out on the  
                 on-site batch terminal. This command should be used when  
                 each stream vector in each computed situation is wanted, or,  
                 if comprehensive tables are wanted. In appendix 2 an  
                 an example of a print out is shown.

OPTI X Y Z W

This is an optimization routine, which is searching for an optimal combination of unit operation and dimensions.

X = B, Optimizes with respect to BOD

X = P, " " " to phosphorous

Y = % removal efficiency demanded

Z = number of variables in the optimization process

W = number of base-rainfalls considered on the magnetic tape.

PRNT DATA Same as PRNT, but more rough and cheap printouts.

SAVE Storing of the parameter values on file.

GET Recalls the stored values from SAVE.

END Terminates the run.

## A 2.2 Beskrivelser

På side 32 og 33 er et utskriftseksempel fra PRNT kommandoen vist. Strømmen fra de to første regnskyll på den magnetiske tapen samt en samletabell for fem basisregnskyll er vist.

I kolonne 5 = 6 er BOF og P vist for strøm nr. 5,

" 8 = 11 er BOF og P vist for strøm nr. 8,

" 16 = 17 er BOF vist for strøm nr. 16, mens P er vist for strøm nr. 17.

I fig. 8 er vist et flowchart for hvordan renseanleggmodellen er organisert, mens flowchart'et for kommandoen REGN er vist i fig. 9. På fig. 10 er flowchart'et for subrutinen SREGN vist.

\*XGT L-PRINT

STREAM	1	2	3	4	5=6	7	8=11	14	15	16=17	18	19
Q :	100.0	.0	100.0	.0	100.0	.0	100.0	.0	.0	100.0	.0	100.0
BOD	15.0	.0	15.0	.0	15.0	.0	11.3	.0	.0	.0	.0	2.7
Q :	3300.0	.0	3300.0	2316.7	150.0	30.0	120.0	30.0	.0	120.0	.0	120.0
BOD	559.0	.0	559.0	392.4	25.4	4.0	16.0	4.0	.0	.0	.0	4.2
Q :	1000.0	.0	1000.0	850.0	150.0	30.0	120.0	30.0	.0	120.0	.0	120.0
BOD	150.0	.0	150.0	135.0	23.8	3.7	15.0	3.7	.0	.0	.0	4.1
Q :	57.9	.0	57.9	.0	150.0	30.0	120.0	30.0	.0	120.0	.0	120.0
BOD	6.9	.0	6.9	.0	21.6	3.4	13.6	3.4	.0	.0	.0	3.9
Q :	520.8	.0	520.8	.0	1350.0	270.0	1060.0	270.0	.0	1080.0	.0	1080.0
BOD	62.5	.0	62.5	.0	194.8	30.7	122.7	30.7	.0	.0	.0	35.0
CSH	2987.2	.0	2987.2	1900.0	1140.0	216.0	924.0	216.0	.0	924.0	.0	924.0
BSH	476066.7	.0	476066.7	316453.4	168436.3	25094.6	107155.7	25094.6	.0	.0	.0	29907.7

DURATION: 130 MIN  
 REMVL2: 21.97 %  
 INTENS: 75.00 L/S\*HA  
 PRECEP: 10. MIN

SLUDGE IN CUB\*H/DAY  
 PRM\*CLR: 17.64  
 BIOLOG: 14.54  
 CHEMICAL 18.00

STREAMS L/S  
 QDIM: 57.0  
 Q10M: 120.0  
 RGRFS1: .9

STOPAGE TANK  
 VBASKM: 2400.0 CUB\*H  
 DRAINTIME 90 MIN

STREAM	1	2	3	4	5=6	7	8=11	14	15	16=17	18	19
Q :	80.0	.0	80.0	.0	80.0	.0	80.0	.0	.0	80.0	.0	80.0
BOD	11.0	.0	11.0	.0	11.0	.0	8.1	.0	.0	.0	.0	1.5
Q :	1850.0	.0	1850.0	66.7	150.0	30.0	120.0	30.0	.0	120.0	.0	120.0
BOD	279.0	.0	279.0	112.7	23.2	4.0	16.0	4.0	.0	.0	.0	4.2
Q :	2400.0	.0	2400.0	2250.0	150.0	30.0	120.0	30.0	.0	120.0	.0	120.0
BOD	360.0	.0	360.0	348.6	23.2	3.7	14.6	3.7	.0	.0	.0	4.0
Q :	2400.0	.0	2400.0	2250.0	150.0	30.0	120.0	30.0	.0	120.0	.0	120.0
BOD	312.0	.0	312.0	307.0	20.5	3.2	12.9	3.2	.0	.0	.0	3.8
Q :	2100.0	.0	2100.0	1950.0	150.0	30.0	120.0	30.0	.0	120.0	.0	120.0
BOD	273.0	.0	273.0	257.1	17.8	3.1	12.2	3.1	.0	.0	.0	3.7
Q :	500.0	.0	500.0	350.0	150.0	30.0	120.0	30.0	.0	120.0	.0	120.0
BOD	52.0	.0	52.0	42.3	18.2	2.9	11.5	2.9	.0	.0	.0	3.6
Q :	57.9	.0	57.9	.0	150.0	30.0	120.0	30.0	.0	120.0	.0	120.0
BOD	6.9	.0	6.9	.0	18.2	2.9	11.4	2.9	.0	.0	.0	3.6
Q :	520.8	.0	520.8	.0	1350.0	270.0	1080.0	270.0	.0	1080.0	.0	1080.0
BOD	62.5	.0	62.5	.0	163.7	25.8	103.0	25.8	.0	.0	.0	32.5
CSH	5825.2	.0	5825.2	4480.0	1398.0	270.0	1128.0	270.0	.0	1128.0	.0	1128.0
BSH	813666.7	.0	813666.7	640676.4	179934.2	27282.1	113989.9	27282.1	.0	.0	.0	34180.9

DURATION: 160 MIN  
 REMVL2: 13.73 %  
 INTENS: 35.00 L/S\*HA  
 PRECEP: 40. MIN

SLUDGE IN CUB\*H/DAY  
 PRM\*CLR: 18.82  
 BIOLOG: 14.54  
 CHEMICAL 18.00

STREAMS L/S  
 QDIM: 57.0  
 Q10M: 120.0  
 RGRFS1: .9

STOPAGE TANK  
 VBASKM: 4980.0 CUB\*H  
 DRAINTIME 90 MIN

NO.	RAIN IN MIN	NO. RAIN YEAR	RAIN HOURS YEAR	BOD 1		BOD 2		BOD 4		BOD 14		BOD 19		TOTAL REHYLEFF %
				RAIN	KG YEAR	RAIN	KG YEAR	RAIN	KG YEAR	RAIN	KG YEAR	RAIN	KG YEAR	
1	130	2	4	476	932	0	0	316	632	25	50	29	59	21.974
2	160	14	37	813	11394	0	0	640	8968	27	381	34	478	13.727
3	240	17	68	800	13604	0	0	595	10130	32	545	46	790	15.710
4	280	38	177	548	20656	0	0	320	12184	35	1358	53	2036	25.299
5	395	140	924	304	42652	0	0	15	2193	44	6256	73	10300	56.016
D.W.F.					188724		0		0		0		15062	92.019
**SUM **				2941	278182	0	0	1886	34108	163	8590	235	28734	74.322

\*EOF IGNORED - IN CONTROL MODE

BOD 1 = BOD in stream no.1

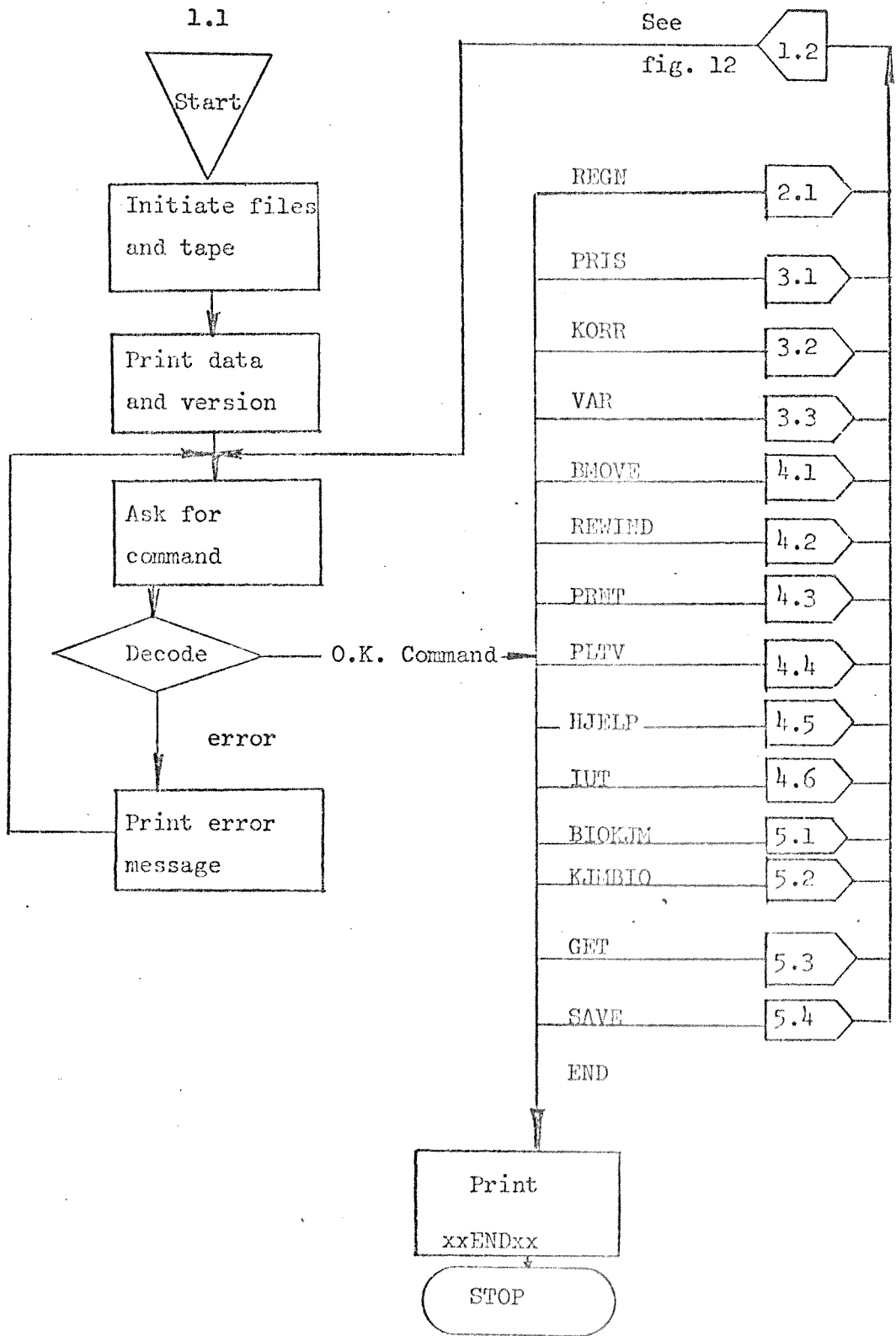


Fig. 8 Sewage treatment model. Flowchart.

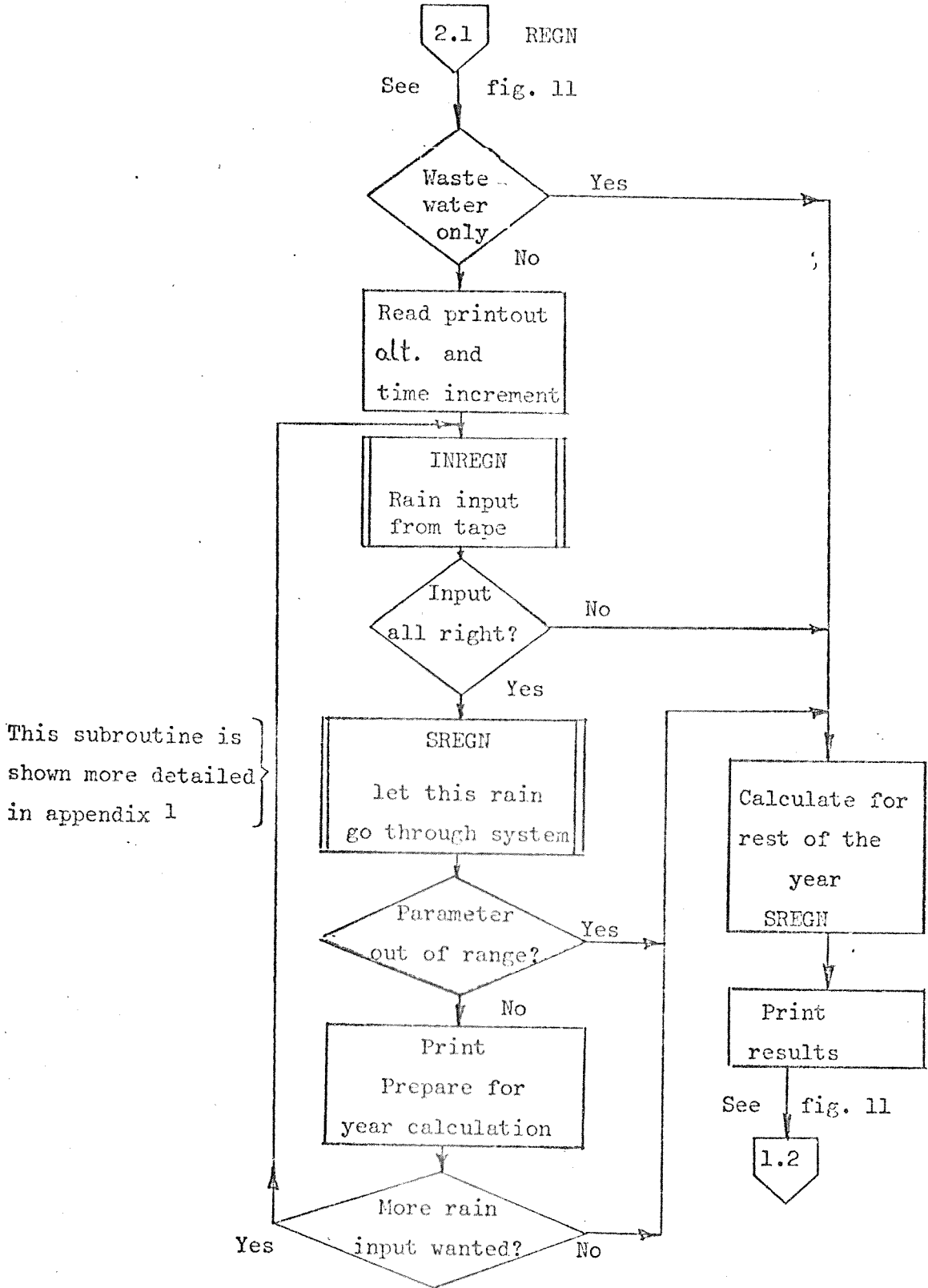


Fig. 9 Flowchart for the command REGN.

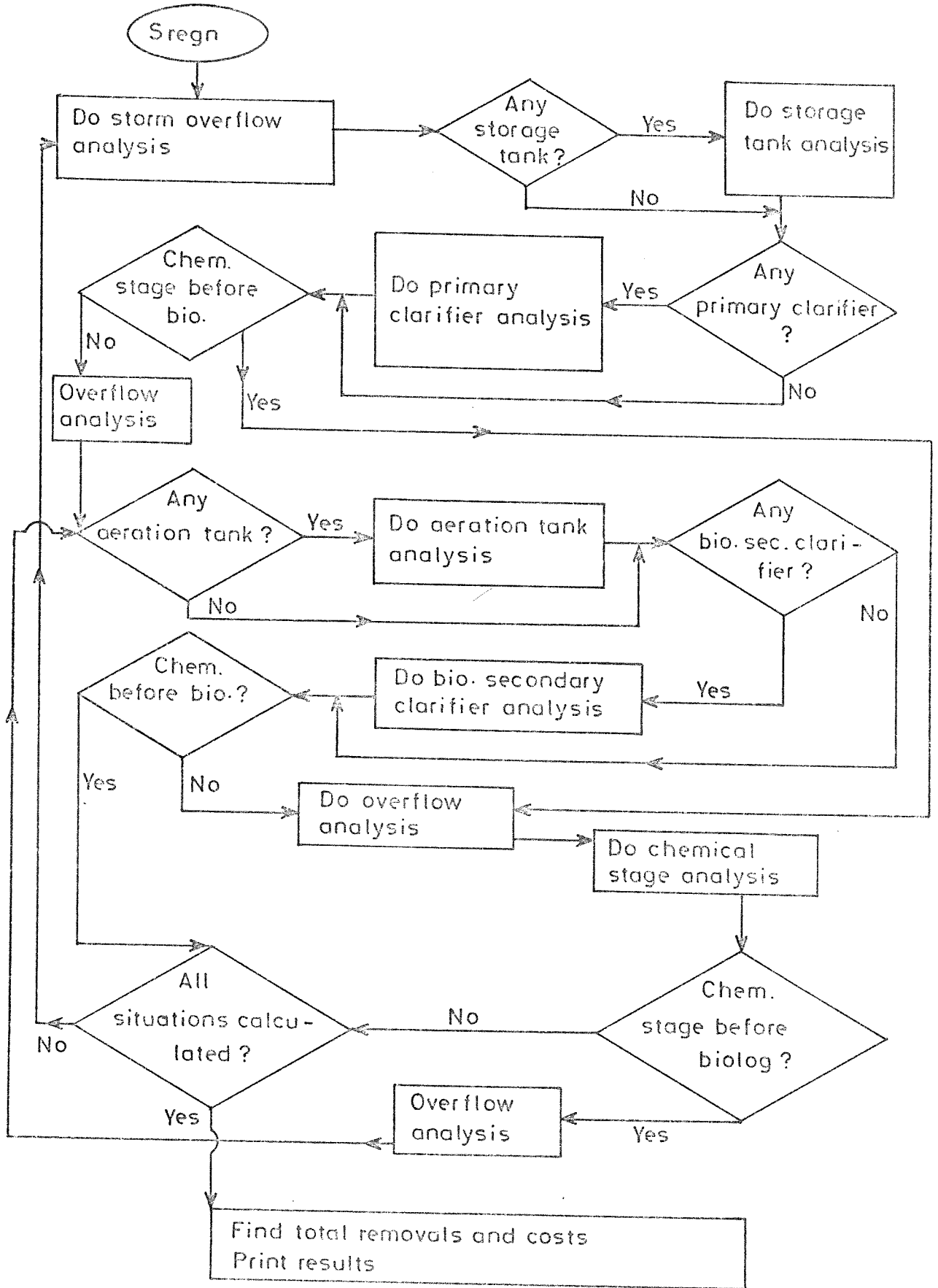


Fig. 10 Flowchart treatment plant model.

TABELL nr. 2 : Avhengighetsforhold for BOF på ulike steder i renseanleggsmodellen.

---

BOF (2)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V)
BOF (3)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V)
BOF (4)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V, VBASG1, Q4MAX, QBASS)
BOF (5)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V, VBASG1, Q4MAX, QBASS)
BOF (6)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V, VBASG1, Q4MAX, QBASS, VOFORS)
BOF (7)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V, VBASG1, Q4MAX, QBASS, VOFORS, Q70V)
BOF (8)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V, VBASG1, Q4MAX, QBASS, VOFORS, Q70V)
BOF (9)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V, VBASG1, Q4MAX, QBASS, VOFORS, Q70V, SLMBEL, Q(8)/QDIM, TEMP)
BOF (11)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V, VBASG1, Q4MAX, QBASS, VOFORS, Q70V, SLMBEL, Q(8)/QDIM, TEMP, OVFETSD)
BOF (14)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V, VBASG1, Q4MAX, QBASS, VOFORS, Q7/V, Q140V)
BOF (15)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V, VBASG1, Q4MAX, QBASS, VOFORS, Q70V, Q140V)
BOF (17)	=	f (Q(1), BOF (1), Q20V, VBASG1, Q4MAX, QBASS, VOFORS, Q70V, SLMBEL, Q(8)/QDIM, TEMP, OVFETSD, Q140V, ALDOS, VOFLKJ, OVFETKJ)

SLMBEL = f(SSLT, LTPEK, ANTPEK, BOFPEK)



I tabell 2 er det vist en oversikt over den gjensidige avhengig-  
heten mellom BOF konsentrasjonen på ulike steder i renseanlegget.  
Betydningen av de ulike symbolene er vist i appendiks B, frem-  
driftsrapport nr. 2 for PRA 4.6.

### A 3. Slambehandlingsmodellen

Slammodellen kan opereres fra både de små mobile timesharingsterminaler  
og de store stasjonære batchterminaler.

I det etterfølgende er det vist en kort brukerbeskrivelse for programmet.

Betydningen av symbolene er vist i appendiks B, fremdriftsrapport nr. 2 for  
for PRA 4.6.

#### A 3.1 Brukerinstruks

##### Short user Description for Program "Model of a sludge Treatment Plant".

The purpose of the program is to give information about sludge ingredients  
entering the plant, sludge ingredients and quality of return water after  
passing a sludge treatment plant and costs. The necessary input is a  
process alternative and the values of some basic parameters. The different  
processes taking place are calculated and the results are printed in tables.  
There are two print alternatives - one for line printer and one for tele-  
type.

#### Use of the program

The program will ask for the necessary for the execution parameters.  
This is done with the help of printouts which appear in the following  
order

1) GIVE PRINT ALTERNATIVE

The user must now specify the print alternative. It has the following code.

- 0 or 1 - print on teletype
- 2 - print on line printer

The format for specifying is 11.

2) GIVE INPUT DATA

Description of the input parameters

process	water discharge	suspended solids
	l/day	mg/l
Primary clarifier	Q1	SSQ12
Bio. sludge	Q2	SSQ13
Chem. sludge	Q3	SSQ18
Septic tank sludge	Q4	SSQST

- Q5 - sewage discharge to sewage treatment, l/day
- Q6 - water discharge for the plant, l/day
- PE - personequivalents

The parameters must be specified in the following order.

Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, SSQ12, SSQ13, SSQ18, SSQST, PE

using the following format: 4F7.0, 2F9.0, 4F6.0, F7.0

3) GIVE PROCESS ALTERNATIVE

The units of the plant are coded in the following way

- 1 - thickener
- 2 - digester
- 3 - aerobical stabilization
- 4 - sludge dry beds
- 5 - centrifuge
- 6 - vacuum filter
- 7 - sieve band press
- 8 - final disposal

and the possible process alternatives are

1	consisting of units	2, 4, 8
2	" "	3, 4, 8
3	" "	1, 2, 4, 8
4	" "	1, 3, 4, 8
5	" "	1, 5, 8
6	" "	1, 6, 8
7	" "	1, 7, 8

The number of the process alternative must be specified in format 12.

## APPENDIKS B

### BESKRIVELSE AV NYE TILKOMNE PROGRAMMER OG NYE SPESIELLE RUTINER I TIDLIGERE BESKREVNE PROGRAMMER

#### B 1. Ledningsnettmodell

##### B 1.1 "Datainterface"

Data fra ledningsnettmodellen kan nå skrives direkte ut på magnetisk tape. Denne tapen kan så brukes uten videre av renseanleggmodellen. I det etterfølgende er opplegget for datainputer på mag.tapen vist.

#### NIVA RENSEVERK PROGRAM

##### Opplegg av regnskyll på tape.

Til NIVA's Renseverk program trengs inngangsverdier for vannmengde (Q) og forurensning (BOF). Disse tas fra tape som internt har Fortran unit nummer 22. Til Univac 1108 tilordnes tapen med:

"ASG, T 22, C, tapenr.

Formatet og innhold på tapen er følgende:

Blokk nr.	Ord nr.	Symbol	Innhold
1	1	KK	Antall regnskyll i året av denne type (Heltall).
	2	NN	Antall minutter med vann og forurensning til anlegget fra dette regnskyll. (Heltall).
2	1	QSPL	Spillvann i liter pr. sekund. (Real).
	2	BSPL	Forurensning i spillvann i mg/l. (Real).
	3	INT	Intensitet av regnskyll i liter pr. sekund og hektar. (Real).
4	NED		Tid det regnet i minutter. Til tiden er lagt en basis på 160 min. (Real).

3	1	Q(1)	Vannmengde i 1 min.	l/sek.
	2	Q(2)	Forurensning i 1 min.	g/sek.
	3		Vannmengde i 2 min.	
	4		Forurensning i 2 min.	
			.	
			.	
	2*NN-1		Vannmengde i NN min.	
	2*NN		Forurensning i NN min.	

4 som blokk nr. 1

5 som blokk nr. 2

6 som blokk nr. 3

o. s. v. til End of file-merket etter siste regnskyll.

#### Kommentarer.

Regnskyll: Informasjon i 3 påfølgende blokker utgjør et regnskyll.

Spillvannsverdiene QSPL og BSPL benyttes nå ikke av programmet. Spillvannsverdiene beregnes ut ifra vannforbruk pr. person og antall personer og BOF-mengden ut ifra BOF pr. person og antall "bof"-personer. Dvs. all informasjon i midtblokken er informativ, men inngår ikke i beregningene.

KK benyttes til å beregne hvor lenge det kommer vann inn på årsbasis.

NN benyttes for å vite hvor mange ord blokk 3 består av.

#### Programmering.

Anta at de variable i 1. blokk kalles KK og NN, i 2. blokk SP(4) og i tredje blokk Q(600).

Etter at disse cellene har fått sine verdier kalles NTRAN (Se beskrivelse av denne rutine) som følger:

```
CALL NTRAN (22, 1, 2, KK, IST)
```

```
CALL NTRAN (22, 22)
```

```
IF (IST.NE.2) GO TO error
```

```
CALL NTRAN (22, 1, 4, SP, IST)
```

```
CALL NTRAN (22, 22)
```

```
N2 = 2*NN
```

```
CALL NTRAN (22, 1, N2, Q, IST)
```

```
CALL NTRAN (22, 22)
```

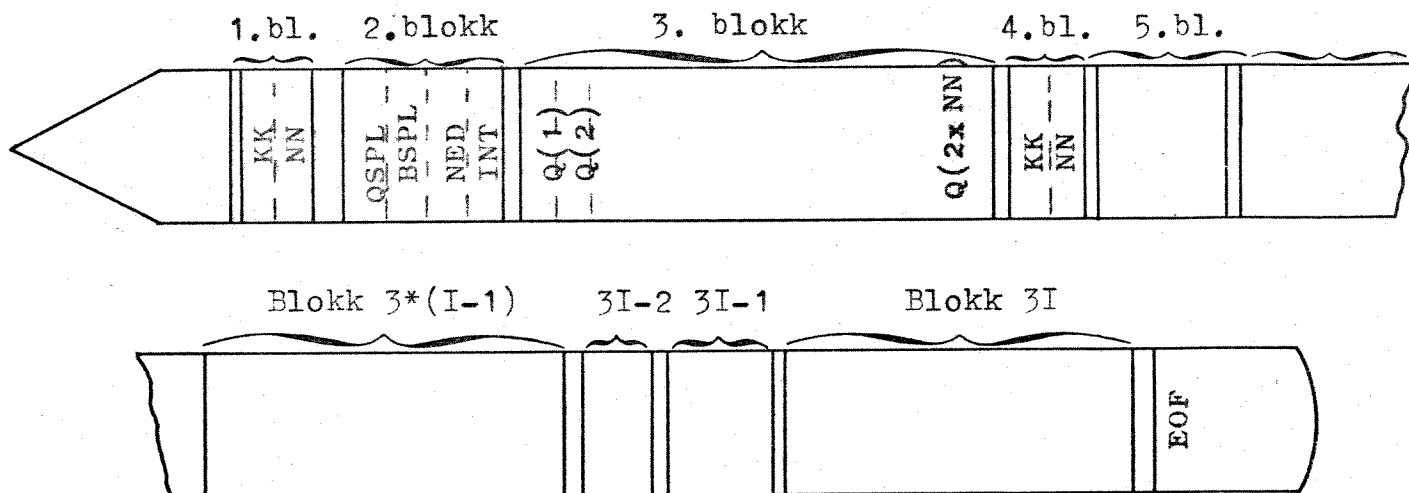
```
IF (IST.NE.N2) GO TO error.
```

OK opplegg av et regnskyll.

Denne sekvensen gjentas så for alle regnskyll som skal på tapen  
Etter siste regnskyll legges end of file:

CALL NTRAN (22,9)

Fig. 11 Figur av tapen :



### B 1.2 Forbedring i oppstuvningsrutine

I oppstuvningsrutinen tar man nå hensyn til den korrekte hastighet til enhver tid, slik at den, i fremdriftsrapport nr. 2 påpekte unøyaktighet, nå er eliminert.

### B 1.3 Forbedring i rørlagringsrutinen

Rørlagringsmetodikken bygger på en metode utviklet av Road Research Laboratory i England. Vi har imidlertid gjort essensielle forbedringer på to punkter:

- a) Vi betrakter hvert rør for seg i ledningsnettet, mens RRL metoden antar lik fyllingsgrad i alle rør i nettet ved samme tidspunkt.
- b) Den generelle rørlagringsligning vist i appendix A, gjelder kun så lenge røret ikke er helt fylt. Når røret er fylt helt opp, setter nå EDB-maskinen  $P_n = Q_n$  inntil rørets fyllingsgrad igjen blir mindre enn 1.0.

### B 1.4 Delfyllingshastigheter

Modellen tar nå hensyn til at vannets hastighet i de enkelte rør vari-

erer med delfyllingen til enhver tid. Modellen regner også med korrekte hastigheter selv om vannføringen er større enn det som tilsvarer fylt rør.

#### B 1.5 Forurensningsberegninger

Brukeren kan nå spesifisere sin egen spesielle funksjon for forurensningskonsentrasjon i overvannet (tidsavhengig) og en forurensningsbelastning pr. personekvivalent. Maskinen regner da ut forurensningstransporten i de interessante punkter som funksjon av tiden.

#### B 1.6 Ulike tverrsnitt

Modellen kan nå beregne kanaler med ulike helninger på veggene, tunneler og kulverter med ulike helninger på veggene og sirkulære rør. For kanaler/tunneler/kulverter benyttes Manningsformel, mens Hazen-Williams formel brukes for rør.

#### B 1.7 Tilrenningsfunksjoner

Man kan nå velge mellom fem ulike standard tilrenningsfunksjoner. Se 3.3.3 i fremdriftsrapport nr. 1.

Dersom ingen av disse passer for det spesielle rør som betraktes, kan brukeren oppgi sin egen funksjon.

#### B 1.8 Eksterne tilførsler (hydrogrammer)

En hvilken som helst vanntilførsel kan spesifiseres i ethvert punkt i ledningsnett. Vanntilførselen kan variere i tid, (f.eks. pumpestasjoner, overløp fra andre nett, punktpåslipp o.l.).

#### B 1.9 Timesharingsversjon

Det er for ledningsnettmodellen laget en timesharings versjon. Om ønskelig kan derfor kommuner og konsulenter som har de små billige terminalene kjøre modellen fra sine egne lokaler, uansett hvor i Norge de befinner seg.

#### B 1.10 Datahåndteringsrutiner

Der er laget datahåndteringsrutiner som sterkt forenkler forandringer i enkelte parametre ved kjøring av en rekke alternativer i et ledningsnett.

## B 2. Kostnadsanalyseprogram

Det er laget et program for totalkostnadsberegninger av et avløpssystem. I det etterfølgende er det gjort en spesifisert beskrivelse av kostnadsprogrammet og de formler som er brukt der.

På s. 10 er det vist et eksempel på en utskrift fra programmet.

### 1. ANLEGGSKOSTNADER

#### 1.1 Ledninger

$$RØRK = \sum_{I=1}^N (30 + 0,156 * D(I) * * 1,25) * L(I) * F(I)$$

$$F(I) = 1 + (1 - (2,64 * 10^{-4}) * D(I)) * FJELL(I) * 0,01$$

RØRK = Brutto anleggskostnad for N aktuelle strekn. i kr.

D = Rørdiameter i mm på strekn. I

L(I) = Rørlengde i m på strekn. I

FJELL(I) = % fjell i grøft på strekn. I

F(I) = Korreksjonsfaktor på strekn. I

#### 1.2 Tunneler

$$TUNK = \sum_{I=1}^N (620 * A(I) * * 0,5) * L(I)$$



TUNK = Brutto tunnelkostnad for N aktuelle strekn. i kr.

A = Tunneltverrsnitt i m<sup>2</sup> på strekn. I

L (I) = Lengde i m på strekn. I

### 1.3 Utslippsledninger

UTSK = (110 + 1690 \* D \* \* 2,0) \* L

UTSK = Brutto anleggskostn. i kr. for utslipp

D = diameter i m

L = Lengde i m

### 1.4 Pumpestasjoner

PUMPK = 40 000 + (1,1 \* Q \* \* 0,62) \* 10<sup>6</sup>

PUMPK = Brutto anleggskost i kr.

Q = Vannføring i m<sup>3</sup>/s

### 1.5 Fordrøyningsbasseng

FORK = (600 - 0,12 \* VOL) VOL \* 1,5

FORK = Anleggskostn. i kr. (brutto)

VOL = Volum i m<sup>3</sup>

## 2. KJEMIKALIER ENERGIKOSTNADER OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER

### 2.1 Kjemikaliekostnader ved kjemiske fellingsanlegg beregnes som følger:

KJEM = (365 \* ANTHPE \* LPD + QIND + NEDB \* AVKOF \* AREAL) \* KPRM3

KJEM = Kjemikaliekostn. pr. år i kr.  
KPRM3 = Kjem. kost. i kr/m<sup>3</sup> behandlet vann ( = 0,051)  
ANTHPE = Antall hydrauliske pers.ekv. i feltet  
LPD = liter pr. pers.ekv. og døgn  
QIND = Industriavløp i m<sup>3</sup> pr. år  
NEDB = Midlere årlig nedbør i m pr. år  
AVKOF = Midlere avrenningskoeffisient for feltet  
AREAL = Areal av feltet i m<sup>2</sup>

2.2 Energikostnadene i pumpestasjoner beregnes etter følgende formel:

$$\text{ENERGI} = \sum_{I=1}^N ((Q(I) \times H(I)) / (102 \times \text{ETA}(I))) \times (\text{KKW} + \text{KKWH} \times \text{TIM}(I))$$

N = Antall pumpestasjoner

Energi = Energikostn. pr. år i kr. for N pumper

Q(I) = Midlere pumpet vannmengde for pumpe (I) i l/s

H(I) = Midlere løftehøyde for pumpe (I) i m

ETA(I) = Midlere virkningsgrad for pumpe (I) i m

TIM(I) = Midlere pumpetid for pumpe (I) i timer/år

KKW = Kr. pr. KW og år (140)

KKWH = Kr. pr. KWH (0,03)

2.3 Vedlikeholds- og driftskostnader

Vedlikehold-, betjening- og driftskostnader beregnes etter følgende formel:

$$\begin{aligned} \text{VEDLI og DRIFT} = & 0,016 \times \text{Pumpestasjon} + 0,004 \times \text{RØR} + \\ & 0,001 \times \text{TUNNEL} + 0,004 \times \text{FORDRØYN.BASS} + \\ & \text{TOT.RENSEANLEGG BRUTTO} \times 0,06 + \text{DRIFT} \\ & \text{SLAMBEHANDLING} \end{aligned}$$

DRIFT SLAMBEHANDLING fåes av slambehandlingsprogrammet, TOT. RENSE-  
ANLEGG brutto fåes av renseanleggsmodell.

### 3. FORKLARING TIL UTSKRIFTSTABELL

RØR = Ledninger + utslippsledninger

BYGN= Fordrøyningsbasseng \* 1,0 + Pumpestasjoner \* 0,6 +  
bygn. renseanlegg \* 1,5

Bygn. renseanlegg multipliseres med 1,5 da renseanleggsmodellen  
gir delanleggskostnadene i "netto-kroner".

Bygn. renseanlegg består av følgende verdier:

Bygn. renseanlegg = KPREHUS \* 0,8 + KFORS \* 0,7 + KLUFTK \* 1,0  
+ KBASS \* 1,0 + B.SED \* 0,8 + SLAMB \* 0,7  
+ KFLOK \* 0,7 + KETKEM \* 0,8 + 0,2 \* KØOS

(Se renseanleggsmodell).

MASK + ELEK = Pumpestasjoner \* 0,4 + mask. renseanlegg \* 1,5

Mask. renseanlegg = KPREHUS \* 0,2 + KFORS \* 0,3 + B.SED \* 0,2  
+ KSLAMB \* 0,3 + KFLOK \* 0,3 + KETKEM \* 0,2  
+ KSLAPU + KLUUTS + 0,8 \* KØOS + KELV

MASK + ELEK = Maskinelle + elektriske installasjoner

#### 4. ANNUITET OG NÅVERDIBEREGNINGER

##### 4.1 Annuitetene beregnes etter følgende formel:

INVEST. ANNUITET = k

$$k = K \cdot \frac{\frac{R}{100} \cdot \left(1 + \frac{R}{100}\right)^n}{\left(1 + \frac{R}{100}\right)^n - 1}$$

K = Investering i kr.

R = Rentefot i %

n = Antall år avskrivningstid

Tunnel n = 60

Rør n = 40

Bygn. n = 40

Mask.+  
elektr.n = 20

##### 4.2 Nåverdiene beregnes etter følgende formel:

Nåverdi av en investering eller årskostnad =  $kn_n$

$$kn_n = \frac{K_n}{\left(1 + \frac{R}{100}\right)^n}$$

$K_n$  = Det n'te års invest. eller årskostn.

n = Antall år inn i fremtiden

På side 10 er det et eksempel på en utskrift fra kostnadsprogrammet.



## B 4. Renseanleggmodell

### B 4.1 BOF fjerning

Funksjonene for fjerning av organisk stoff (BOF) er forbedret for en rekke av enhetsprosessene i modellen. Det samme gjelder kostnadsfunksjonene.

### B 4.2 Fosforfjerning

Det er utarbeidet matematiske funksjoner for fosforfjerning for alle enhetene i renseanleggsmodellen. Man kan således beregne både BOF og P.fjerning parallellt. Se appendiks E

### B 4.3 Optimaliseringsrutine

Det er nå programmert inn en automatisk optimaliseringsrutine som selv søker den optimale kombinasjon og dimensjon på de enhetsprosesser som er ønskelig. Se appendiks A

Brukeren må oppgi om BOF eller fosfor skal være optimaliseringsparameter, videre hvilken total renseeffekt som kreves, hvilke enhetsprosesser i renseanlegget som skal være med i optimaliseringen og hvilke yttergrenser og steg maskinen skal velge for de ulike parametre. Den optimaliseringsteknikk som brukes er en kombinasjon av en prøvefeil metodikk og en kostgradient metodikk.

Fig. 12 viser hvordan datamaskinen beregner kostnadsgradienten for de ønskede variabler og velger ut den gunstigste. Den øker den korresponderende variabel med et gitt steg, mens de andre holdes konstante. Prosessen gjentas automatisk inntil den spesifiserte renseeffekt er nådd. Det optimale anlegg beregnes derfor steg for steg. Den optimale kombinasjon av enheter skrives deretter ut.

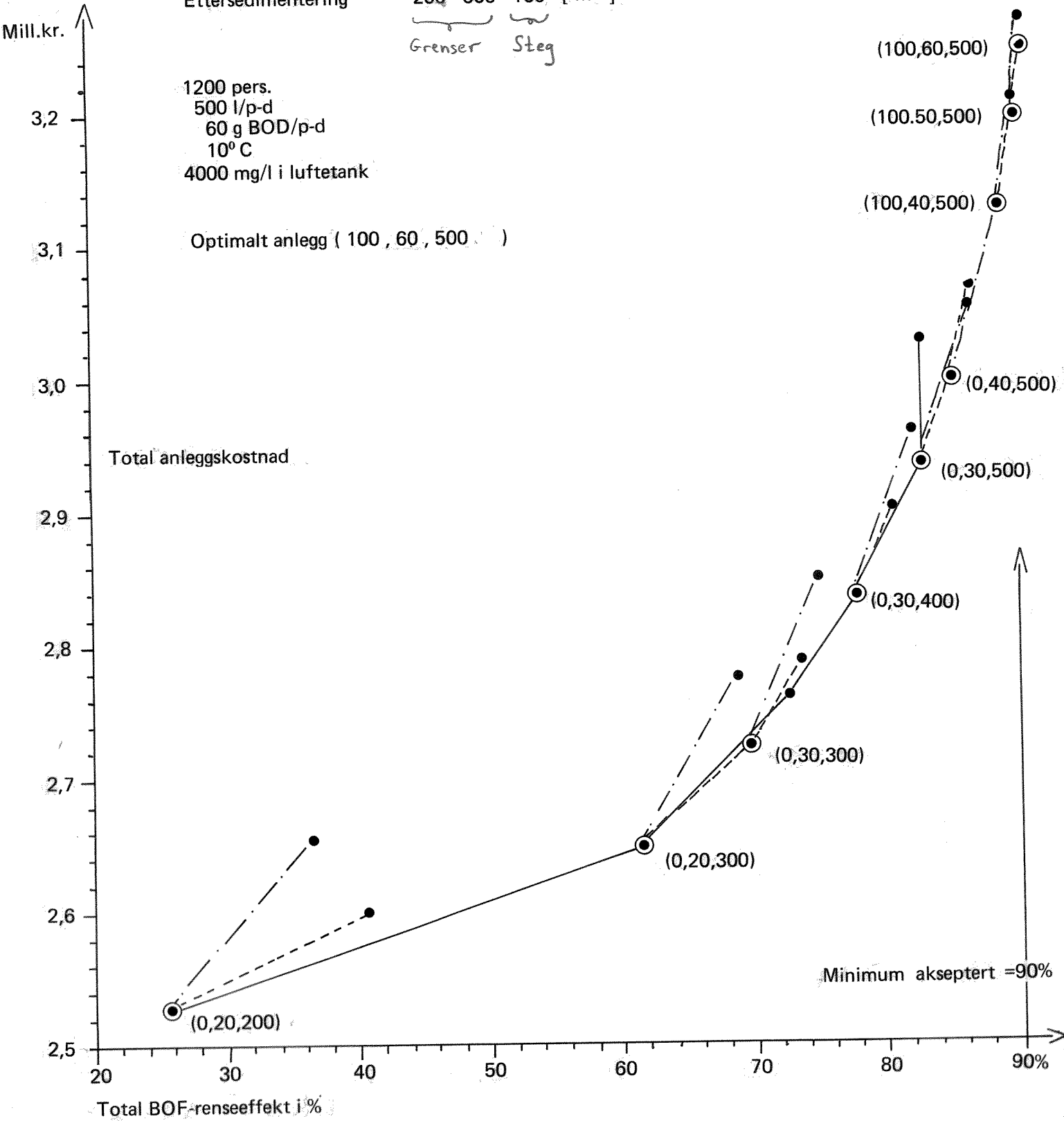
Beregningseksemplet vist i fig. 12 er for et rensenalegg som mottar en konstant vannmengde i tid.

Fig. 11 OPTIMALISERINGSEKSEMPEL FOR RENSEANLEGG

Forsedimentering	0 - 400 - 100 [ m <sup>3</sup> ]	-----
Luftetank	20 - 80 - 10 [ l / p ]	-----
Ettersedimentering	200 - 600 - 100 [ m <sup>3</sup> ]	-----
	<u>          </u> <u>          </u>	
	Grenser    Steg	

1200 pers.  
500 l/p-d  
60 g BOD/p-d  
10° C  
4000 mg/l i luftetank

Optimalt anlegg ( 100 , 60 , 500 )



B.5. EDB-program for RRL-metoden.

---

Som et biprodukt til ledningsnettmodellen, har programmerer T. Hopen gjort programmeringsarbeidet i forbindelse med den originale RRL-metoden.

Dette programmet er meget enkelt og billig i bruk, men gir et meget forenklet bilde av de fysiske forhold. Det mangler også en rekke av de muligheter det store programmet har. Det kan kjøres fra time-sharingsterminaler og er operativt i dag.



## APPENDIKS C

### BEREGNINGSEKSEMPLER

#### C 1. Ledningsnettmodell

For å illustrere modellens spesielle egenskaper har vi prøvd ulike flom-teorier i åtte ledningsstrekninger som er koblet sammen. Det ble generert en vanntilførsel i øvre ende av ledningsstrengen. Denne ekstreme situasjon satte oss i stand til å studere dempnings- og tidsforskyvningseffekten langs ledningsstrengen. Fig. 13 viser dempningseffekten i den eksisterende versjon av modellen. Den maksimale vannføring ut av ledningsstrengen er ca. 1/3 av den maksimalt tilførte vannmengde i ledningsstrengen. Fig. 14 viser effekten av å bruke ulike strømmingsteorier i avløpsledningene. Det lavest beliggende hydrogram representerer den eksisterende versjonen av modellen. Konklusjonen er at i korte, intensive regnskyll vil lagringskapasiteten i rørene være betydelig, og at delfyllingshastighetprosedyren også kan ha betydning for resultatet.

Fig. 15 viser konsekvensene ved å benytte unøyaktige beregningsmetoder. Det beregnede feltet er på ca. 110 ha. Den unøyaktigste manuelle kontra den beste EDB-metoden representerer en forskjell i anleggskostnader på 20-30%. Dette skyldes ene og alene unøyaktig beregningsmetode da usikkerheten i inputparametrene er holdt utenfor.

I appendiks D skal det vises noen beregningseksempler som kan sies å være en sensitivitetsanalyse på inputdata i en ledningsnettberegning med hensyn til anleggskostnader.

Fig. 13

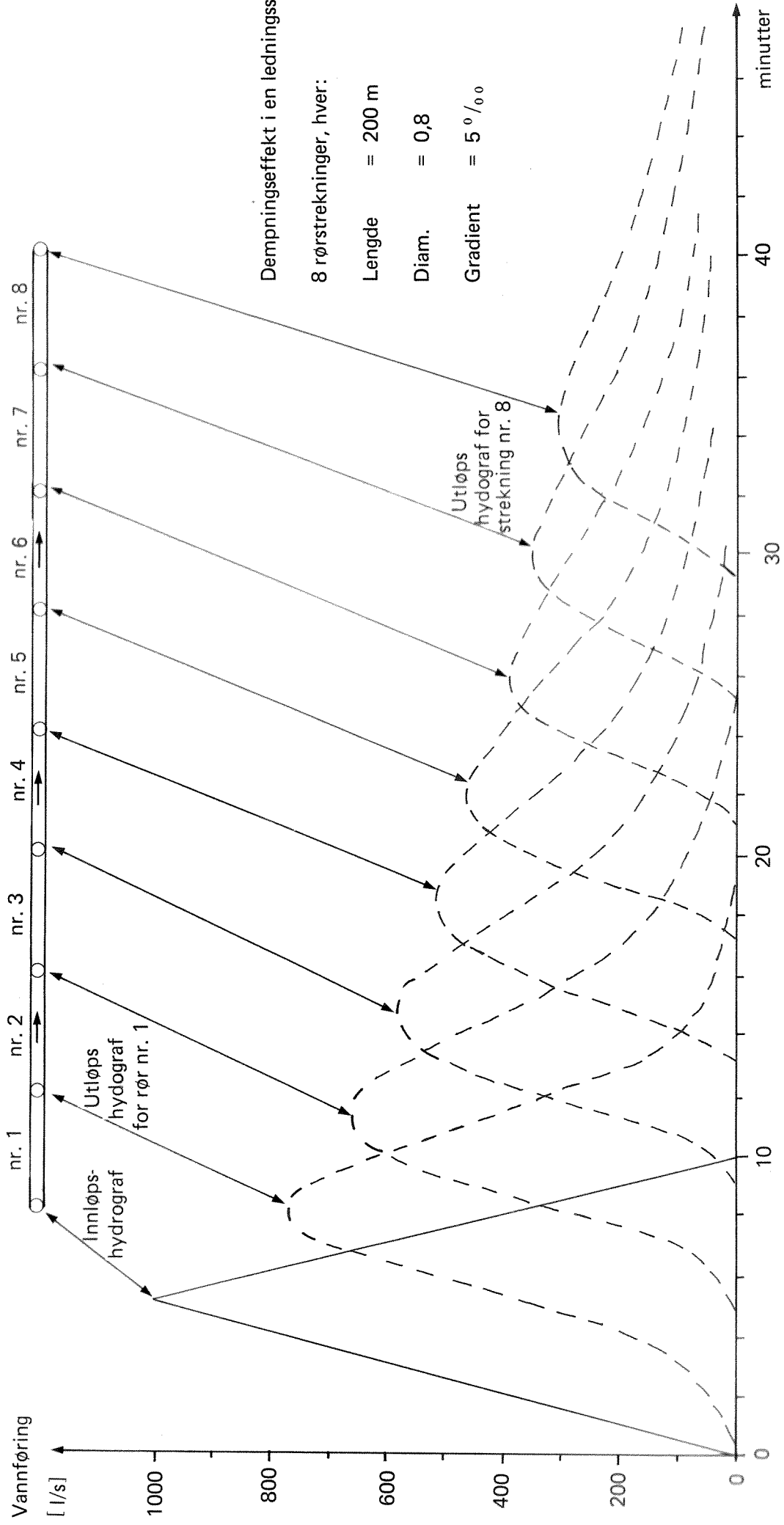
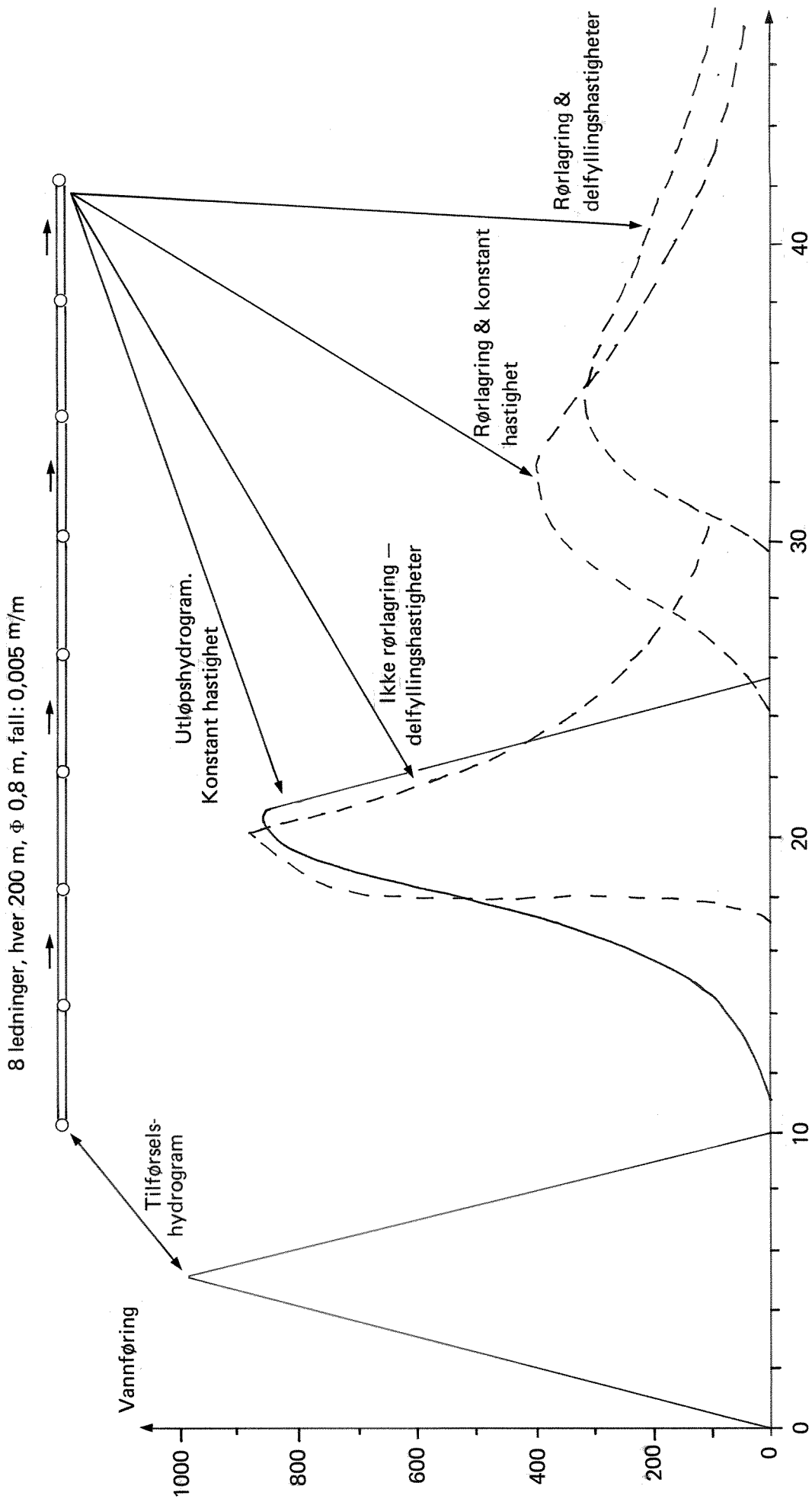
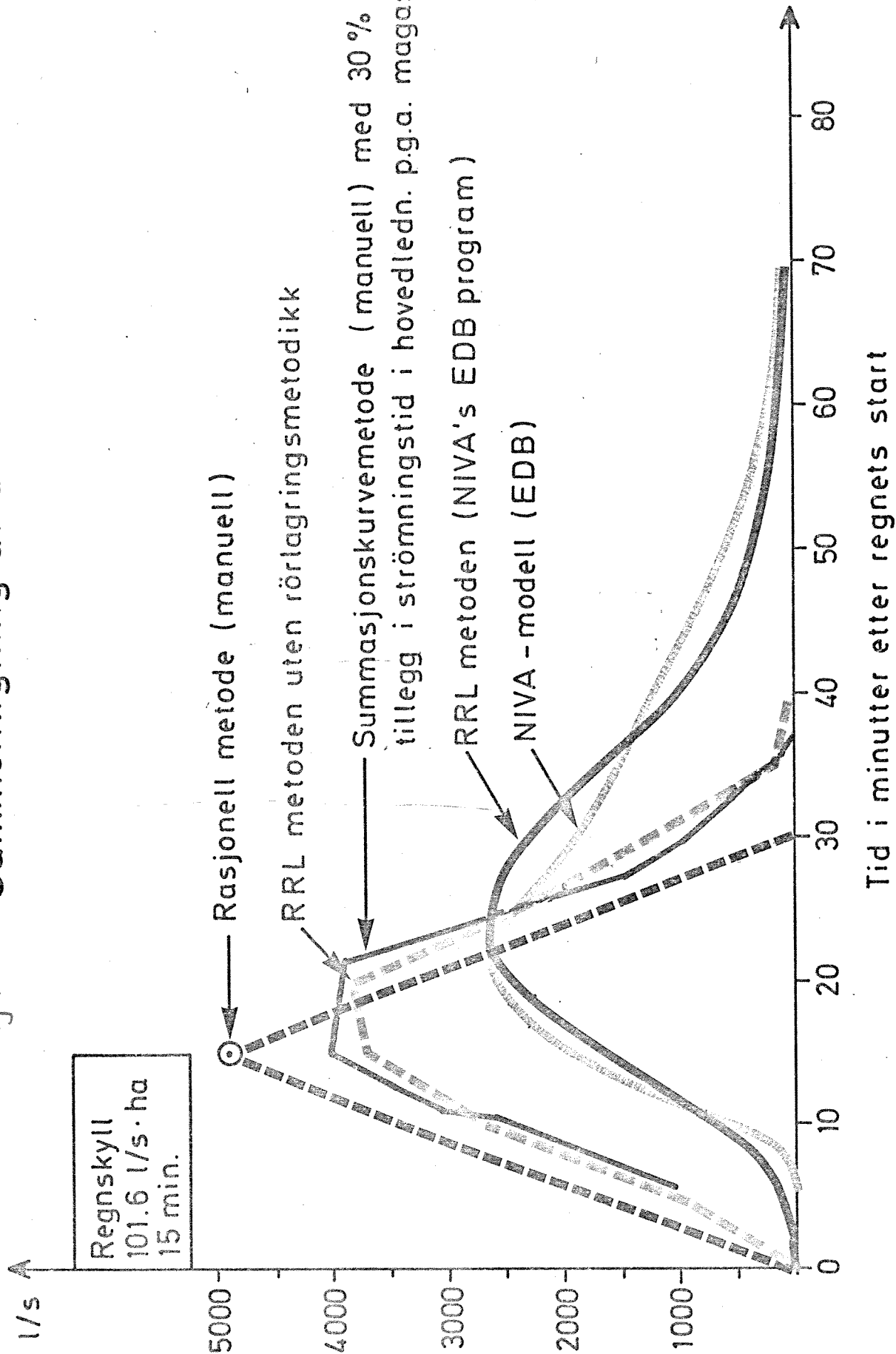


Fig. 1 Ulike strømningsteoriers betydning



Tid i minutter etter start av vanntilførsel i øverste ende

Fig. 15 Sammenligning av ulike metoder



## C 2. Renseanleggmodell

Vi skal her vise et eksempel fra et renseanlegg som betjener et område med felles avløpssystem. Følgende data for feltet er brukt:

Antall personekvivalenter	=	10 000
Areal	=	1 000 da.
Avrenningskoeffisient	=	0,7
Avløpsmengde	=	500 l/p·d.
BOF pr. personekvivalent	=	60 g/p·d.
Total nedbør	=	0,832 m pr. år.
Total varighet av nedbør	=	792 timer pr. år.

På grunnlag av nedbørstatistikken har vi valgt ut fem basisregnskyll til å representere den årlige nedbør. Antallet av hver regnskylltype pr. år er vist i fig. 16. Hydrogrammene er tilløpshydrogrammer til renseanlegget og beregnet av ledningsnettmodellen på basis av de fem valgte regnskyll. I fig. 17 er "trappefunksjonen" brukt for å beregne BOF i avløpet. Disse inputdata er brukt i renseanleggmodellen, og noen av resultatene av beregningene er vist i fig. 18. Som figuren viser, vil bruk av fordrøyningsbassenger i fellessystemer være gunstig med hensyn til både økonomi og minimalisering av "forurensningslekkasjer" fra renseanlegget.

I fig. 19 er det samme feltet og samme nedbøren over ett år benyttet som grunnlag. Den automatiske optimaliseringsrutinen er her benyttet. Modellen fant at den optimale kombinasjonen var 3 000 m<sup>3</sup> fordrøyningsbasseng, 200 m<sup>3</sup> forsedimentering, 60 l/person luftetank og 500 m<sup>2</sup> ettersedimentering. Kravet var da satt til 85% fjernet BOF på årsbasis. Computeren måtte regne hele modellen igjennom 3 000 ganger for å få dette resultatet. Beregnings-tid = 9 sekunder, maskinleiekostnad ca. 150 kroner. Nødvendig antall instruksjoner for maskinen = ca. 10 millioner. Dette viser tydelig at optimaliseringsberegninger uten bruk av matematiske modeller og datamaskiner er en umulighet.

Fig.16 Årlig fordeling av vanntilførsel til rensanlegget.

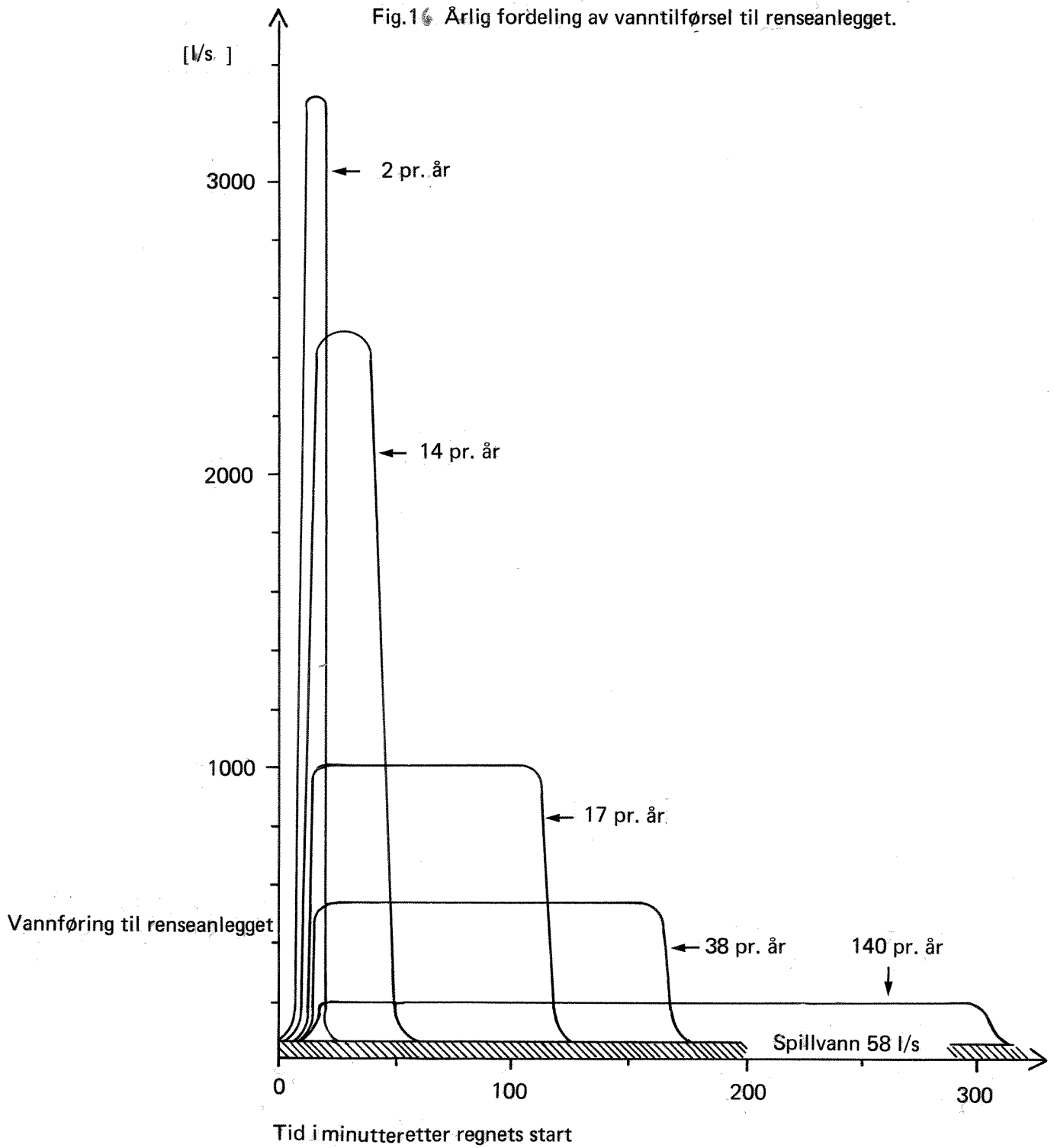
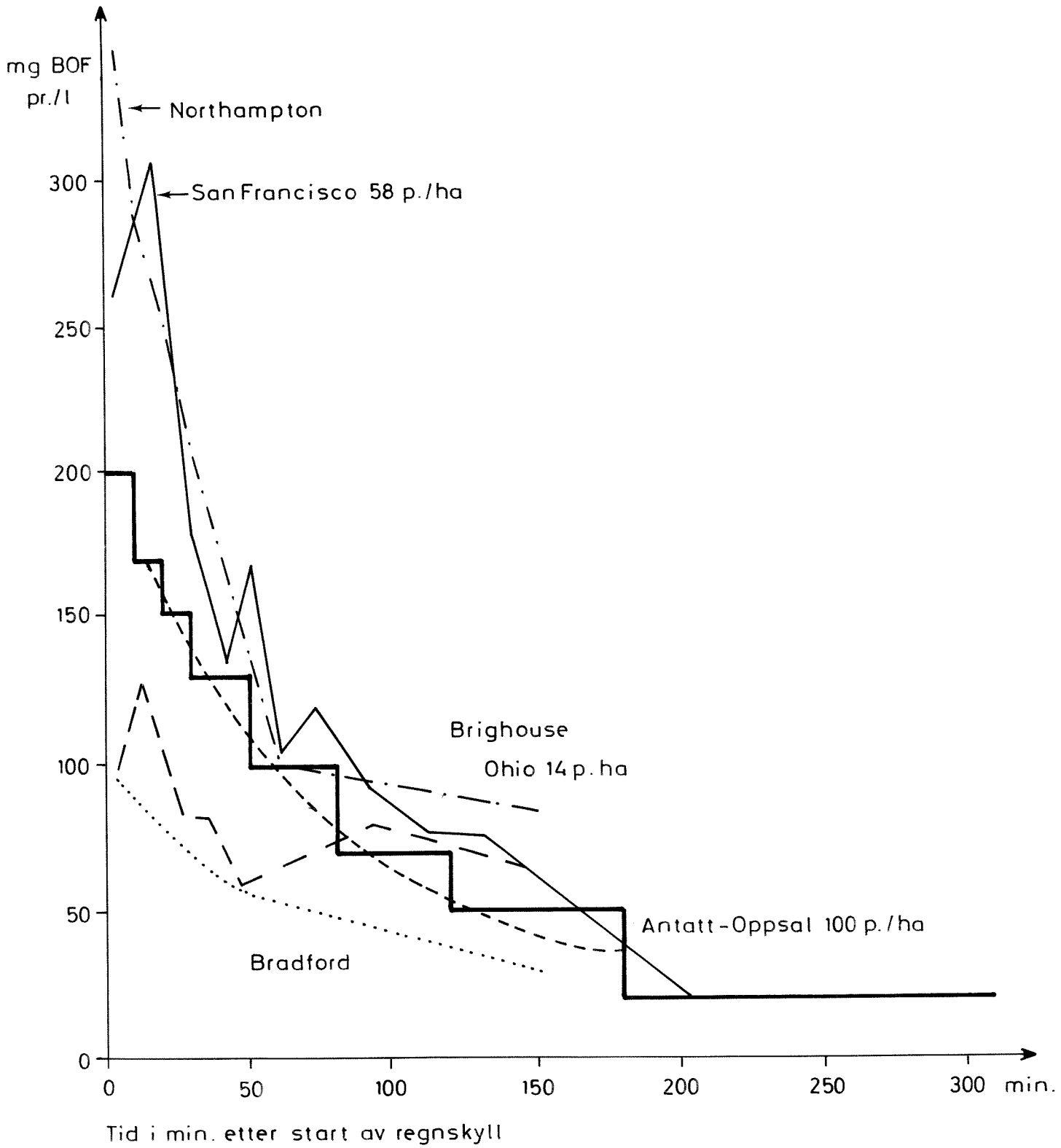


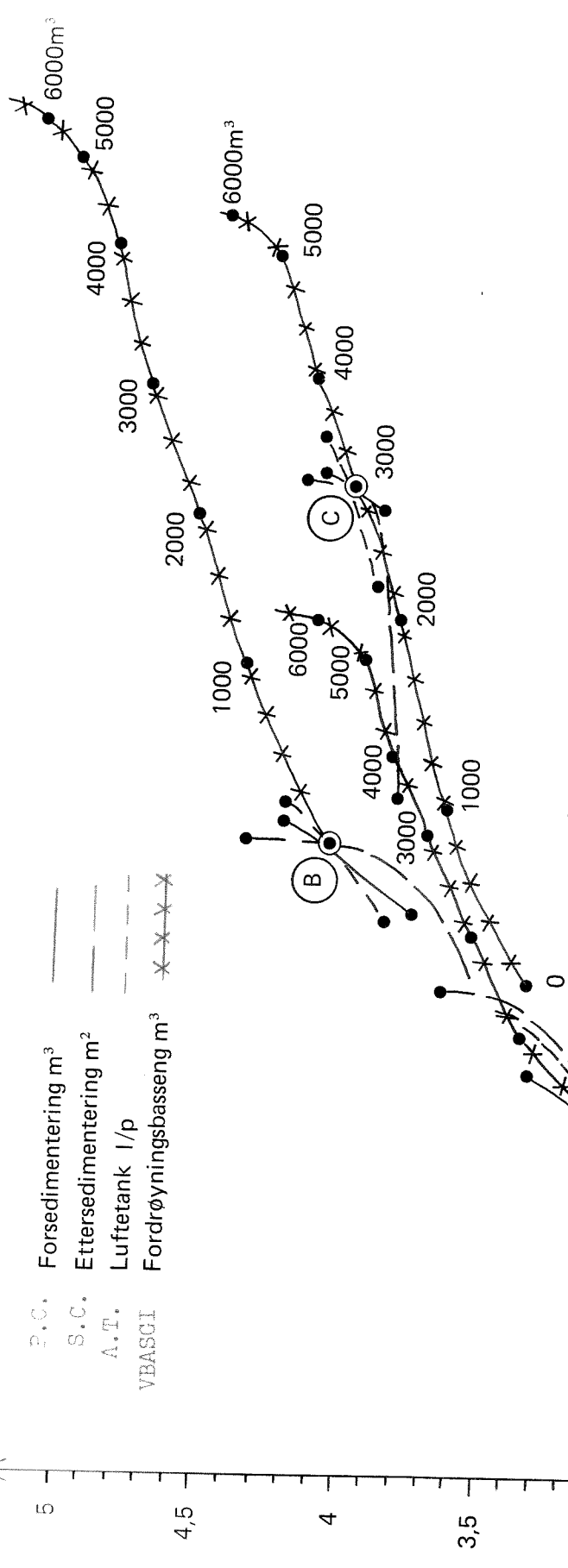
Fig. 15 BOF konsentrasjon i urbant avrenningsvann. (Kombinertsystemet)



Mill. kr.

1: Eksempel-Renseanlegg

- P.C. Forsedimentering m<sup>3</sup> ———
- S.C. Ettersedimentering m<sup>2</sup> - - - - -
- A.T. Luftetank l/p - - - - -
- VBASGI Fordrøyningsbasseng m<sup>3</sup> \* \* \* \* \*



Verdier i basis-situasjonen

	P.C m <sup>3</sup>	A.T l/p	S.C m <sup>2</sup>	VBASGI m <sup>3</sup>
A	400	60	400	0
B	1000	100	1000	0
C	600	60	600	3000

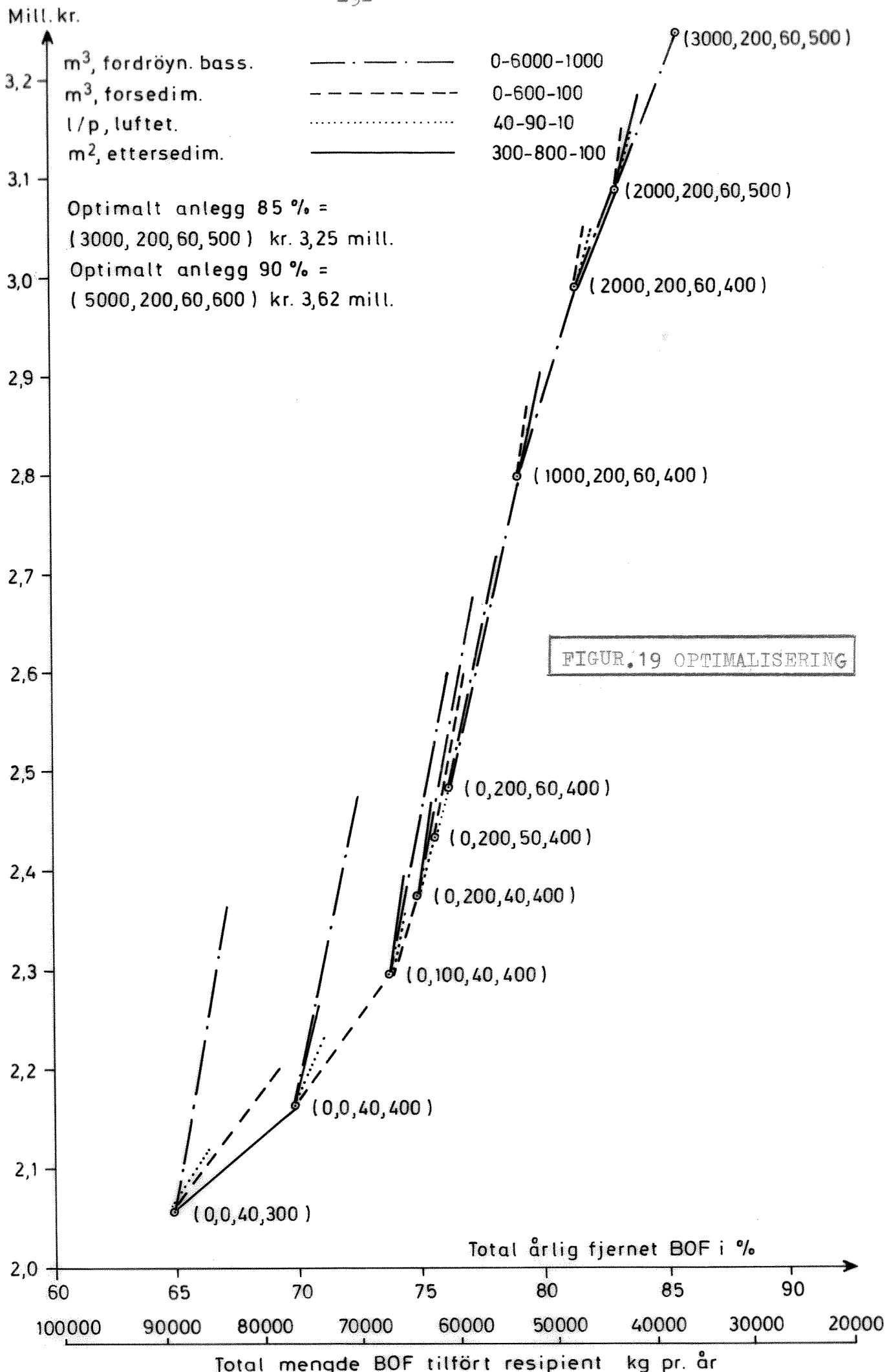
Totale anleggskostnader

Totalt antall kg. BOF fra renseanlegget til resipient pr. år

Total årlig BOF renseeffekt

95 %





C 3. Utskriftseksempler fra ledningsnettprogrammet

ANALYSE AV AVLØPSNETT

Pullach, München

Beregnet kl.10.66  
30 jan 1973

GENEPELLE INNGANGSPARAMETERE

ANTALL KNOTEPUNKTER 45  
 ANTALL LEDNINGER 44

BEFOLKNINGSTETTHET 100. PERSONER PR. HA.

PERSONEKVIVALENTER TOTALT 2340.

BRUTTO TILLØPSAREAL 15.6 HA.

BRUTTO TETT-FLATE-AREAL .0 HA.

MIDLERE VANNEFORBRUK 250.0 L. PR. PERSONEKV. PR. DØGN

MAKSIMUM TIME-FAKTOR 1.5

SPILLVANN-FORURENSNING 60.0 G. BOF PR. PERSON PR. DØGN

TILFENNINGSKURVER

PROSENT AV TILFENNINGSTID	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
GENERELL FUNKSJON ( KUPVE NR. 0 )	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

STANDARD FUNKSJONER

KURVE NR.	1	2	3	4
20	40	60	80	80
84	87	90	93	97
100	100	100	100	100
5	10	15	20	25
35	50	65	80	90
100	100	100	100	100

FORLUPØYINGSRASSENG I PUNKT NR. 32

MAKS. AVLØP ( L/S ) 150.  
 GITT VOLUM ( KUB. M ) 20.

OVERLØP I PUNKT NR. 32

MAKS. AVLØP ( L/S ) 150.

KJØRT 30 JAN 1973 KL. 10.06

PULLACH, MUNCHEN

T I D S A V H E N G I G E F U N K S J O N E R

TID	ROF I REGNVAEN	MG/L	REGN INTENSITET L/S PR. HA.	AVRENNINGS- KOFF.
1	150.	160.0	.000	
2	149.	160.0	.000	
3	148.	160.0	.000	
4	147.	160.0	.200	
5	146.	160.0	.300	
6	145.	160.0	.400	
7	144.	160.0	.500	
8	143.	160.0	.600	
9	142.	160.0	.700	
10	141.	160.0	.800	
11	140.			
12	139.			
13	138.			
14	137.			
15	136.			
16	135.			
17	134.			
18	133.			
19	132.			
20	131.			
21	130.			
22	129.			
23	128.			
24	127.			
25	126.			
26	125.			
27	124.			
28	123.			
29	122.			
30	121.			
31	120.			
32	119.			
33	118.			
34	117.			
35	116.			
36	115.			
37	114.			
38	113.			
39	112.			
40	111.			
41	110.			
42	109.			
43	108.			
44	107.			
45	106.			
46	105.			
47	104.			
48	103.			



PULLACH, MUNCHEN  
OVERLØP I K N U T E P U N K T N R. 32

OVERLØP I FUNKSJON FRA 17. MIN. TIL 21. MIN.

SPELLVANN TIL KNUTEPUKKTET 4.41 L/S  
 TOTAL VANNMENGDE TIL KNUTEPUKKTET I REGNSKYLLET 179.5 M3  
 AVLASTET VANNMENGDE I OVERLØP 7.9 M3  
 MAKSIMALT AVLØP TIL NESTE KNUTEPUKKT 150.00 L/S  
 BOF I SPILLVANN 160.0 MG./L  
 ROF I SPILLVANN TILFØRT KNUTEPUKKTET I REGNSKYLLET 1.40 KG.  
 ROF I REGNVANN TILFØRT KNUTEPUKKTET I REGNSKYLLET 22.60 KG.  
 AVLASTET BOF I OVERLØP .97 KG.

VANNFØRING OG FORUPENSNING I OVERLØP VED HVERT MINUTT:

TID MIN.	G ROF		TID LITER		G ROF		TID LITER		G ROF		TID LITER		G ROF	
	PR.SEK.	PR.SEK.	MIN.	PR.SEK.	MIN.	PR.SEK.	MIN.	PR.SEK.	MIN.	PR.SEK.	MIN.	PR.SEK.	MIN.	PR.SEK.
0	.0	.000	5	.0	10	.0	15	.0	20	.000	20	21.9	2.890	
1	.0	.000	6	.0	11	.0	16	.0	21	.000	21	.0	.000	
2	.0	.000	7	.0	12	.0	17	.0		.000				
3	.0	.000	8	.0	13	.0	18	65.5		.000		8.748		
4	.0	.000	9	.0	14	.0	19	44.8		.000		5.946		

KJØRT 30 JAN 1973 KL. 10.06

SIDE 8

PULLACH , MUNCHEN

SYSTEMETS TILRENTE NEDBØR 588.13 M3

FORDRØYNINGSPASSENG I PKT. NR. 32

MAKS. AVLØP I ( L/S ) 150.  
GITT VOLUM I ( M3 ) 20.  
MAKS. MAGASINERT VOLUM 21.

PULLACH, MUNICHEN

U T L Ø P I K N U T E P U N K T N R. 1

SPILLVANN TIL KNOTEPUNKTET 10.16 L/S  
 TOTAL VANNMENGDE TIL KNOTEPUNKTET I REGNSKYLLET 600.8 M3

ROF I SPILLVANN 160.0 MG./L  
 ROF I SPILLVANN TILFØRT KNOTEPUNKTET I REGNSKYLLET 5.75 KG.  
 ROF I REGNVANN TILFØRT KNOTEPUNKTET I REGNSKYLLET 69.36 KG.

VANNFØRING OG FØKURENSNING TIL KNOTEPUNKTET VED HVERT MINUTT:

TID MIN.	LITER PR. SEK.	G ROF PR. SEK.	TID MIN.	LITER PR. SEK.	G ROF PR. SEK.	TID MIN.	LITER PR. SEK.	G ROF PR. SEK.	TID MIN.	LITER PR. SEK.	G ROF PR. SEK.	TID MIN.	LITER PR. SEK.	G ROF PR. SEK.
0	10.2	1.625	12	10.2	1.626	24	460.4	58.803	36	250.4	29.254	48	60.2	6.776
1	10.2	1.625	13	10.2	1.632	25	436.8	55.386	37	236.5	27.425	49	54.4	6.143
2	10.2	1.625	14	43.2	6.158	26	413.8	52.078	38	219.3	25.260	50	49.1	5.562
3	10.2	1.625	15	145.5	20.028	27	389.3	48.639	39	198.8	22.753	51	44.3	5.044
4	10.2	1.625	16	291.8	34.248	28	360.9	44.770	40	176.5	20.085	52	40.0	4.614
5	10.2	1.625	17	329.6	44.430	29	334.6	41.209	41	153.6	17.401	53	36.2	4.227
6	10.2	1.625	18	390.9	52.264	30	316.4	38.685	42	131.9	14.893	54	32.7	3.875
7	10.2	1.625	19	435.4	57.753	31	302.7	36.731	43	112.6	12.688	55	29.5	3.558
8	10.2	1.625	20	469.5	61.798	32	291.7	35.133	44	96.2	10.827	56	26.6	3.273
9	10.2	1.625	21	488.8	63.844	33	281.9	33.689	45	82.6	9.308	57	24.1	3.016
10	10.2	1.625	22	491.2	63.681	34	272.3	32.293	46	73.2	8.241	58	21.7	2.775
11	10.2	1.625	23	480.2	61.796	35	262.1	30.849	47	66.5	7.480	59	19.5	2.555





KJØRT 30 JAN 1973 KL. 10.66

PULLACH, MUNCHEN

O P P S T U V N I N G S A N A L Y S E ( H Ø Y D E R I M. )

V VANNSPEIL MELLOM TOPP PØR OG MARKNIVA  
X VANNSPEIL OVER MARKNIVA

M	I	N	PUNKT	38	37	36	35	34	33	32	31	30	20	15	14	13
0																
1			4.8	4.5	5.8	5.8	3.8	3.5	2.9	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.7	1.5
2			4.8	4.5	5.8	3.8	3.8	3.5	2.9	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.7	1.5
3			4.8	4.5	5.8	3.8	3.8	3.5	2.9	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.7	1.5
4			4.8	4.5	5.8	3.8	3.8	3.5	2.9	2.6	2.4	2.3	2.1	2.0	1.7	1.5
5			4.8	4.5	5.8	3.8	3.8	3.5	2.9	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.7	1.5
6			4.8	4.5	5.9	3.9	3.9	3.6	2.9	2.7	2.5	2.3	2.2	2.1	1.7	1.5
7			4.8	4.5	5.9	3.9	3.9	3.6	3.0	2.7	2.5	2.4	2.2	2.1	1.7	1.5
8			4.8	4.5	5.9	3.9	3.9	3.6	3.0	2.7	2.6	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6
9			4.8	4.5	5.9	3.9	3.9	3.6	3.0	2.8	2.6	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6
10			4.9	4.6	5.9	4.0	3.7	3.7	3.1	2.8	2.6	2.5	2.4	2.2	1.9	1.7
11			5.2	4.6	6.0	4.1	4.4	4.4	3.4	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
12			7.2	6.0	7.5	5.1	4.4	4.4	3.4	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
13			9.8	7.9	8.4	6.3	6.3	6.0	3.6	2.8	2.8	2.7	2.6	2.4	2.0	1.8
14			12.0	9.6	8.4	7.4	7.4	6.5	3.7	2.8	2.8	2.7	2.6	2.4	2.0	1.8
15			13.1	10.5	8.8	8.0	8.0	6.5	3.7	2.8	2.8	2.7	2.6	2.4	2.0	1.8
16			12.7	10.3	8.4	7.9	7.9	6.1	3.7	2.8	2.8	2.7	2.6	2.4	2.0	1.8
17			11.5	9.5	7.8	7.3	7.3	6.1	3.7	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
18			9.9	8.3	6.7	6.6	6.6	5.7	3.6	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
19			8.3	7.1	5.9	5.8	5.8	5.1	3.5	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
20			9.9	6.1	5.9	4.6	4.6	4.2	3.3	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
21			5.8	5.3	5.9	4.6	4.6	4.2	3.3	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
22			5.1	4.7	5.9	4.2	4.2	3.9	3.2	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
23			4.9	4.6	4.0	4.0	4.0	3.7	3.1	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
24			4.9	4.6	4.0	4.0	4.0	3.7	3.1	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
25			4.8	4.5	3.9	3.9	3.6	3.6	3.0	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
26			4.8	4.5	3.9	3.9	3.6	3.6	3.0	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
27			4.8	4.5	3.9	3.9	3.6	3.6	3.0	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
28			4.8	4.5	3.9	3.9	3.6	3.6	3.0	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8
29			4.8	4.5	3.9	3.9	3.6	3.6	3.0	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.0	1.8
30			4.8	4.5	3.9	3.9	3.6	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.4	2.3	1.9	1.8
31			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
32			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
33			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
34			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
35			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
36			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
37			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
38			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
39			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
40			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
41			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
42			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
43			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
44			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
45			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7
46			4.8	4.5	3.9	3.9	3.5	3.5	2.9	2.7	2.5	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7

KURT 30 JAN 1973 KL. 10.06

PULLACH, MUNCHEN

AVLØPSNETTETS INNGANGSDATA

RØR NR.	NIVA NR.	NIVA ØVRE	NIVA ØVRE	NIVA ØVRE	NIVA ØVRE	LENGDE I M	TOTAL AREAL	TFITT-AREAL	RED. FAKTOR	DIAM MM/ BREDE I CM	HØYDE I CM	HELN. VINK.	T.S. KODE	PØR FRIK.	PEPS. EKV.	TILK. TID	PST. ANL. AR
1	1	.00	.26	2.20	78.00	.000	.000	.000	.000	1450.0	0	0	0	100.0	0	0	0
2	2	.26	.55	2.50	52.00	.000	.000	.000	.000	1200.0	0	0	0	100.0	0	0	0
3	3	.55	.69	2.60	55.00	.000	.000	.000	.000	700.0	0	0	0	100.0	26.1	6	0
4	4	.69	.90	2.90	53.00	.000	.000	.000	.000	700.0	0	0	0	100.0	23.0	6	0
5	5	.90	1.26	3.20	45.00	.000	.000	.000	.000	450.0	0	0	0	100.0	29.6	6	0
6	6	1.26	1.48	3.40	45.00	.000	.000	.000	.000	450.0	0	0	0	100.0	40.6	6	0
7	7	1.48	1.79	3.70	45.00	.000	.000	.000	.000	450.0	0	0	0	100.0	40.0	6	0
8	8	1.79	2.21	4.20	47.00	.000	.000	.000	.000	450.0	0	0	0	100.0	33.4	6	0
9	9	2.21	2.37	4.30	42.00	.000	.000	.000	.000	450.0	0	0	0	100.0	23.8	6	0
10	10	2.37	2.78	4.70	60.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	53.0	6	0
11	11	.90	1.28	3.20	54.00	.000	.000	.000	.000	600.0	0	0	0	100.0	17.7	6	0
12	12	1.28	1.44	3.40	42.00	.000	.000	.000	.000	600.0	0	0	0	100.0	34.4	6	0
13	13	1.44	1.63	3.60	42.00	.000	.000	.000	.000	600.0	0	0	0	100.0	33.4	6	0
14	14	1.63	1.99	3.90	61.00	.000	.000	.000	.000	600.0	0	0	0	100.0	44.0	6	0
15	15	1.99	2.27	4.20	45.00	.000	.000	.000	.000	500.0	0	0	0	100.0	25.5	6	0
16	16	2.27	2.54	4.50	48.00	.000	.000	.000	.000	450.0	0	0	0	100.0	29.0	6	0
17	17	2.54	3.51	5.50	80.00	.000	.000	.000	.000	400.0	0	0	0	100.0	58.9	6	0
18	18	3.51	4.59	6.50	93.00	.000	.000	.000	.000	350.0	0	0	0	100.0	67.5	6	0
19	19	4.59	5.04	7.00	47.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	31.3	6	0
20	20	5.04	6.09	8.00	95.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	43.8	6	0
21	21	6.09	6.19	8.10	33.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	17.5	6	0
22	22	6.19	6.44	8.40	52.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	43.8	6	0
23	23	6.44	6.60	8.60	50.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	48.4	6	0
24	24	6.60	6.90	8.90	52.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	46.6	6	0
25	25	6.90	7.21	9.20	51.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	41.7	6	0
26	26	7.21	7.43	9.40	47.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	36.1	6	0
27	27	7.43	7.60	9.60	35.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	303.0	6	0
28	28	7.60	7.80	8.10	43.00	.000	.000	.000	.000	500.0	0	0	0	100.0	46.9	6	0
29	29	7.80	8.09	8.40	34.00	.000	.000	.000	.000	500.0	0	0	0	100.0	30.3	6	0
30	30	8.09	8.25	8.20	34.00	.000	.000	.000	.000	500.0	0	0	0	100.0	29.2	6	0
31	31	8.25	8.39	8.40	34.00	.000	.000	.000	.000	500.0	0	0	0	100.0	26.1	6	0
32	32	8.39	8.61	8.60	22.00	.000	.000	.000	.000	500.0	0	0	0	100.0	76.5	6	0
33	33	8.61	8.83	8.80	31.00	.000	.000	.000	.000	350.0	0	0	0	100.0	49.0	6	0
34	34	8.83	9.48	9.40	53.00	.000	.000	.000	.000	300.0	0	0	0	100.0	12.5	6	0
35	35	9.48	9.80	9.80	30.00	.000	.000	.000	.000	300.0	0	0	0	100.0	75.1	6	0
36	36	9.80	9.83	7.80	130.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	12.5	6	0
37	37	9.83	10.43	6.40	31.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	16.7	6	0
38	38	10.43	10.72	8.70	32.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	7.3	6	0
39	39	10.72	10.77	8.70	20.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	63.6	6	0
40	40	10.77	10.84	8.40	130.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	66.8	6	0
41	41	10.84	11.12	8.10	100.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	47.0	6	0
42	42	11.12	11.43	8.10	50.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	41.7	6	0
43	43	11.43	11.57	8.60	55.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	23.0	6	0
44	44	11.57	11.90	8.90	36.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	564.0	6	0
44	44	11.90	12.75	9.70	75.00	.000	.000	.000	.000	250.0	0	0	0	100.0	564.0	6	0

B E R E G N E D E R Ø R D A T A

RØK IDENT	PRØMILLE STIGN. RØR	BØRGNØT DIAMETER (MM)	RØRØP- ASITØT (L/S)	MAKS. VANNØP- ING (L/S)	SPTILL- VANN (L/S)	ØMAX ØFULL	MAKS. FYLL- GRAD	HASTIG- HFT (M/S)	GRADIENT VØD ØPPSTIV. (0/00)	MØNGDE REGNVANN PÅSØFT (M3)	RØRØST. I KR./M	RØRØST. I KR.
1	3.35	1450.	* 3395.3	491.2	10.2	.145	.243	2.06	.09	564.8	1426.	111215.
2	5.50	1200.	* 2725.4	498.3	10.2	.182	.274	2.41	.24	565.8	1132.	58853.
3	2.55	700.	* 452.4	498.1	10.2	1.152	1.000	1.21	3.31	566.8	592.	32543.
4	3.96	700.	* 549.1	504.6	10.0	.919	.791	1.43	3.39	558.7	592.	31360.
5	8.00	450.	* 251.0	218.7	1.0	.871	.734	1.58	6.20	131.2	353.	15900.
6	4.89	450.	* 192.4	210.1	.8	1.092	1.000	1.21	5.75	121.7	353.	15900.
7	6.89	450.	* 231.6	190.6	.7	.823	.694	1.46	4.80	108.6	353.	15900.
8	8.94	450.	* 266.5	165.2	.5	.620	.564	1.68	3.69	95.7	353.	16606.
9	3.81	450.	* 166.2	144.7	.3	.861	.724	1.06	2.89	84.8	353.	14840.
10	6.83	250.	* 49.1	43.2	.2	.879	.740	1.00	5.38	17.7	185.	11105.
11	7.04	600.	* 499.2	353.8	9.0	.709	.622	1.77	3.72	420.6	493.	26635.
12	3.01	600.	* 358.4	356.1	8.9	.994	.982	1.27	3.76	414.0	493.	20716.
13	4.52	600.	* 393.2	362.1	8.8	.921	.794	1.39	3.88	403.4	493.	20716.
14	5.90	600.	* 453.9	367.1	8.6	.809	.685	1.61	3.98	392.0	493.	30088.
15	6.22	500.	* 289.2	161.8	3.4	.559	.524	1.47	2.12	171.7	399.	17948.
16	5.62	450.	* 207.6	155.9	3.3	.751	.648	1.31	3.31	163.5	353.	16560.
17	12.12	400.	* 230.5	146.5	3.2	.636	.574	1.84	5.24	154.0	309.	24725.
18	11.61	350.	* 158.5	133.3	3.0	.841	.707	1.65	8.42	134.6	266.	24753.
19	9.57	250.	* 59.0	131.3	2.7	2.227	1.000	1.20	42.19	112.0	185.	8699.
20	11.05	250.	* 63.7	131.7	2.5	2.067	1.000	1.30	42.43	101.6	185.	17582.
21	3.05	250.	* 31.7	129.5	2.3	4.089	1.000	1.50	41.13	87.1	185.	6108.
22	4.81	250.	* 40.6	129.5	2.3	3.166	1.000	.83	41.11	81.3	185.	9624.
23	4.80	250.	* 40.6	116.6	2.1	2.871	1.000	.83	33.84	67.0	185.	9254.
24	4.25	250.	* 37.9	97.7	1.9	2.577	1.000	.77	24.42	51.2	185.	9624.
25	6.08	250.	* 46.1	75.3	1.7	1.633	1.000	.94	15.07	35.9	185.	9439.
26	4.68	250.	* 40.1	51.1	1.5	1.275	1.000	.82	7.34	22.1	185.	8699.
27	4.86	250.	* 40.9	25.8	1.3	.631	.571	.83	2.07	10.1	185.	6478.
28	2.33	500.	* 170.0	201.7	5.0	1.187	1.000	.87	3.19	207.0	390.	17150.
29	4.71	500.	* 248.7	190.0	4.8	.764	.656	1.27	2.86	191.7	390.	13561.
30	4.12	500.	* 231.4	179.0	4.6	.774	.662	1.18	2.56	181.7	390.	13561.
31	10.00	500.	* 373.6	166.3	4.5	.945	.453	1.90	2.23	171.9	390.	8774.
32	7.10	350.	* 121.5	242.1	4.4	1.992	1.000	1.26	25.44	169.0	266.	8251.
33	12.29	300.	* 108.8	238.5	4.2	2.191	1.000	1.54	52.45	156.8	225.	11913.
34	10.67	300.	* 100.9	233.0	4.0	2.308	1.000	1.43	59.22	140.5	225.	6743.
35	15.62	250.	* 76.8	57.9	.3	.754	.649	1.57	9.25	24.6	185.	24060.
36	20.32	250.	* 88.5	186.0	3.7	2.101	1.000	1.80	80.43	111.5	185.	5737.
37	9.06	250.	* 57.2	185.0	3.6	3.233	1.000	1.17	79.65	107.3	185.	5922.
38	2.50	250.	* 28.5	181.2	3.5	6.346	1.000	.58	76.60	101.5	185.	3702.
39	13.08	250.	* 69.8	48.5	.3	.696	.614	1.42	6.68	20.9	185.	24060.
40	10.70	250.	* 62.6	136.2	3.2	2.176	1.000	1.28	45.17	78.0	185.	18598.
41	5.60	250.	* 44.1	110.1	2.9	2.495	1.000	.90	30.45	55.8	185.	9254.
42	8.18	250.	* 54.2	86.8	2.7	1.604	1.000	1.10	19.63	40.3	185.	10179.
43	9.17	250.	* 57.6	62.5	2.5	1.085	1.000	1.17	10.66	26.5	185.	6663.
44	11.35	250.	* 64.6	48.3	2.4	.748	.646	1.32	6.63	18.9	185.	13881.

794187.-----  
=====

## APPENDIKS D

### SYSTEMANALYSE AV AVLØPSANLEGG

De bevilgninger PRA 4.6 hittil har fått av PRA-komiteen, har ikke vært store nok til at en omfattende systemanalyse av avløpsanlegg har kunnet gjennomføres. De redskaper som er nødvendig for en slik systemanalyse, er imidlertid nå kommet relativt langt.

En forsmak på en slik systemanalyse har det likevel vært nok ressurser til å gjennomføre. Det etterfølgende er en slik påbegynt systemanalyse.

#### D 1. Innledning

Det skal i de nærmeste årtier investeres milliarder av kroner i avløpsledningsnett i Norge. Avledningen av overvannet til resipienten dominerer mengdemessig sett sterkt i forhold til spillvannet. Det er derfor **av**meget stor økonomisk betydning at overvanns-beregningsmetodene som brukes er hensiktsmessige, og at de parametre som må vurderes eller måles er bestemt med hensiktsmessig nøyaktighet. Det er ikke uten videre mulig å anslå hvor nøyaktig de enkelte inputparametre bør måles, eventuelt vurderes, eller hvor stort utslag en feilbedømming av en bestemt parameter får i anleggskostnadene og vannføringsberegningene.

Det er her gjort et forsøk på å gi svar på noen av disse spørsmål.

Et biprodukt av en såkalt sensitivitetsanalyse er en åpenbaring av de områder innen avløpsteknikken hvor det er størst behov for forskningsinnsats og feltarbeid i kommunene.

For å få konkrete tall i en slik analyse er den EDB-modell som er utviklet ved NIVA brukt på et oppkonstruert avløpsfelt. Dette betyr at hydraulisk viktige ting som rørinnlagring og delfyllingshastigheter i rør er tatt hensyn til i beregningene. Ved hjelp av EDB-modellen har man fått beregnet de minst mulige kurante rørdimensjoner som unngår oppstuvning ved det betraktete regnskyll.

## D 2. Avløpsnett og forutsetninger

Kostnadskurven for anlegg av rør er basert på de erfaringskurver en rekke VA-konsulenter har beregnet.

Den matematiske formuleringen av kurven er:

$$K = 30 + 0,156 \cdot D^{1,25}$$

K = Anleggskostnad pr. m (i det aktuelle området)

D = Rørdiameter i mm

Det er forutsatt 0 % fjell i grøftene.

Det oppkonstruerte feltet er kloakkert etter fellessystemet og er vist på fig. 20 og er totalt på 110 ha. Feltet er delt opp i 11 identisk like delfelter.

De data for feltet som ikke er variert i beregningene, er vist på fig. 20.

De øvrige data er følgende:

Tilrenningstid	: 1 - 20 min	(10 min)
Midl. regnintensitet	: 50-252 l/s ha	(89,7 l/s ha)
Midl. avrenningskoeffisient	: 0,3-0,6	(0,4)
Prosjekteringsperiode	: 1/2 - 50 år	(2 år)
Midl. spillvannsmengde	: 0-1050 l/p·d	(525 l/p·d) - max. timefaktor på 1,5 er inkl. i tallene.
Rørgradient	: 2 - 8 ‰	(4 ‰)
"Rørglatthet"	: 70 - 130	(100) Hazen Williams koeffisient.

Tallene i parentes er ment å være korrekte, mens de øvrige angir nedre og øvre grense for variasjonen i beregningene.

I tillegg til disse variasjoner er betydningen av å bruke konstante avløpskoeffisienter, tilrenningsfunksjoner og regnintensiteter i et regnskyll vist. Tidligere forelesninger har vist at disse tre begreper i realiteten varierer sterkt under et regnskyll.

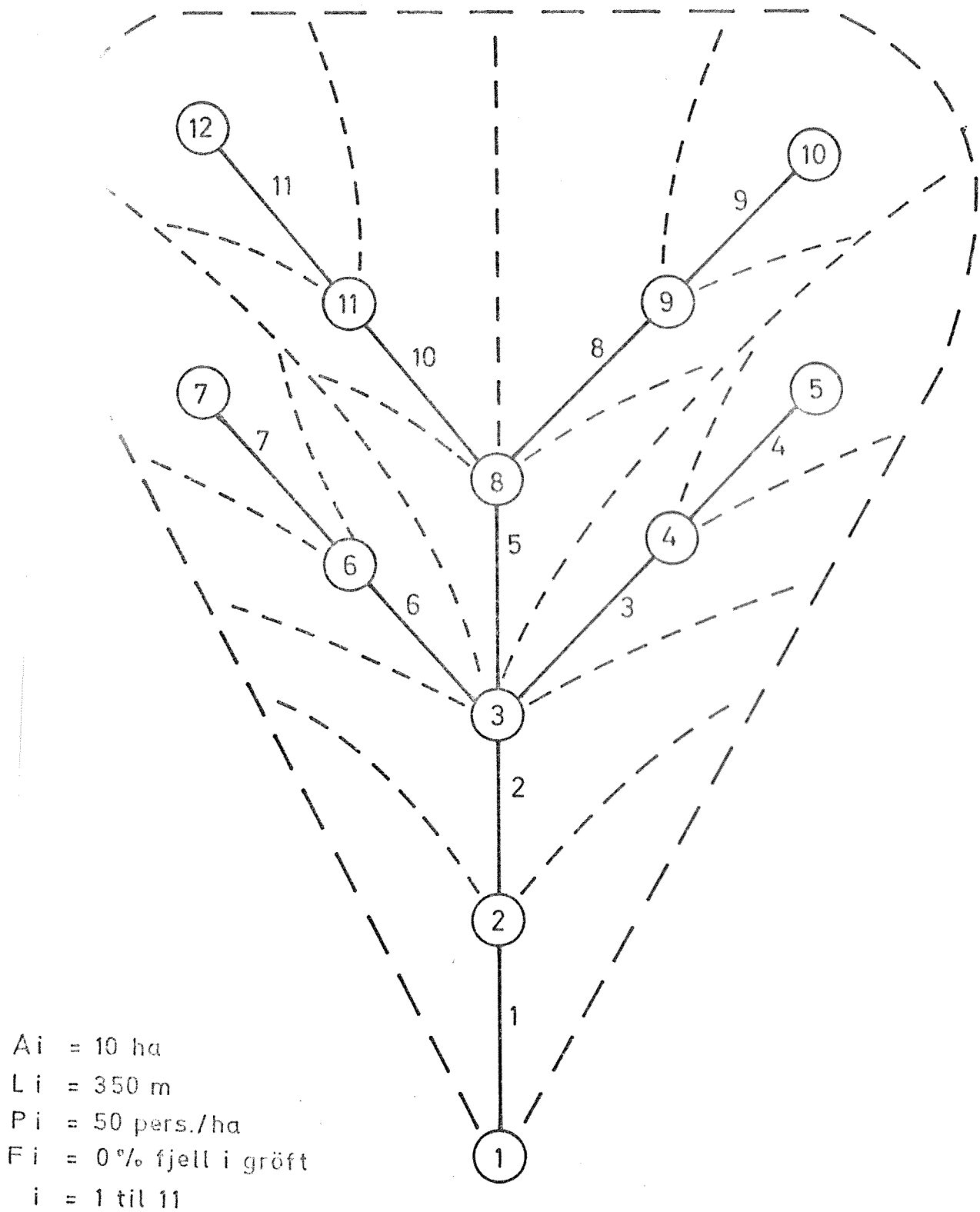


Fig. 20 Skisse av avløpsnett.

### Regnintensitetsvariasjon

Fig. 21 viser tre grader av "spisshet" på regnintensiteten (hyetografen). Alle tre har samme middelintensitet.

"Spissheten" på hyetografen er definert som 2 ganger forholdet mellom nedbørmengden for de mest intensive 50% av regnskylllet og 100% av regnskylllet. Dette er forøvrig også vist i fig. 21.

En "spisshet" på 1,8 betyr således at 90% av regnskylllet faller innenfor 50% av total varighet av regnskylllet, 1,4 tilsvarer 70% mens 1,0 tilsvarer 50%. Slik definisjonen lyder, vil "spissheten" som regel være større enn 1,0 og alltid mindre enn 2,0.

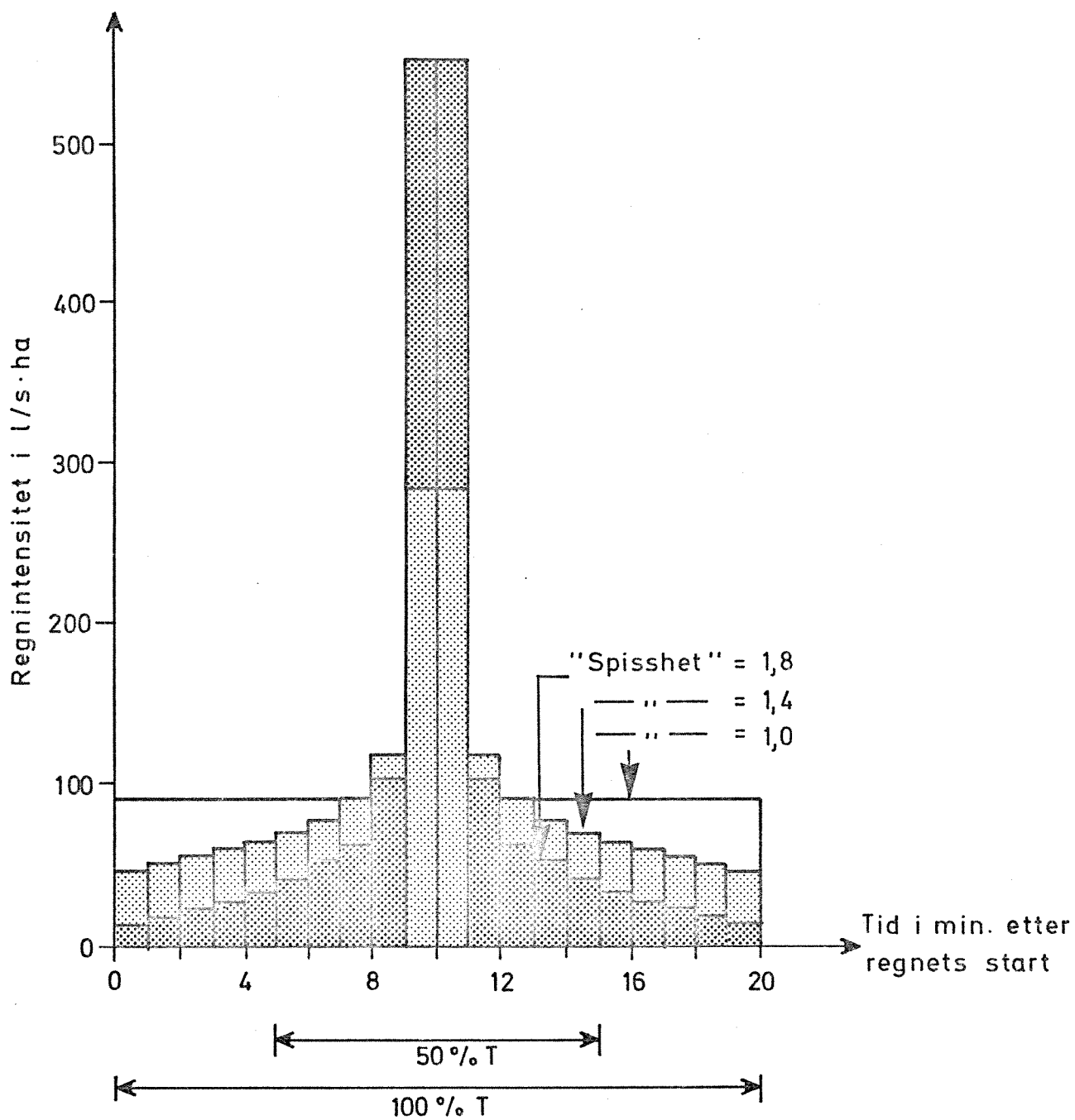
### Avrenningskoeffisient

Fig. 22 viser tre avrenningskoeffisienters forløp med tiden etter regnets start. Alle tre har samme middelvei. For å kunne beskrive kurveforløpet i et tall er begrepet "forskyvning" innført, og som er definert som 2 ganger forholdet mellom arealet av 50% av siste del av regntiden og 100% av arealet for regnforløpet. En "forskyvning" på 1,5 betyr derfor at 75% av den potensielle avrenning kan skje i de siste 50% av regnforløpet, likeledes tilsvarer 1,24 - 62% og 1,0 - 50%. Slik definisjonen lyder vil "forskyvningen" som regel være større enn 1,0 og alltid mindre enn 2,0.

### Avrenningsfunksjoner

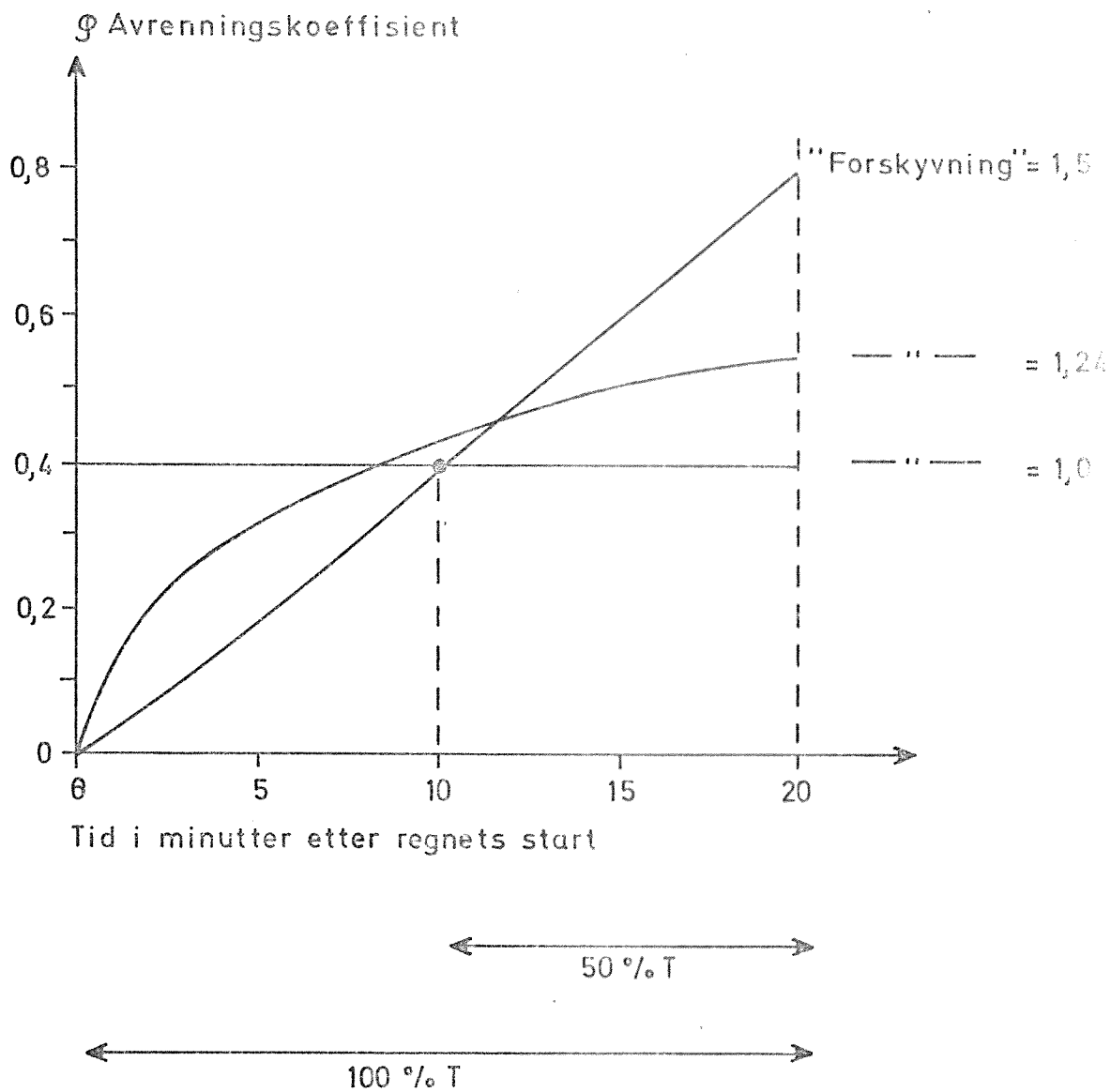
Fig. 23 viser 5 standard avrenningsfunksjoner som er programmert inn i EDB-modellen. Begrepet avrenningsfunksjon er nærmere beskrevet i foredraget om metoder for beregning av avløpsledningsnett.





$$\text{"Spisshet"} = \left( \frac{\text{Areal av } 50\% T}{\text{Areal av } 100\% T} \right)^2$$

Fig. 21 ULIKE GRADER AV "SPISSHET" PÅ HYETOGRAF



$$\text{"Forskyvning"} = \left( \frac{\text{Areal under 50 \% av T}}{\text{Areal under 100 \% av T}} \right) \cdot 2$$

Fig. 22 Ulike forløp av avrenningskoeffisienten.

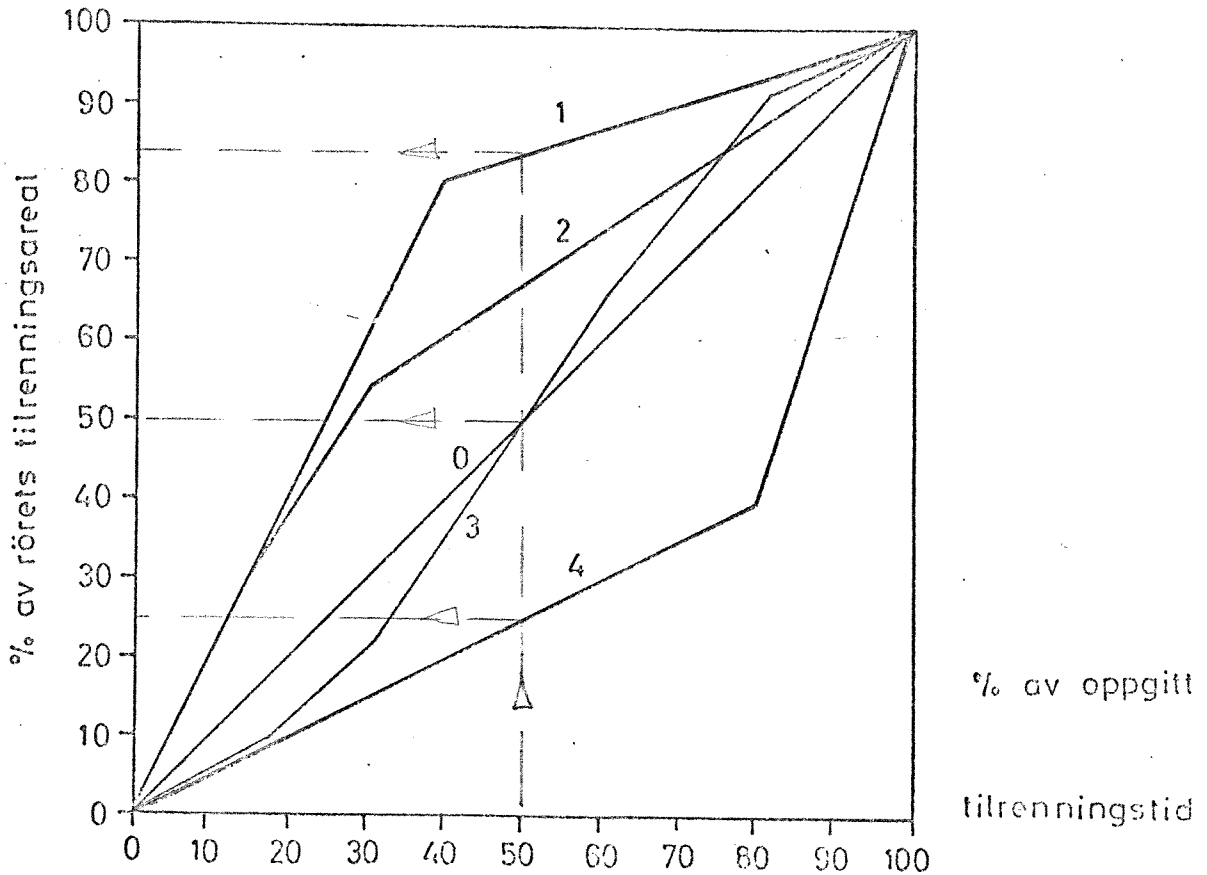


Fig. 23 Tilrenningsfunksjoner.

For å kunne uttrykke kurveforløpet i et tall har vi her innført begrepet "50%-tilrenning", dvs. hvor stor prosentdel av et delfelt har rukket frem til ledningen når 50% av tilrenningstiden er gått. En "50%-tilrenning" på 84 betyr derfor at 84% av delfeltet har rukket å avgi vann til nærmeste ledning når 50% av tilrenningstiden er gått. Det er forøvrig brukt en "50%-tilrenning" på 25 og 50. Dette tallet må alltid ligge mellom 0 og 100.

Sprang i kummer

Det er antatt kummer for hver 50. meter på ledningene. Dersom sprang i kummer neglisjeres, vil man beregne en rørgradient som er større enn den virkelige. Det er her regnet med 0-5 og 10 cm sprang i hver kum.

### D 3. Sensitivitetsanalyse

I tabell 3 er vist utslaget i anleggskostnader i % fra det "korrekte" (0%) for 12 ulike parametre. 0% avvik tilsvarer 3,05 mill. kr. i anleggskostnader for hovedledningene. De parametre som betyr mest, er midlere regnintensitet og midlere avløpskoeffisient. Avrenningskoeffisientens tidsforskyvning, tilrenningsfunskjonen og spillvannsmengden har minst utslag i anleggskostnadene. En variasjon i Hazen-Williams koeffisient fra 70 til 130, d.v.s. nær en fordobling av rørkapasiteten, slår ut med bare 13% i anleggskostnadene.

Fig. 24 viser samme forhold som tabell 1, men her i kurveform.

Tabell nr. 4 viser hvilket utslag de enkelte parametres usikkerhet gjør i den maksimale vannføring i pkt. 1 i feltet. Samme konklusjon angående parametrene betydning gjelder her som for tabell 3. Det er imidlertid plottet inn resultater for en kombinasjon av flere ugunstige - og en kombinasjon av flere gunstige parametre. Den maksimale vannføring i pkt. 1 kan da variere fra 1 til 12 m<sup>3</sup>/s, avhengig av hvor uheldig eller heldig kombinasjon av parametre som velges. Tilsvarende anleggskostnader er henholdsvis 1,6 og 6,4 mill. kr.

Tabell nr. 5 viser resultater i form av maksimale vannføringer og anleggskostnader for ulike eksempler på kombinasjoner av unøyaktig bestemte parametre.



Tabell 5 Eksempler på kombinasjoner av unøyaktig bestemte parametre.

Parameter	Basisverdier	Ex.A	Ex.B	Ex.C	Ex.D
Prosjekterings- periode i år	2	50	10	5	$\frac{1}{2}$
(l/s.ha) (antar konstant)	89,7	252	160	128	50
Avrennings- koeffisient (antar konstant)	0,4	0,6	0,6	0,5	0,3
Tilrenningstid i min.	10	3	3	5	20
Rørets glatthet $C_{HW}$	100	70	70	100	130
Vannføring i rør nr. 1 $m^3/s$	2,6	12	9	5	1,0
Anleggs- kostnader i mill. kr.	2,8	6,4	5,4	3,6	1,6

Basiskostnader ved konstant tidsforløp av avrenningskoeffisient og regn-  
intensitet  $\Rightarrow$  2,8 mill. kr. ( $2,6 m^3/s$ ).

Kostnader ved et mer sannsynlig tidsforløp av avrenningskoeffisient og  
regnintensitet  $\Rightarrow$  3,1 mill. kr. ( $2,9 m^3/s$ ).

Vannføring i m<sup>3</sup> pr. sek.

TABELL 2 SENSITIVITETSANALYSE

Parameter	Verdi	Endring	Endring i vannføring	Endring i vannføring [%]	Spillvann	Spillvannsmengde [l/p.d.]	Spillvannsføring	Spillvannsføring [%]	Reaktors glødetid [C.M.]	Günstigste verdi for alle parameter	Ugunstigste verdi for alle parameter
1	25 l/p.d.	50 år									
2	150 min	10 år									
3	128 l/p.d.	5 år	0.6								
4	89.7 l/p.d.	2 år	0.5								
5	50 l/p.d.	1/2 år	0.4								
6			1.8								
7			1.4								
8			1.0								
9			1.0								
10			1.0								
11			1.0								
12			1.0								

4

1.4

8.000  
4.500  
2.500

1 min  
10 min  
20 min

0.6  
0.5  
0.4  
0.3

1.8  
1.4  
1.0

25 l/p.d. 50 år  
150 min 10 år  
128 l/p.d. 5 år  
89.7 l/p.d. 2 år  
50 l/p.d. 1/2 år

C<sub>FW</sub> = 100  
C<sub>FW</sub> = 100  
C<sub>FW</sub> = 70

Ugunstigste verdi for alle parameter

Günstigste verdi for alle parameter

Reaktors glødetid [C.M.]

Spillvannsføring [%]

Spillvannsmengde [l/p.d.]

Spillvannsføring

Spillvannsføring

Spillvannsføring

Spillvannsføring

Spillvannsføring

Spillvannsføring

Spillvannsføring

Spillvannsføring

#### D 4. Konklusjon

Ved avløpsnettberegninger er det av stor betydning å velge en hensiktsmessig beregningsmetode. Det er også av vesentlig betydning for vannføringsberegninger og dermed anleggskostnader at inputparametre bestemmes hensiktsmessig. Det vil si at man legger mye arbeid i å bestemme de parametre som har stor betydning for resultatet, slik at de ubetydelige parametre ikke drar for store vekslers på arbeidsinnsatsen.



APPENDIKS E

MATEMATISKE FUNKSJONER FOR FJERNING AV FOSFOR.

Fosforfjerningsfunksjoner pr. februar 1973

Symbolforklaring:

$$P(X) = \text{Gram fosfor pr. sek i strøm } X$$

$$\times = \text{Multiplikasjonstegn}$$

Øvrige symboler er forklart i Fremdriftsrapport nr. 2, appendiks B.

Funksjonene blir justert etterhvert som vårt kunnskapsnivå utvides.

De viktigste fosforlikningene er følgende:

$$\text{DOSAL} = \text{ALDOS} \times 0.081$$

$$P(6) = P(5) - (\text{BOF}(5) - \text{BOF}(6)) \times 0.014$$

Hvis kjemisk trinn etter biologisk

$$P(11) = P(8) - 0.2 \times (\text{BOF}(8) - \text{BOF}(11)) \times P(8)/\text{BOF}(8)$$

$$\text{PIN} = ((P(11) + P(15))/(\text{Q}(11) + \text{Q}(15))) \times 1000$$

Hvis  $\text{DOSAL} > 0.87 \times \text{PIN}$ , så

$$P(17) = (\text{SSKET} \times \text{PIN}/(\text{PIN} \times 3.94 + (\text{DOSAL} - \text{PIN} \times 0.87) \times 2.98 + \text{SSEFL} + (\text{SSQ15}/\text{Q}(15)) \times 1000)) \times \text{Q}(17)/1000$$

Hvis  $\text{DOSAL} < 0.87 \times \text{PIN}$ , så

$$P(17) = (\text{PIN} - \text{DOSAL} \times 1.15) \times (1 + (\text{SSKET}/(\text{SSEFL} + (\text{SSQ15}/\text{Q}(15)) \times 1000 + \text{DOSAL} \times 4.52))) \times \text{Q}(17)/1000$$

Hvis kjemisk trinn før biologisk

$$\text{PIN} = (P(15)/\text{Q}(15)) \times 1000$$

Hvis DOSAL > 0.87 \* PIN

$$P(17) = \left( \text{SSKET} * \text{PIN} / (\text{PIN} * 3.94 + (\text{DOSAL} - \text{PIN} * 0.87) * 2.98 + (\text{SSQ15}/\text{Q}(15)) * 1000) \right) * \text{Q}(17) / 1000$$

Hvis DOSAL < 0.87 \* PIN

$$P(17) = \left( \text{PIN} - \text{DOSAL} * 1.15 \right) * \left( 1 + \left( \text{SSKET} / \left( (\text{SSQ15}/\text{Q}(15)) * 1000 + \text{DOSAL} * 4.52 \right) \right) \right) * \text{Q}(17) / 1000$$

$$P(11) = P(18) - 0.2 * (\text{BOF}(8) - \text{BOF}(11)) * P(18) / \text{BOF}(8)$$

LITTERATURLISTE

- (1) Lindholm, O.G.: Systemanalyse av avløpsanlegg.  
Fremdriftsrapport nr. 1 og 2.  
4. januar 1972 og 26. juli 1972 - NIVA, Oslo.
  
- (2) Watkins, L.H.: The Design of Urban Sewers Systems.  
Road Research Technical Paper No. 55. Dept og Scientific  
and Industrial Research, London, Her Majestys Stationary  
Office, 1962.

(I fremdriftsrapport nr. 2 er det en mer utfyllende litteraturliste).