

0-87160
Analyse av
forurensnings-
tilførslene
til

Indre Oslofjord

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor

Postboks 33, Blindern
0313 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80
Telefax (02) 39 41 29

Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 033
Telefax (041) 42 709

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen

Breiviken 5
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 95 17 00
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:

0-87160

Undernummer:

Løpenummer:

2288

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Analyse av forurensningstilførsler til indre Oslofjord.	Dato: 15.okt. 1989
	Prosjektnummer: 0-87160
Forfatter (e): Dag D. Rosland Svein Stene-Johansen	Faggruppe:
	Geografisk område: Oslofjord
	Antall sider (inkl. bilag): 85

Oppdragsgiver: Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Rapporten analyserer tidligere beregninger av forurensningstilførsler til indre Oslofjord samt oppdaterer tilførselsberegninger ut fra dagens kunnskaper.
--

4 emneord, norske:

1. Forurensningstilførsler
2. Overvåkning
3. Vannkvalitet
4. Avrenning

4 emneord, engelske:

1. waste disposal
2. Monitoring
3. Water quality
4. Runoff

Prosjektleder:

Svein Stene-Johansen

For administrasjonen

Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-1589-1

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0-87160

HOVEDRAPPORT

**ANALYSE AV FORURENSNINGSTILFØRSLER TIL
INDRE OSLOFJORD**

Dag S. Rosland
Svein Stene-Johansen

FORORD

"Programforslag for bedre kvantifisering av tilførsler fra lekkasjer og overløp på ledningsnett og avrenning til Indre Oslofjord", ble gitt som oppdrag til NIVA i brev av 27. august 1987 ved Per A. Hallberg, formann i Styringsgruppe 1 under Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord.

Undersøkelsen er rapportert i følgende rapporter:

Hovedrapport

Analyse av forurensningstilførsler til Indre Oslofjord

Del I. Vurdering av tidligere utførte tilførselsberegninger for Indre Oslofjord.

Del II. Forurensningstilførslene til Indre Oslofjord - nyere beregninger for årene 1987 og 1988.

Delrapport 1

Befaring og undersøkelse av vassdragsmålestasjoner i tilløpsvassdrag til Indre Oslofjord

Delrapport

Kontinuerlige målinger i Hoffselva, november 1987

Vi vil takke medlemmene av Styringsgruppe 1 for kommentarer og korrektiver underveis. Vi vil likeledes takke OVAs medarbeidere for meget godt samarbeid og interessante diskusjoner. Det var naturlig nok innenfor Oslo kommunes grenser at det meste av arbeidet ble konsentrert. Vi har imidlertid fått verdifull hjelp av de øvrige kommuners tekniske etater, Vestfjorden avløpsselskap (VEAS) og fra Fylkesmennenes miljøvernavdelinger i Oslo og Akershus og Buskerud fylker.

Vi vil også takke cand. scient. Dag S. Rosland som har vært midlertidig engasjert av NIVA på prosjektet, og som har skrevet rapportutkastet.

Svein Stene-Johansen
Prosjektleder

INNHold

	side
Forord	
Sammendrag og konklusjoner	1
1. Innledning	8
DEL I. VURDERING AV TIDLIGERE UTFØRTE TILFØRSELSBEREGNINGER FOR INDRE OSLOFJORD	9
2. Forurensningstilførslene til Indre Oslofjord i 1977-81 og 1986/87	10
2.1 Tilførselsberegninger i NIVA-regi for årene 1977-1981	10
2.2 Tilførselsberegninger i OVA-regi basert på årene 1986 og 1987	13
2.3 Vurdering av tilførselsanalysene	15
DEL II. FORURENSNINGSTILFØRSLER TIL INDRE OSLOFJORD - NYERE BEREGNINGER FOR ÅRENE 1987 OG 1988	21
3. Målte og teoretisk beregnede forurensnings-tilførsler til Indre Oslofjord i 1987 og 1988	22
3.1 Innledning	22
3.2 Målte tilførsler via vassdrag	24
3.3 Målte utslipp fra renseanlegg, sentrale overløp og industri	28
3.4 Tilførsler fra arealer med avrenning utenom de etablerte målestasjonene	33
3.5 Oppsummering av tilførslene	35
4. Diffuse tilførsler fra avløpsnett	37

BILAG 1. Tidligere utførte tilførselsanalyser – beregningsgrunnlag	42
BILAG 2. Nyere tilførselsberegninger for årene 1987 og 1988 – måledata og teoretisk beregningsgrunnlag	53
BILAG 3. Måling av forurensninger i Hovinbekken våren og sommeren 1989	70
Referanser	77

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

DEL I. VURDERING AV TIDLIGERE UTFØRTE TILFØRSELS- BEREGNINGER FOR INDRE OSLOFJORD.

NIVAs tilførselsberegninger på slutten av 70-tallet viser fosfortilførsler til Indre Oslofjord i størrelsesorden 500 tonn P/år. En vesentlig del av dette, ca. 200 tonn P, tilskrives tap fra avløpsnett. Nyere tilførselsanalyser utarbeidet av konsulentfirmaet E. Strømme A/S og Oslo vann- og avløpsverk (OVA) i henholdsvis 1988 og 1989, presenterer langt lavere tall både med hensyn på totaltilførslene og lekkasje- og overløpsbidraget. Det er ikke mulig å sammenligne NIVAs lekkasjetall med Strømmes og OVAs tall da det er benyttet svært forskjellige beregningsmetoder. Tilførselsanalysene viser forøvrig at det samlede utslippet fra avløpsrenseanlegg til Indre Oslofjord, hovedsaklig basert på målinger, er redusert betydelig fra slutten av 70-tallet fram til sent på 80-tallet. Dette kan forklares ved de omfattende tekniske tiltak på avløpsnett som er gjennomført i løpet av 80-årene, med oppstartning av Sentralrenseanlegg Vest (SRV) i 1982/83 som et høydepunkt.

Konklusjoner.

1. NIVAs tilførselsanalyser fra årene 1977-1981 overestimerer fosforlekkasjene med minimum 15% (ca. 30 tonn) ved at det ble benyttet høyere spesifikke produksjonstall for boligavløp enn det som anbefales idag.
2. Igangsetting av SRV og overføring av avløpsvann til VEAS-tunnelen har redusert fosforutslippene til indre Oslofjord med rundt 100-150 tonn P ved at eldre renseanlegg er nedlagt og at rensekapasiteten er vesentlig utvidet.
3. Ved en fornyet gjennomgang av forurensningstilførslene til Indre Oslofjord bør en i størst mulig utstrekning basere seg på målte tilførsler. Ved beregning av tilførsler som ikke lar seg måle direkte, bør det anvendes beregningsmåter som skiller mellom lekkasjer på avløpsnett og utslipp fra regnvannsoverløp.

**DEL II. FORURENSNINGSTILFØRSLENE TIL INDRE OSLOFJORD -
NYERE BEREKNINGER FOR ÅRENE 1987 OG 1988.**

I denne hoveddelen presenteres oppdaterte tall for forurensningstilførslene til Indre Oslofjord. Som basisår er valgt 1987 og 1988. Tabell 0.1 gir en oversikt over disse tilførslene med hensyn på fosfor og nitrogen.

Tabell 0.1 Totale forurensningstilførsler til Indre Oslofjord i 1987 og 1988.

KILDER	Totalfosfor tonn P/år		Totalnitrogen tonn N/år	
	1987	1988	1987	1988
Målte tilførsler:				
● Vassdrag	46 ± 10	48 ± 10	770 ± 150	860 ± 150
● Renseanlegg og større overløp	70 ± 15	74 ± 15	2600 ± 600	2680 ± 600
● Industri	-	-	140 ± 50	190 ± 50
Teoretiske tilførsler:				
● Nedstrøms målestasjoner	19 ± 10	19 ± 10	210 ± 100	210 ± 100
● Direkte på sjøoverflate	8 ± 5	8 ± 5	190 ± 100	190 ± 100
Sum tilførsler	143 ± 40	149 ± 40	3910 ± 1000	4130 ± 1000

Fosfortilførslene ligger i dag i størrelsesorden 150 tonn P/år. Ca. 80% av disse tilførslene er målt, enten som utslipp fra avløpsrenseanlegg eller som massetransport i vassdrag. De største enkelttilførslene som en i dag ikke har tilfredstillende tall for, er Kværneroverløpene. For beregningsåret 1988 kan disse utslippene grovt anslås til maks. 20 tonn P med grunnlag i OVAs anslåtte overløpsmengder samme år på 10 mill. m³.

Tilførslene av nitrogen ligger i størrelsesorden 4000 tonn N/år. Det må imidlertid legges til at det mangler tall for lokale overløpsutslipp nedstrøms vassdragenes målestasjoner samt Kværner-overløpene. Nitrogentilførslene domineres av utslippene fra de to største renselanleggene.

Tilførselstallene for organisk stoff, målt som totalt organisk karbon (TOC), er svært mangelfulle. Det er i dag bare OVA som analyserer for TOC på vassdragsprøver. Dermed foreligger TOC-data bare fra omlag halvparten av vassdragene i Indre Oslofjord. I de øvrige vassdragene

måles organisk stoff fortsatt som KOF-dikromat. Disse to analysemetodene gir forskjellig mål på organisk stoff, og er følgelig ikke direkte sammenlignbare. Det er ikke gjort parallelle målinger av KOF-dikromat og TOC i noen av vassdragene, og det er således heller ikke mulig å konvertere TOC-tall til dikromattall. Av samme grunn er det heller ikke mulig å tallfeste tilførslene av TOC nedstrøms vassdragenes målestasjoner basert på arealspesifikke tilførselskoeffisienter for KOF-dikromat.

Tabell 0.2 Målte tilførsler av organisk stoff ¹ til Indre Oslofjord i 1987 og 1988.

KILDER	T O C tonn C/år	
	1987	1988
● Vassdrag	1400 ± 300	1600 ± 300
● Renseanlegg og større overløp	3800 ± 900	2900 ± 700
Sum tilførsler	5200 ± 1200	4500 ± 1000

1) Organisk stoff målt som totalt organisk karbon (TOC).

I denne rapporten er det lagt spesiell vekt på å framskaffe et bedre grunnlag for beregning av lekkasjebidraget fra avløpsnett, såkalte diffuse tilførsler. En relativt forurenset bekk i Oslo, Hovinbekken, ble i den anledning utpekt som et spesielt interessant studieobjekt. I perioden mai/juni 1989 ble det foretatt flere måleserier under tørrvær i denne resipienten. Hensikten var å måle økningen i forureningstransport på en 4 km lang strekning hvor bekken er lagt i rør. Ved tørrværsavrenning skulle en eventuell transportøkning kunne gi et uttrykk for lekkasjebidraget samt ureglementerte utslipp på denne strekningen.

Konklusjoner.

1. Målingene i Hovinbekken (Oslo) under tørrvær i mai/juni 1989, viste oppsiktsvekkende lave tilførsler av både fosfor og nitrogen fra lekkasjer på avløpsnett eller såkalte diffuse tilførsler. Dette tallmaterialet sammenholdt med andre senere undersøkelser, gir grunn til å tro at NIVAs tilførselstall fra slutten av 70-årene overestimerer lekkasjebidraget.

2. Det bør framskaffes et bredere datagrunnlag for å oppnå sikrere anslag på de diffuse tilførslene. Blant annet bør det utføres ytterligere målinger i Hovinbekken og andre forurensningsbelastede sidebækker i Oslo og nabokommunene. Det anses også som aktuelt å inkludere ulike nedbørsituasjoner. Slike målinger vil i tillegg kunne avsløre bidraget fra overløp og overflate-drenering via overvannsnettet.

Som en videreføring av dette kan det være interessant å vurdere effekten av aktuelle tilførsler til Indre Oslofjord ved studier av blant annet biotilgjengelighet. Det bør også framskaffes materiale som kan bidra til å gi bedre anslag på tilførslene av organisk stoff, målt som totalt organisk karbon (TOC).

Tilførslene fordelt på fjordavsnitt

Tabell 0.3 viser forurensningstilførslene til indre Oslofjord fordelt på ulike fjordavsnitt. Det er idag Vestfjorden som belastes med de største fosfor- og nitrogentilførslene. Størsteparten av disse tilførslene utgjøres av dypvannsutslippet fra SRV. En relativt avstengt del av Vestfjorden, Håhøyfjorden, mottar forholdvis store mengder nitrogen fra Åroselva og Dyno industrier ved Sætre. Vestfjorden utgjør det største av fjordbassengene og er også gunstigst stilt med hensyn til fornyelse av vannmassen. Langt mer betenkelig er tilførslene av fosfor og nitrogen i Indre havn og Bekkelagsbassenget. Disse utgjør relativt små fjordavsnitt med et utstrakt friluftsliv. Indre havn og Bekkelagsbassenget har dessuten direkte vannutveksling med Bunnefjorden, en allerede belastet hovedresipient.

Tabell 0.3 Totale forurensningstilførsler til Indre Oslofjord fordelt på fjordavsnitt.

Fjordavsnitt	Totalfosfor tonn P/år		Totalnitrogen tonn N/år	
	1987	1988	1987	1988
Vestfjorden	47	44	2300	2210
Bårumsbassenget	11	9	210	210
Lysakerfjorden	10	12	90	130
Indre havn	20	42	190	440
Bekkelagsbassenget	39	24	840	820
Bunnefjorden	16	18	280	320
Sum Indre Oslofjord	143	149	3910	4130

FORSLAG TIL TILTAK

De følgende foreslåtte tiltak har til hensikt å bedre overvåkingen av forurensningstilførslene til Indre Oslofjord. Det ligger utenfor prosjektets rammer å foreslå tiltak som kan redusere forurensningene.

Oslo kommune:

For å oppnå en bedre overvåking av tilførslene til Indre havn og Bekkelagsbassenget, foreslås følgende:

1. Kværner-overløpene utstyres med nivå-målere eventuelt vannføringsmålere med overføring av data til Bekkelaget. Adkomsten til overløpene bør bedres.
2. Overløpet foran sandfangene på Bekkelaget utstyres med nivå-måler.
3. Vannføringsmålestasjonene i innløpet og utløpet av Bekkelaget renseanlegg bør forbedres.

Oslo vann- og avløpsverk (OVA) driver kontinuerlig forurensningsovervåking i syv hovedvassdrag, fra Lysakerelva i vest til Ljanselva i øst. Vassdragsmålestasjonene har i dag ukentlig ettersyn. Et av de største problemene knyttet til driften av slike målestasjoner er tilslamming, opphoping av grus samt flytegoods i måleprofilene under flomvannføring. Dette kan forårsake målefeil. For å oppnå nøyaktigere registrering av vannføring foreslås derfor:

1. Hyppigere ettersyn av målestasjoner i de verste flomperiodene, samt hyppigere rutinemessig fjerning av avlagret materiale.
2. Forebyggende tekniske inngrep i Mærradalsbekken og Ljanselva der problemet med oppstuvning av stein og flytegoods i måleprofilet er særlig stort.
3. Målestasjonenes registreringsverk for vannføring utstyres med automatisk omstilling mellom de tre måleområdene.

Røyken kommune:

Røyken kommune har i dag ansvar for drift og vedlikehold av overvåkingsstasjonen i Åroselva. Prøvetakeren er i drift ca. 16 uker i året, og overvåkingsprogrammet skal dekke både flom- og tørrværsvannføring. For Åroselvas målestasjon foreslår NIVA følgende utbedringer:

4. Det bør settes opp et nytt vannmerke som kan tjene som referanse under alle vannføringsforhold.
5. For å etablere en bedre og mer følsom vannføringskarakteristikk ved større vannføringer i Åroselva, foreslås støpt en betongterskel på fjellrabben fra dypeste løp mot østre elvebredd.

Asker kommune:

Asker kommune står for drift og vedlikehold av to overvåkingsstasjoner, en i Askerelva og en i Neselva. I disse vassdragene følges samme overvåkingsprogram som for Åroselva.

6. NIVA foreslår at måleprofilen i Askerelva flyttes til dammen oppstrøms riksvei 267 (Aaby bru). Den nåværende dammkrone får en V-utforming. Nivåmåleren monteres i tilknytning til dammen med overføring av signaler til eksisterende instrumenthus. Prøvetakingsslangen legges direkte fra huset og ned i elva, derved unngås lettere frostproblemer.
7. Målestasjonen i Neselva virker ikke tilfredstilende under flom eller ved høyt tidevann. Stasjonen har derfor kun interesse ved lavvannsføringer, og måleprogrammet må innrettes deretter.

Bærum kommune:

Bærum vann- og kloakkvesen driver i dag kontinuerlig overvåking av Sandvikselva og Øverlandselva. Målestasjonene i disse to vassdragene har ukentlig ettersyn.

8. I Sandvikselva er det avsatt betydelig steinmateriale på nordre elvebredd like oppstrøms målestasjonen. Under flom vil dette materialet stadig være i bevegelse og skape "falsk" oppstuvning, et ustabil måleprofil og en ustabil vannføringskarakteristikk. Steinmaterialet må fjernes rutinemessig eller stabiliseres.

9. Målestasjonen i Øverlandselva bør ha hyppigere tilsyn i de værste flomperiodene. Stein og flytegodt må fjernes rutinemessig.

Oppegård kommune:

Overvåking av Gjersjøelva drives i regi av NIVA i forbindelse med overvåkingsprogrammet for Gjersjøen. Målestasjonen er utstyrt med vannstandsmåler (limnigraf), men registreringene overføres ikke elektronisk til datalogger. Prøvetaking foregår manuelt med en frekvens på ca. 14 ganger i året.

Store deler av året er elva tørrlagt da tilrenningen til Gjersjøen er mindre enn vannforbruket ved Oppegård vannverk.

10. Limnigrafen ved målestasjonen i Gjersjøen bør skiftes ut med vannstandsmåler tilkoblet datalogger. I tillegg bør det monteres automatisk prøvetaker. Instrumenter og øvrig utstyr plasseres i hus tilkoblet elektrisitetsnettet.

Ås kommune:

Overvåkingsstasjonen i utløpet av Årungen har ikke vært i drift siden 1983. Stasjonen var kun utstyrt med limnigraf, og ble den gang drevet i regi av Institutt for georessurs- og forurensningsforskning (GEFO) og Institutt for hydroteknikk ved Norges landbrukshøgskole (NLH).

11. Det foreslås opprettet ny målestasjon og nytt måleprofil ved brukar like nedstrøms utløpet av Årungen.

1. INNLEDNING

I mai 1987 oversendte NIVA et "Programforslag for bedre kvantifisering av tilførsler fra lekkasjer og overløp på ledningsnett og avrenning til Indre Oslofjord" til Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i Indre Oslofjord ved Styringsgruppe 1. Hovedmålet for dette programforslaget var å få mest mulig riktige data for direkte utslipp, lekkasjer og arealavrenning for parametrene total fosfor, totalt nitrogen og organisk stoff. NIVAs programforslag inneholdt følgende tre delundersøkelser:

1. *Analyse av eksisterende tilførsler.*
2. *Resipientmålinger for påvisning av lekkasjebidragets størrelse.*
3. *Nye målinger av tilføringsgrad.*

Programforslaget ble bekreftet som oppdrag i brev av 27. august 1987 fra Per A. Hallberg, formann i Styringsgruppe 1.

Den 1. september 1987 ble sivilingeniør E. Strømme A/S engasjert av Statens forurensningstilsyn (SFT) i regi av Prosjektgruppen for ledningsnett til å utarbeide en delrapport til prosjektet "Ytterligere reduksjon av forurensninger i Indre Oslofjord" (Tiltaksanalysen).

Da prosjektansvarlig på NIVA på et meget senere tidspunkt ble klar over omfanget av Strømmes engasjement, ble arbeidet med NIVA-oppdraget utsatt noe i påvente av Strømmes rapport. Man var blant annet redd for at "Tiltaksanalysen" ville overlape NIVAs undersøkelse. Dette viste seg senere ikke å være tilfelle.

"Tiltaksanalysen" har gitt enkelte bidrag til NIVAs delutredning nr. 1 "Analyse av eksisterende tilførsler", som vi anser som hovedrapport for oppdraget. Den bygger dessuten på de øvrige delutredningene.

NIVAs delutredning nr. 2, "Resipientmålinger for påvisning av lekkasjebidragets størrelse", gikk på innsamling av data for påvisning av lekkasjebidrag og andre diffuse utslipp.

Delutredning nr. 3, "Nye målinger av tilføringsgrad", ble senere utelatt av Styringsgruppe 1 slik at hovedvekten ble lagt på delutredning 1 og 2. Beregnet tilføringsgrad er i enkelte sammenheng benyttet her.

DEL I.

**VURDERING AV TIDLIGERE UTFØRTE TILFØRSELS-
BEREGNINGER FOR INDRE OSLOFJORD.**

2. FORURENSNINGSTILFØRSLENE TIL INDRE OSLOFJORD I 1977-81 OG 1986/87.

I årenes løp er det gitt flere bidrag til kartlegging av forurensningstilførslene via elver, bekker og avløpsnett i Indre Oslofjord. Av spesiell interesse er NIVAs tilførselsanalyse for årene 1977-81 og OVAs beregninger for Oslo kommune, basert på årene 1986 og 1987. Disse analysene er utført henholdsvis like før og etter oppstartingen av SRV i 1982/83.

Dette kapittelet gir en kort beskrivelse av de to tilførselsanalysene, samt en sammenligning og vurdering av analysene med hensyn på beregningsmåte og tilførselstall. En mer detaljert gjennomgang av beregningsmåter og beregningsgrunnlag er gitt i bilag 1.

2.1 TILFØRSELSBEREGNINGER I NIVA-REGI FOR ÅRENE 1977-1981.

NIVAs beregninger ble utført på oppdrag av Fagrådet for kloakk-samarbeide i Indre Oslofjord i 1978, med sikte på å etablere et årlig forurensningsregnskap for indre Oslofjord. Dette arbeidet ble fulgt opp i fem-års perioden 1977 til 1981 med rapportserien: "Forurensningstilførsler til Indre Oslofjord" (Alsaker-Nøstdahl 1979; Alsaker-Nøstdahl & Kristoffersen 1980, 1981; Nicholls & Lindgaard 1982).

I disse rapportene er det stilt opp relativt detaljerte oversikter over teoretisk beregnede forurensningstilførsler fordelt på kilder og ulike forurensningskomponenter. Tabell 2.1 oppsummerer fosfortilførslene i årene 1977-81. Samtlige forurensningskilder bortsett fra et flertall av renseanleggene, er basert på teoretiske beregninger.

Av tabell 2.1 framgår det at de totale fosfortilførslene er beregnet til å ligge i størrelsesorden 500 tonn P/år. De største tilførslene, fra lekkasjer og renseanlegg, ligger begge i underkant av 200 tonn P/år. Lekkasjemengdene er beregnet på bakgrunn av en antatt tilføringsgrad, og varierer noe avhengig av renseanleggenes årlige tilførsler. Av det samlede utslipp fra renseanlegg står Lysaker, Skarpsno, Festningen og Bekkelaget renseanlegg for omlag 75 - 90%.

Tilførslene via avrenningen fra ulike arealtyper samt tilførslene fra spredt bebyggelse og urensset offentlig kloakk, ligger stort sett på samme nivå. Det er de samme tilførsels- og produksjonskoeffisientene som benyttes for hvert av årene.

Tabell 2.1 Fosfortilførsler¹ til Indre Oslofjord fordelt på ulike kilder, tonn P/år.

KILDE	Årstall				
	1977	1978	1979	1980	1981
1. Skog og andre naturområder.	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5
2. Jordbruksarealer.	11.5	10.9	11.2	11.2	11.2
3. Tettstedsarealer ikke tilknyttet renseanlegg.	22.2	15.7	15.5	15.5	15.7
4. Befolkning tilknyttet enkeltanlegg.	13.2	10.1	11.5	11.6	14.5
5. Befolkning tilknyttet urensset off. kloakk.	83.7*	64.0*	46.9	45.6	45.6
6. Industri og ervervelse tilknyttet urensset off. kloakk.	-	-	8.6	10.0	10.0
7. Lekkasje, overløp etc. på kloakknett.	160.0**	205.5	180.7	172.9	171.5
8. Malte utslipp fra renseanlegg.	252.0	177.0	195.6	185.6	189.4
9. Direkte utslipp fra industri til fjorden eller til eiv nedstrøms målepunkt.	25.7	25.7	25.6	25.6	25.6
Sum fosfortilførsler	574.9	515.4	502.1	484.5	490.0

1) Kilde: Alsaker-Nøstdahl (1979); Alsaker-Nøstdahl & Kristoffersen (1980, 1981); Nicholls & Lindgaard (1982).

* Tallene utgjør summen av kildene 5 og 6.

** Det tas utgangspunkt i en teoretisk beregnet fosfortilførsel til renseanleggene på 535 tonn P. Videre forutsettes at 30% av produserte fosformengder lekker ut på vei gjennom oppsamlingsnettene (Alsaker-Nøstdahl 1979).

Direkte utslipp fra industri er satt lik 26 tonn P/år. Dette tallet er basert på konsesjonsopplysninger i SFTs arkiv, og representerer en maksimumsverdi. Det er i hovedsak Elkem Spigerverket A/S som antas å gi det største bidraget (< 22.6 tonn P). Tallet ble ikke justert i det tidsrommet NIVA utførte sine tilførselsanalyser, og er følgelig beheftet med stor usikkerhet.

I NIVAs rapportserie er det også gitt en annen framstilling av forurensningstilførslene. Her skiller det mellom målte og teoretisk beregnede tilførsler, hvor målte tilførsler via vassdragene er inkludert. Tabell 2.2 gjengir denne framstillingsmåten for tre av beregningsårene.

I 1977 forelå tilfredstillende vannføringsdata kun fra de færreste vassdragene. Omfanget av vannkjemiske analysedata var også svært sparsomt. I 1980/81 derimot, var de fleste vassdragene utstyrt med målestasjoner. Det foreligger derfor et større antall vassdragsmålinger mot slutten av fem-års perioden. Når det gjelder renseanlegg med utslipp direkte til fjorden, er de fleste og største utlippene målt. Med unntak av Bekkelaget og Skarpsno renseanlegg er det ikke foretatt målinger av overløpsmengde. I følge tabell 2.2 var omlag halvparten av tilførslene i 1981 basert på målinger.

Tabell 2.2 Målte og teoretisk beregnede fosfortilførsler ¹ til Indre Oslofjord, tonn P/år (%).

TILFØRSEL	Årstall		
	1977*	1978	1981
Vassdrag (målt)	80 (19)	149 (30)	69 (14)
Renseanlegg (målt)	229 (54)	164 (33)	187 (38)
Resterende deler av nedbørfeltet (teoretisk beregnet)	92 (21)	161 (32)	208 (43)
Industri nedstrøms målepkt. (teoretisk beregnet)	26 (6)	26 (5)	26 (5)
SUM	427(100)	500(100)	490(100)

1) Kilde: Alsaker-Nøstdahl (1979); Alsaker-Nøstdahl & Kristoffersen (1980); Nicholls & Lindgaard (1982).

* Lekkasjebidraget fra avløpsnettet er ikke inkludert.

2.2 TILFØRSELSBEREGNINGER I OVA-REGI BASERT PÅ ÅRENE 1986 OG 1987.

Tilførselsanalysen med basisår 1986 og 1987 ble utført som et ledd i OVAs saneringsplan for avløpsnettets i Oslo. Dette arbeidet (Rosland 1989) omfatter hovedsaklig forurensninger produsert i Oslo. Utslipp fra avløpsrenseanleggene Bekkelaget (BRA) og SRV, samt sentrale overløp på avløpstunnelene er tatt med. SRV og BRA mottar også avløpsvann fra kommunene Røyken, Asker og Bærum i vest (SRV) og nordre deler av Oppegård i øst (BRA). Disse tilførselsene er derfor inkludert i det totale forurensningsregnskapet.

Det er i første rekke tatt utgangspunkt i målte tilførsler via Oslos syv hovedvassdrag. Ved hjelp av teoretiske beregninger er det forsøkt å vise hvordan vassdragstransporterte forurensninger fordeler seg på kildenivå. Resultatet er gjengitt i tabell 2.3, der det også framgår hvilke kildekategorier det opereres med.

Målte og teoretisk beregnede tilførsler oppstrøms vassdragenes målestasjoner henger sammen på følgende måte (se forøvrig kolonnen lengst til høyre i tabell 2.3):

1.1	Tørrvæstilførsler målt ved vassdragenes målestasjoner
+	2.1 Lokale overløpsutslipp oppstrøms målestasjoner
+	3.1 Tilførsler fra skog- og jordbruksarealer oppstrøms målestasjoner
+	4.1 Tilførsler fra tettstedsarealer oppstrøms målestasjoner
<hr/>	
=	Målte totaltilførsler ved vassdragenes målestasjoner
±	5.1 Ukjente (andre) tilførselskilder oppstrøms målestasjoner

Ved tørrvæsavrenning transporterer de lokale resipientene forurensninger blant annet som følge av lekkasjer på avløpsnettets. I beregningene er det antatt at disse lekkasjene i hovedsak tilføres via overvannsnettets som utlekket spillvann (separatsystem). Denne typen tilførsler antas videre å utgjøre en grunnbelastning i resipienten, og beregnes som en årlig gjennomsnittlig tørrværstransport på bakgrunn av tørrværsdata ved målestasjonene. Det er valgt å se bort fra eventuelle tørrvæstilførsler fra skog og mark oppstrøms byggesonen.

Under regnvær og i perioder med snøsmelting utsettes resipienten for tilleggsbelastninger i form av forurensninger transportert via overflateavrenningen, overløpsutslipp på avløpsnettets, utspylingseffekter i avløpsrør etc. Hver av disse forurensningskildene beregnes teoretisk under punktene 2, 3, og 4, se tabell 2.3.

Punkt 5.1, de såkalte ukjente tilførselskilder, framkommer som en differans mellom målte tilførsler ved målestasjonene og teoretisk

Tabell 2.3 Målte og teoretisk beregnede fosfortilførsler til Indre Oslofjord fra Oslo (Rosland 1989). Middeltall for årene 1986 og 1987.

TILFØRSELSKILDE		Tilførsler i tonn P/år		
TØRRVÆRS- TILFØRSLER	1.1 ved målestasjon ¹	M ²	7.9	7.9
	1.2 fra overvannsslipp nedstrøms målestasjon	T	1.8	
	1.3 fra overvannsslipp direkte til fjorden	T	0.7	
LOKALE OVERLØP	2.1 til vassdrag oppstrøms målestasjon	T	0.6	0.6
	2.2 til vassdrag nedstrøms målestasjon	T	0.8	
	2.3 direkte til fjorden	T	0.4	
SKOG- OG JORDBRUK	3.1 i vassdrag oppstrøms målestasjon	T	2.1	2.1
	3.2 i øvrige arealer nedstrøms målestasjon	T	0.1	
TETTSTED	4.1 i vassdrag oppstrøms målestasjon	T	3.2	3.2
	4.2 i øvrige arealer nedstrøms målestasjon	T	1.2	
UKJENTE KILDER	5.1 i vassdrag oppstrøms målestasjon	T	4.8	4.8
DIREKTE UTSLIPP	6.1 befolkning og ervervsvirksomhet tilknyttet enkeltanlegg og urensset offentlig kloakk	T	1.3	
RENSE- ANLEGG	7.1 Bekkelaget renseanlegg (BRA)	M	21.1	
	7.2 Sentralrenseanlegg Vest (SRV)	M	24.0	
SENTRALE- OVERLØP	8.1 overløp foran BRA	M	17.4	
	8.2 Bislettbecken og Lysaker overløp	M	4.1	
SUM			91.5	18.6*

1) Gjelder målestasjonene i de syv Oslo-vassdragene Lysakerelva, Mørradalsbekken, Hoffselva, Frognerelva, Akerselva, Loelva (Alna) og Ljanselva.

2) M: basert på målinger; T: basert på teoretiske beregninger.

* Målt årlig fosfortransport i de syv hovedvassdragene.

beregnete tilførsler oppstrøms målestasjonene, se ovenfor. Denne differansen kan både være et uttrykk for en type forurensningskilder som ikke lar seg beregne teoretisk og et uttrykk for underestimert av de teoretisk beregnede kildene.

Punkt 6, direkte utslipp, gjelder ca. 2.100 personekvivalenter innenfor byggesonen som pr. 1. januar 1988 ikke var tilknyttet kommunalt avløpsnett, eller kommunale avløpsledninger ikke tilknyttet renseanlegg.

2.3 VURDERING AV TILFØRSELSANALYSENE.

I det følgende gis en vurdering av NIVAs og OVAs tilførselsberegninger. OVAs tall gjelder i hovedsak forurensninger produsert innenfor Oslo kommune. NIVAs forurensningsregnskap gir en geografisk oppdeling av tilførslene både på vassdrag- og kommunenivå, og gjør det derfor mulig å studere Oslos forurensningsbidrag særskilt. NIVAs tall for beregningsåret 1981 og OVAs middeltall for årene 1986 og 1987 er oppsummert i tabell 2.4. Tallene er avrundet. Det er benyttet tilsvarende kildeinndeling som i NIVAs rapporter.

Tabell 2.4 Forurensningstilførsler fra Oslo - ¹NIVAs og ²OVAs tilførselstall fordelt på ulike kilder (tonn/år).

KILDER	NIVA	OVA	NIVA	OVA
	1981	1986/87	1981	1986/87
	Tot-P		Tot-N	
Skog- og jordbruksarealer	4	2	130	100
Tettstedsarealer	6	4	40	50
Direkte utslipp fra befolkn., industri og ervervsvirksomhet	20	1	100	10
Lekkasje, overløp etc. på kloaknett	150	39	230	240
³ Utslipp fra renseanlegg (målt)	170	38	2700	1900
Utslipp fra industri nedstrøms målepunkt	25	-	0	-
Sum Oslo kommune	375	84	3200	2300

- 1) Tilførselsberegninger for 1981 (Nicholls & Lindgaard 1982).
- 2) Tilførselsberegninger med basisår 1986 og 1987 (Rosland 1989).
- 3) NIVAs tall inkluderer renseanleggene: Eiksmarka, Lysaker, Skarpsno, Festningen og Bekkelaget. OVAs tall inkluderer: Bekkelaget og 70% av SRVs utslipp.

Tallene antyder en dramatisk nedgang i fosfortilførslene fra 1981 til 1986. Dette skyldes vesentlig to forhold:

1. Ulike beregningsmåter og beregningsgrunnlag for de to tilførselsanalysene.
2. Betydningen av de senere års omfattende tiltak for å bedre avløpshåndteringer i Indre Oslofjord.

Overflateavrenning.

Fosfortilførslene via avrenning fra skog- jordbruks- og tettstedsarealer ble av NIVA i 1981 beregnet til å ligge på ca. 10 tonn P/år. OVAs tall for 1986/87 ligger på ca. 6 tonn P/år. Det har ikke skjedd vesentlige endringer i nedbørfeltet som skulle tilsi en slik nedgang. Grunnen til at OVAs tall ligger noe lavere er at OVA benytter en annen beregningsmåte for skog- og jordbruksarealene i Lysakerelva og Akerselvas nedbørfelter. I stedet for spesifikke tall benyttes beregnet massetransport ut av henholdsvis Bogstadvann og Maridalsvann som mål på slike tilførsler. På denne måten tar en hensyn til eventuell tilbakeholdelse av sedimenterbare fosfor- og nitrogenfraksjoner i innsjøbassengene. En slik framgangsmåte kunne også vært anvendt på andre vassdrag, f.eks. Frognerelva (Sognsvann) og Ljanselva (Nøklevann). Disse vassdragenes nedbørfelter er imidlertid så små i forhold at tilbakeholdelsen av fosfor produsert i skog og mark ikke får samme betydning.

Forurensningstilførsler fra arealavrenning utgjør en svært beskjeden andel av totale fosfor- og nitrogentilførsler uansett beregningsmåte. Forskjellene mellom NIVAs og OVAs tall kan derfor anses som relativt uinteressante.

Direkte utslipp fra befolkning.

Beregninger utført av NIVA viser at ca. 20 tonn P og 100 tonn N kan tilskrives denne type utslipp. I følge NIVAs talloppgaver for 1980 var ca. 9.000 personer fra bolig og tilsvarende ca. 40.000 person-ekvivalenter i industri og næringsvirksomhet, tilknyttet urensset offentlig kloakk. Talloppgavene fra OVA viser at det i 1987 gjensto ca. 2.000 personekvivalenter med avløp utenom renseanlegg i områder nedstrøms vassdragenes målestasjoner. De omfattende tiltak på avløpsnettet som er gjennomført i løpet av 80-årene, forklarer derfor langt på veg nedgangen i utslippet fra 1981 (NIVA) til 1986/1987 (OVA).

Utslipet fra Filipstad slamavskiller inngår også i NIVAs beregninger. Dette utslippet ble likeledes sanert da VEAS-tunnelen ble tatt i bruk. Forøvrig kan det tilføyes at NIVA i 1981 benyttet spesifikke tall for forurensningsproduksjon fra bolig på 2,5 g P og 12 g N pr. person og døgn. Det spesifikke tallet for fosfor ligger høyere enn det som anbefales i dag, nemlig 2,0 g P pr. person og døgn ved såkalt 100% tilstedeværelse (Vråle 1987). NIVAs tall er dermed overestimert med ca. 2 tonn P eller rundt 10%.

Lekkasjer og overløp.

Tallene som skal representere lekkasjer, overløp og driftsforstyrrelser på avløpssystemet, antyder en dramatisk nedgang fra 1981 til 1986/87. Dette bør i stor grad ses i sammenheng med de beregningsmetoder som er lagt til grunn for hver av tilførselsanalysene.

NIVAs tall er framkommet som en differans mellom teoretisk produserte avløpsmengder innenfor renseanleggenes rensedistrikt og målte tilførsler til renseanleggene. En slik beregningsmåte gir et uttrykk for hva som forsvinner av forurensninger på tilførselsnettene til renseanleggene.

Den teoretiske delen av regnestykket er forbundet med til dels stor usikkerhet. De spesifikke produksjonstallene for fosfor fra boligavløp, ligger som nevnt noe høyere enn det som anbefales brukt i dag. Dette alene gir en overestimert på ca. 30 tonn P. Et annet moment er prøvetakingsstrategien ved renseanleggene. Det framgår ikke av NIVAs rapportserie hvor renseanleggenes prøvetakingspunkter i innløpet er plassert i forhold til interne overløp og eventuelle returstrømmer fra slamavvanning etc. Slike forhold kan i vesentlig grad påvirke utfallet av beregningene. Bekkelaget og Skarpsno renseanlegg hadde imidlertid sine prøvetakere plassert foran interne overløp. Det foreligger også målinger på overløpsmengdene fra disse to renseanleggene som i 1979 og 1980 utgjorde ca. 30 tonn P/år og ca. 200 tonn N/år.

NIVAs metode gir utover dette ingen mulighet til å skille mellom hva som skyldes lekkasjer, overløp eller andre driftsforstyrrelser. Det er også uvisst hvor stor andel av lekkasjene som når nærmeste resipient. En antar imidlertid at lekkasjene når hovedresipienten urensset, dvs. ingen tilbakeholdelse i grunnen (Nicholls & Lindgaard 1982). På grunnlag av de opplysninger som er gitt er det derfor svært vanskelig å anslå usikkerheten i NIVAs "lekkasjetall".

OVA benytter i sin tilførselsanalyse en helt annen framgangsmåte for å anslå lekkasjer på avløpsnettene og utslipp via overløp. Disse er forsøkt beregnet eller målt særskilt. De ulike bidragene som tilsammen

utgjør OVAs "lekkasjetall" på 39 tonn P/år, er oppsummert i tabell 2.5. Det er også gjort et forsøk på å anslå usikkerheten i tallene.

Tørrværstilførsler oppstrøms målestasjonene er avledet av vassdragsmålingene. Disse tilførslene gir et indirekte mål på lekkasjebidraget i det en antar at tørrværstransporten skyldes utlekket spillvann via overvannsutslippene. Det ses da helt bort fra at tørrværstransporten også har en komponent som er produsert oppstrøms byggesonen. Nedstrøms målestasjonene er det benyttet spesifikke tall for massetransport av forurensninger i overvann under tørrvær. OVAs tilførselsanalyse beregner kun lekkasjer fra to-rørs separatsystem. Lekkasjebidraget fra fellesavløpsnettlet antas å ikke nå nærmeste resipient.

De sentrale overløpsutslippene på VEAS-tunnelen og foran Bekkelaget representerer målte størrelser. Disse overløpsmengdene tilføres hovedresipienten så og si urensset via dypvanns- og overflateutslipp. Sentrale overløp bidrar samtidig med over 50% av de avløpsmengdene som forsvinner på veien fram mot renseanleggene. Lokale overløpsutslipp er høyst sannsynlig underestimert da den teoretiske avløpsmodellen NIVANETT ikke tar hensyn til snøsmelting. Dette gir størst utslag for overløp i ytre deler av byen hvor snøryddingen ikke har samme omfang som i bykjernen. Overløpsutslipp som følge av driftsstans ved kloakkpumpestasjoner er heller ikke tatt med.

De såkalte ukjente kildene er sannsynligvis et uttrykk for underestimert av teoretisk beregnede kilder oppstrøms vassdragenes målestasjoner. I særlig grad antas dette å gjelde lokale overløpsutslipp.

Tabell 2.5 Lekkasjer og overløp i OVAs tilførselsanalyse.

KILDE	1986/87 tonn P/år	Usikkerhet
TØRRVÆRSTILFØRSLER (teor.)		
Oppstrøms målestasjon	8	± 3
Nedstrøms målestasjon	2	± 1
UKJENTE KILDER (teor.)	5	± 3
LOKALE OVERLØP (teor.)	2	± 1
SENTRALE OVERLØP (målt)	22	± 7
SUM	39	± 15

OVA's tilførselsanalyse mangler utslippstall for overløpene ved Kværner Brug A/S. Disse overløpene ligger like oppstrøms avløpstunnelen Kværner-Bekkelaget. Tunnelen har siden ca. 1983 blitt benyttet som fordrøyningsbasseng. Magasinvolmet er relativt lite, ca. 30.000 m³. Det betyr at Kværner-overløpene kan tre i drift ved tilbakestuvning i tunnelen. Overløpsmengdene kan, på bakgrunn av beregnede vannmengder, anslås til å ligge på mellom 10 og 20 tonn P på årsbasis. Hvor store mengder som gikk i overløp ved Kværner før 1983 er uvisst.

Til tross for at Kværner-overløpene ikke er medregnet, ligger OVA's lekkasje- og overløpsbidrag betydelig lavere enn det tallet NIVA opererer med. Forskjellen skyldes i hovedsak at det er benyttet to vidt forskjellige beregningsmåter. Dette gjør at tallene er lite sammenlignbare. Det er derfor ikke mulig å si i hvilken grad tallene uttrykker effekten av de senere års avløpstekniske forbedringer i Oslo.

Renseanlegg.

Utslipp fra renseanlegg er den forurensningskilden som kanskje best beskriver situasjonen før og etter oppstartning av SRV. Samtlige utslipp fra avløpsrenseanlegg bygger på målte verdier.

OVA's tall inkluderer utslipp fra renseanleggene Bekkelaget og SRV. I 1986/87 utgjorde Oslos andel av avløpsvannet behandlet ved SRV ca. 70% eller 86 mill. m³/år. Som en god tilnærming antas det derfor at Oslo kommune stod for 70% av SRV's utslipp til Vestfjorden.

NIVA's tall inkluderer renseanleggene Eiksmarka, Lysaker, Skarpsno, Festningen og Bekkelaget. Disse renseanleggene ble i tur og orden sanert i løpet av 1982 og 1983, og avløpsvannet overført til VEAS-tunnelen. Bekkelaget renseanlegg er i tillegg avlastet ved at ca. 30% av avløpsvannet fra Groruddalen i 1987 ble overført til SRV ved Fagerlia.

SRV opererer i dag med en fosforfjerning på rundt 95%. Det er derfor høyst sannsynlig at reduksjonen i fosfortilførslene er så stor som tallene uttrykker. Nitrogenfjerningen ved eksisterende avløpsanlegg er derimot svært lav. Det kan derfor ikke spores en tilsvarende stor reduksjon i nitrogenutslippet.

Industriutslipp.

I NIVA's beregninger for 1977 (Alsaker-Nøstdahl 1979) heter det om Elkem Spigerverket A/S: "Den fosfatmengde som kan tilføres Akerselven,

er på bakgrunn av vannforbruket beregnet til 22.63 tonn pr. år ut fra standardkrav til metallarbeidende industri. Den aktuelle tilførsel antas å utgjøre mindre enn dette." NIVAs tall bygger derfor på svært usikre anslag.

Flere av industriutslippene i Akerselva og Loelva (Alna) er i dag sanert. I tillegg er også flere industribedrifter nedlagt. Aktuelle gjenværende industriutslipp er i OVAs tilførselsanalyse ikke angitt særskilt. Slike utslipp antas å inngå i målte tilførsler via vassdragene.

Konklusjoner.

1. NIVAs tilførselsanalyser fra årene 1977-1981 overestimerer fosforlekkasjene med minimum 15% (ca. 30 tonn) ved at det ble benyttet høyere spesifikke produksjonstall for boligavløp enn det som anbefales idag.
2. Igangsetting av SRV og overføring av avløpsvann til VEAS-tunnelen har redusert fosforutslippene til indre Oslofjord med rundt 100-150 tonn P ved at eldre renseanlegg er nedlagt og at rensekapasiteten er vesentlig utvidet.
3. Ved en fornyet gjennomgang av forurensningstilførslene til Indre Oslofjord bør en i størst mulig utstrekning basere seg på målte tilførsler. Ved beregning av tilførsler som ikke lar seg måle direkte, bør det anvendes beregningsmåter som skiller mellom lekkasjer på avløpsnett og utslipp fra regnvannsoverløp.

DEL II.**FORURENSNINGSTILFØRSLERNE TIL INDRE OSLOFJORD -
NYERE BEREGNINGER FOR ÅRENE 1987 OG 1988.**

3. MÅLTE OG TEORETISK BEREGNEDE FORURENSNINGS- TILFØRSLER TIL INDRE OSLOFJORD I 1987 OG 1988.

3.1 INNLEDNING.

Dette kapittelet gir en framstilling av forurensningstilførslene til Indre Oslofjord for hvert av årene 1987 og 1988. Med forurensninger menes her tilførsler av fosfor, nitrogen og organisk stoff målt som henholdsvis totalfosfor, totalnitrogen (etter oppslutning med peroksoedisulfat) og totalt organisk karbon (TOC). De fleste og største forurensningsbidragene er målt:

- 13 vassdrag med utløp i Indre Oslofjord.
- 12 avløpsrenseanlegg med utslipp til Indre Oslofjord.
- 2 sentrale overløp på VEAS-tunnelen og 2 i tilknytting til Bekkelaget renseanlegg.
- Ett industriutslipp.

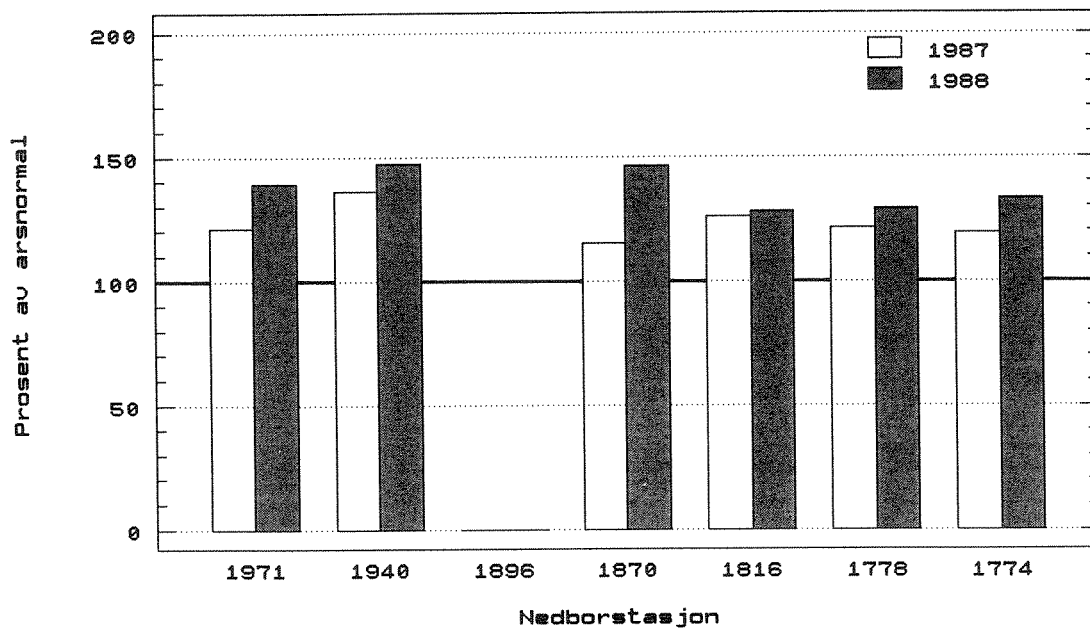
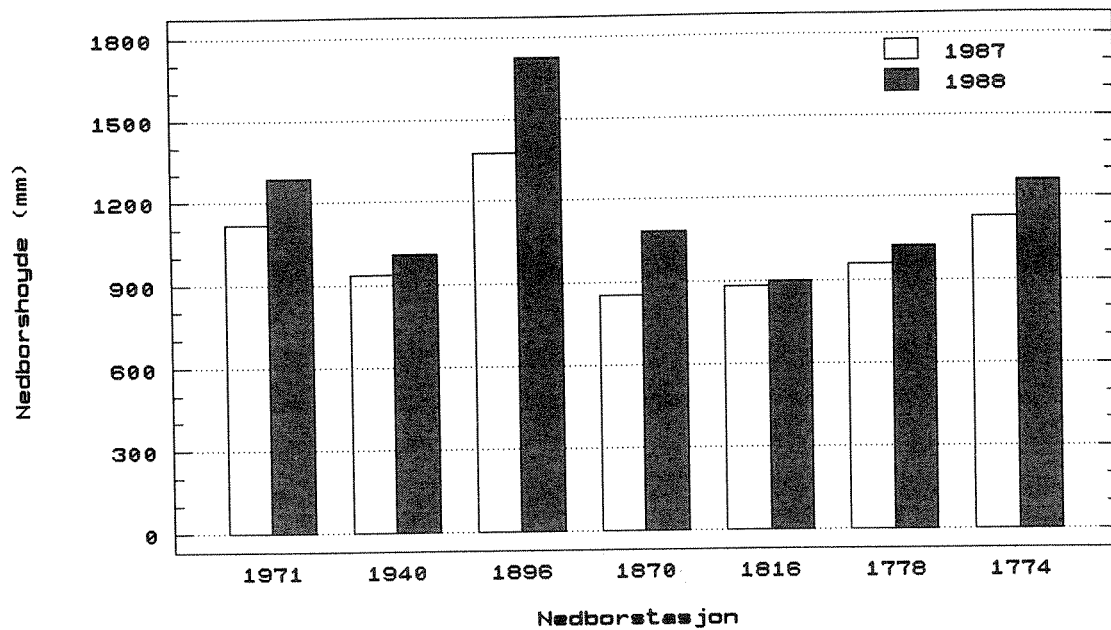
Blandt vassdragene inngår også Hovinbekken som har sitt utløp nedstrøms målestasjonen i Akerselva. Hovinbekken er idag ikke utstyrt med slik målestasjon. Årlig massetransport av fosfor og nitrogen i denne bekken bygger på flere måleserier våren og sommeren 1989.

Følgende forurensningstilførsler fra arealer som drenerer utenom vassdragenes målestasjoner, er basert på teoretiske beregninger:

- Tilførsler via overflateavrenning fra skog-, jordbruks- og tettstedsarealer.
- Direkte utslipp fra befolkning og næringsvirksomhet til vassdrag nedstrøms målestasjon eller til fjorden.
- Lekkasje, overløp og driftsforstyrrelser på avløpsnett.
- Atmosfæriske tilførsler avsatt direkte på sjøoverflaten.

Av disse kildene er det bidraget fra lekkasjer og overløp på avløpsnett det har stått størst diskusjon omkring de seneste årene. I kapittel 4 blir disse tilførslene viet spesiell omtale, særlig på bakgrunn av de målinger som ligger til grunn for tallene som presenteres i denne rapporten.

Basisårene 1987 og 1988 representerer svært nedbørrike år. Årsnedbøren mm og som prosent av årsnormal for syv nedbørstasjoner i Indre Oslofjord, er framstilt i figur 3.1. Det er tydelig at nedbøren begge



Figur 3.1 Årsnedbør i mm og prosent av årsnormal for syv nedbørstasjoner i Indre Oslofjord.

1971=Asker (163 moh.); 1940=Fornebu (10 moh.); 1896=Tryvasshøgda II (514 moh.);
 1870=Blindern (94 moh.); 1816=Nordstrand (114 moh.); 1778=Blekslitjern (104 moh.);
 1774=Drøbak-Ullerud (76 moh.).

årene lå betydelig høyere enn det som tilsvarer et normalår. I denne to-års perioden var det særlig oktober måned 1987 og siste halvdel av august 1988 som utmerket seg med rekordstore nedbørmengder. Disse forholdene har bidratt til høye stofftransporter i flere av vassdragene, samt lengre driftstid for de sentrale overløpene på VEAS-tunnelen. For enkelte av renseanleggene, blant annet Nordre Follo, har nedbøren i perioder også forårsaket driftsproblemer.

De to overløpene på VEAS-tunnelen, Bislettbekken og Lysaker var også i drift i tre tørrværsdøgn sommeren 1988 som en direkte følge av et driftsuhell ved SRV.

Disse faktorene bidrar til at målte forurensningstilførsler i 1987 og 1988 ikke er særlig representative for det en kan kalle et normalår. Tallene gir snarere uttrykk for det som tilføres i år med ugunstige avrenningsforhold. I særlig grad gjelder dette for 1988.

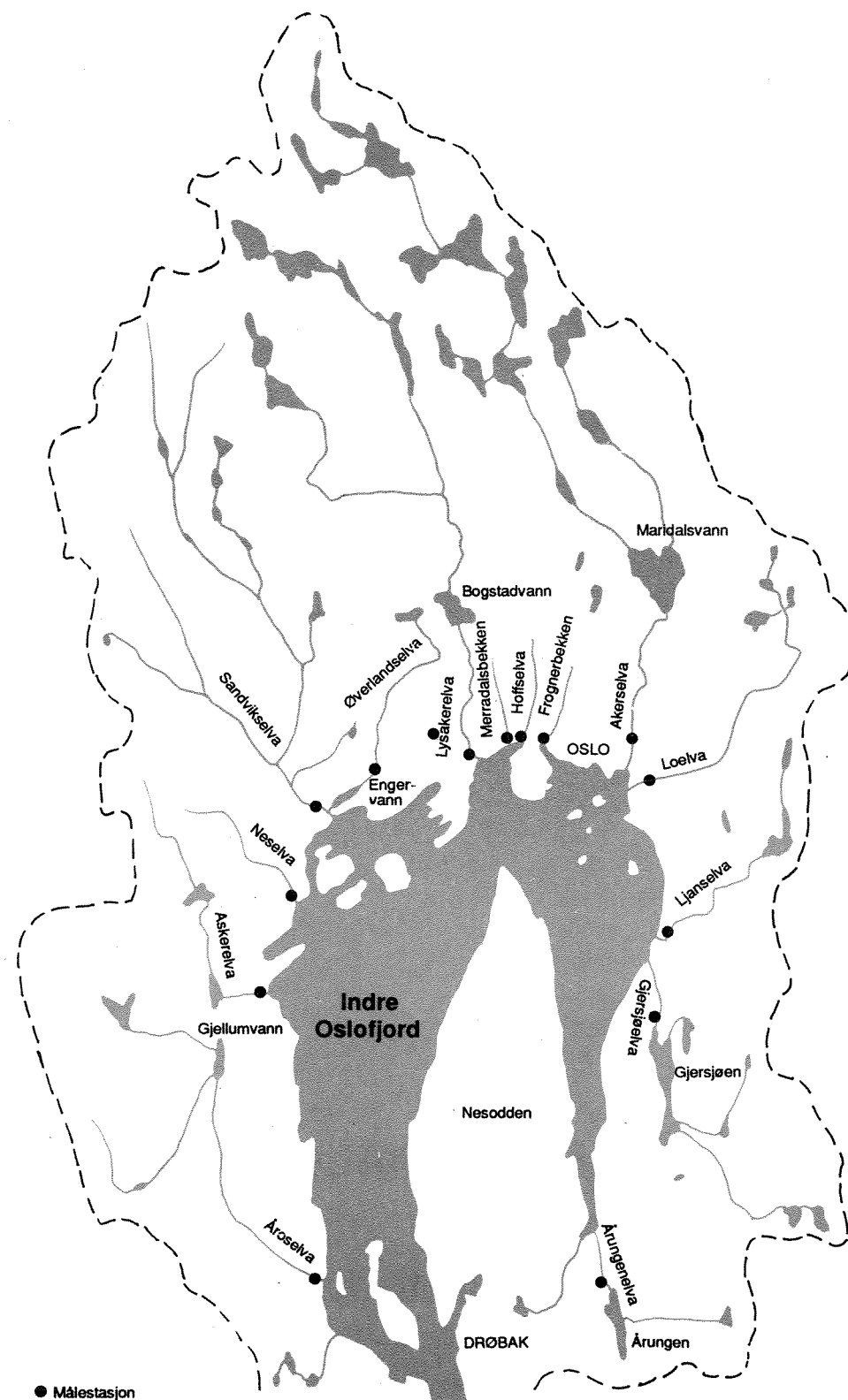
I bilag 2 er det gitt en fullstendig oversikt over vassdragenes og renseanleggenes måleprogram, samt en tabellarisk oversikt over det teoretiske beregningsgrunnlaget for tilførslene nedstrøms vassdragenes målestasjoner. Analyseresultater og målinger i Hovinbekken er oppsummert i eget bilag.

3.2 MÅLTE TILFØRSLER VIA VASSDRAG.

I alt 13 vassdrag med utløp til Indre Oslofjord er i dag utstyrt med permanente målestasjoner, se figur 3.2. Disse målestasjonene har installert instrumenter for blant annet kontinuerlig vannføringsmåling og mengdeproporsjonal prøvetaking. For en mer detaljert gjennomgang av hvert enkelt vassdrag med beskrivelse av de respektive målestasjoner, henvises til egen rapport om vassdragsmålestasjoner (delrapport 1). I hovedrapporten legges størst vekt på å gi en oversikt over vassdragenes stofftransporter. Generelle opplysninger om vassdragene finnes i tabellform i bilag 2.

Prøvetakingshyppigheten i de 13 vassdragene skulle teoretisk sett sikre et godt grunnlag for beregning av årlige forurensningsmengder. Beregningsmåten varierer noe avhengig av prøvetakingsprogrammet. I de fleste vassdragene tas blandprøver over hele året. Massetransporten beregnes da for hver prøvetakingsperiode og summeres over året. I Åroselva, Askerelva, Neselva og Gjersjøelva tas det kun et begrenset antall ukeblandprøver eller stikkprøver fordelt over året. De respektive beregningsmåter framgår av bilag 2.

Den største usikkerheten ved beregning av forurensningstransporter synes å være knyttet til vannføringsmålingene. Kvaliteten på vann-



Figur 3.2 Oversiktskart over Indre Oslofjords nedbørfelt og hovedvassdragene¹ med stasjonsplassering.

1) Målestasjonen i Årungenelva har ikke vært i drift siden 1983.

føringsdata er vurdert i delrapport 1. Prøvetakingsprosedyrene, med valg av prøvetakingspunkt, forbehandling/ konservering og lagring, har stor betydning for analyseresultatet, særlig når det gjelder biologisk omsettbare forbindelser. Forurensningstransporten er imidlertid basert på totalinnholdet av fosfor, nitrogen og organisk karbon. Lagringsforsøk av prøver fra avløpsanlegg viser relativt stabile totalfosfor- og totalnitrogenverdier ved kjølig lagring (Sæther 1988). De fleste målestasjonene har blandprøvebeholderen plassert i kjøleskap, dessuten ligger vassdragsprøver i et mye lavere konsentrasjonsområde enn kloakkprøver. Når det gjelder TOC viser samme undersøkelse at syrekonserverte prøver gir høyere verdier enn lagring uten syretilsetning. Effekten er størst i ufortynnede prøver med lavt TOC-innhold. Hvilken betydning dette har for vassdragsprøver er ikke kjent.

I tillegg til de 13 vassdragene er også Hovinbekken og Årungenelva tatt med i oversikten over forurensningstilførslene. De to vassdragene var ikke gjenstand for målinger i 1987 og 1988. Ved utløpet av Årungen finnes riktignok en målestasjon. Denne har imidlertid vært ute av drift siden 1983. Stofftransporten i Årungenelva er anslått på bakgrunn av tidligere målinger. Tilførslene i Hovinbekken er beregnet på grunnlag av måleserier våren og sommeren 1989. Resultatet av disse målingene er oppsummert i bilag 3. I Hovinbekken har det også vært planer om å opprette en permanent målestasjon.

Tabell 3.1 gir en oversikt over totale forurensningsmengder tilført fjorden via vassdragene i 1987 og 1988. De største bidragene utgjøres av Åroselva, Sandvikselva og Loelva (Alna) både med hensyn på fosfor og nitrogen.

Åroselva transporterer store mengder erosjonsmateriale ved nedbør. De fleste og største innsjøene ligger øverst i vassdraget i Asker kommune. Dette gir liten flomdempning nederst i vassdraget, og vannføringen ved målestasjonen stiger raskt ved nedbør. I Røyken kommune renner Åroselva gjennom jordbruksområder. Det er derfor grunn til å tro at fosfor- og nitrogentransporten for en stor del skyldes erosjonsmateriale fra skog- og jordbruksområdene.

Sandvikselva har et betydelig større nedbørfelt enn Åroselva, men transporterer likevel mindre fosfor. Nitrogentransporten er noe høyere sammenlignet med Åroselva. Størsteparten av nitrogenet skyldes trolig naturlige tilførsler fra skog og mark i form av nitrat.

Loelva (Alna) har sitt nedbørfelt for en stor del beliggende innenfor tettbebyggelse og bystrøk. Fosfortilførslene settes derfor i sammenheng med kloakkpåvirkning. Det er imidlertid et faktum at Loelva transporterer store mengder leirholdig slam som tidvis kan gi et høyt tilskudd av partikulært bundet fosfor (Wold 1988). Langs Loelva finnes

det også flere nedlagte deponier for industriavfall. Hvilken betydning disse har for forurensningstransporten er ukjent. Det bør i tillegg nevnes at Loelva i nedbørrike perioder tilføres avløpsvann nedstrøms målestasjonen fra Kværner-overløpene.

Tabell 3.1 Forurensningstilførsler via elver og bekker i Indre Oslofjord.

VASSDRAG	Totalfosfor		Totalnitrogen		T O C	
	tonn P/år		tonn N/år		tonn C/år	
	1987	1988	1987	1988	1987	1988
Åroselva	9.9	9.6	129	125	-	-
Askerelva	1.2	1.6	52	80	-	-
Neselva	1.1	0.9	37	27	-	-
Sandvikselva	7.7	5.6	174	164	-	-
Øverlandselva	1.7	1.5	28	30	-	-
Lysakerelva	2.6	3.2	38	71	398	622
Mærradalsbekken	0.5	1.2	7	12	17	28
Hoffselva	1.7	1.4	15	15	54	49
Frognerelva	2.2	2.0	24	28	68	87
Akerselva	4.0	3.9	56	45	578	340
Hovinbekken	0.9	1.3	6	8	-	-
Loelva (Alna)	5.8	8.3	69	86	198	291
Ljanselva	1.5	2.5	22	46	118	228
Gjersjøelva	0.7	0.6	32	39	-	-
Årungenelva	4.0	4.0	80	80	-	-
Sum vassdrag	45.5	47.6	769	856	1431	1645

Akerselva har det desidert største nedbørfeltet av samtlige vassdrag med utløp i Indre Oslofjord. I Maridalsvannet tas årlig ut ca. 100 mill. m³ til drikkevannsforsyningen i Oslo. Dette plasserer Akerselva på topp også når det gjelder grad av regulering, med en regulert minstevannføring på 1000 l/s. Forurensningsmessig er Akerselva sammen med Lysakerelva den "reneste" av Oslos syv hovedvassdrag. Det største problemet i dag synes å være akuttutslipp fra industri som ved flere anledninger har hatt katastrofale konsekvenser både for fisk og fuglelivet i elva. Det er også et faktum at Akerselva har noe tilførsler av kloakk nedstrøms målestasjonen.

De to sydligste vassdragene med utløp til Bunnefjorden, Gjersjøelva og Årungenelva, viser svært ulik fosfor- og nitrogentransport. Dette skyldes flere forhold. I Gjersjøen skjer en betydelig tilbakeholdelse

av fosfor og nitrogen som i 1987 ble beregnet til henholdsvis 86 og 66 prosent (Faafeng & Løvik 1988). I tillegg forårsaker uttappingen av vann via vannverket at Gjersjøelva periodevis er tørrlagt. Årungenelva er i langt større grad jordbrukspåvirket. I tillegg kommer at Årungen som en hyper-eutrof innsjø med interne gjødslingseffekter, har en lav tilbakeholdelse av fosfor og nitrogen. For begge vassdrag gjelder forøvrig at transporten av erosjonsmateriale kan bli spesielt høy under høstflom.

Totalt organisk karbon (TOC) måles kun i Oslos syv hovedvassdrag. Denne parameteren ble innført i 1986 som erstatning for KOF-analysen. Ved Bærum vann- og kloakkvesens laboratorium på Løxa benyttes fortsatt KOF-dikromat på vassdragsprøver. For Gjersjøelvas vedkommende uttrykkes innholdet av organisk stoff som differansen mellom totalt tørrstoff og uorganisk tørrstoff (gløderest). I Åroselva og Årungenelva foreligger ikke målinger av organisk stoff i 1987 og 1988.

Det er i dag ikke påvist noen entydig sammenheng mellom KOF- og TOC-innhold. Dette forholdet varierer sterkt avhengig av utslippstype/vannkvalitet. Det er derfor ikke grunnlag for å regne om KOF-verdier til TOC.

For Oslo-vassdragenes vedkommende viser tilførslene av TOC store variasjoner fra 1987 til 1988. Målestasjonen i Lysakerelva ble satt ut av drift under oktoberflommen i 1987, slik at en mistet verdifulle flomdata. Dette forklarer den store økningen i TOC-transport fra 1987 til 1988. En tilsvarende nedgang i Akerselva kan ha sammenheng med reguleringseffekter.

3.3 MÅLTE UTSLIPP FRA RENSEANLEGG, SENTRALE OVERLØP OG INDUSTRI

Avløpsvannet fra de vestlige deler av Oslo transporteres gjennom en avløpstunnel til SRV beliggende ved Bjerkåsen i Asker. Sammen med avløpsvann fra kommunene Asker, Bærum og deler av Røyken gjennomgår det en mekanisk og kjemisk renseprosess. Det eksisterer ikke noe overløp i tilknytning til renseanlegget. De to overløpene på det vestlige tunnelsystemet er begge lokalisert i Oslo. Ett ligger i Bislettbekkens gamle utløp, det andre har utløp på Lysaker.

Avløpsvannet fra østlige deler av Oslo transporteres til Bekkelaget renseanlegg (BRA). Her renses avløpsvannet i et mekanisk, kjemisk og biologisk rensetrinn (forfelling). Renseanlegget er også utstyrt med et overløp like foran sandfangene. I tillegg er det tre større overløp ved Kværner i Lodalen som kan tre i funksjon ved oppstuvning i avløpstunnelen Kværner-Bekkelaget. Overløpsledningene føres til Loelv-tunnelen.

Ved Fagerlia er det anlagt en fordelingsstasjon som kan fordele avløpsvannet fra Groruddalen mellom Bekkelaget og SRV ved hjelp av lukestyring. I dag overføres 70% av avløpsvannet til VEAS-tunnelen ved en fast innstilling av luka.

Totaltilførslene av fosfor, nitrogen og organisk stoff fra 12 avløpsrenseanlegg og 4 sentrale overløp i årene 1987 og 1988 er vist i tabell 3.2. I disse årene hadde Bekkelaget renseanlegg og SRV omtrent like store utslipp av fosfor, til tross for at SRV mottok over tre ganger så mye avløpsvann. Dette har flere årsaker. Blant annet hadde SRV en fosforfjerning i 1988 på gjennomsnittlig 95% eksklusive overløp mot 85% for Bekkelaget. SRV mottar dessuten avløpsvann med lavere fosforinnhold enn Bekkelaget. Gjennomsnittskonsentrasjonen inn på anleggene lå i 1988 på henholdsvis 2,9 og 3,3 mg P/l.

Rensegraden med hensyn på nitrogen er svært lav for begge anleggene. Bare mellom 15 og 20% av det tilførte nitrogenet ble holdt tilbake i 1987 og 1988. Innløpskonsentrasjonen av nitrogen ved SRV lå betydelig lavere enn ved Bekkelaget i 1988, henholdsvis 14 og 25 mg N/l.

De to renseanleggene er langt mer effektive når det gjelder fjerning av organisk stoff, målt som totalt organisk karbon (TOC). Rensegraden ligger her på over 60% for begge anleggene eksklusive overløp.

Tabell 3.2 Forurensninger fra renseanlegg, sentrale overløp og industri med utslipp til Indre Oslofjord.

RENSEANLEGG/ OVERLØP	Totalfosfor tonn P/år		Totalnitrogen tonn N/år		T O C tonn C/år	
	1987	1988	1987	1988	1987	1988
B R A	19.1	17.1	736	728	942	816
S R V	22.0	19.4	1750	1587	2360	1820
Andre renseanlegg	3.3	3.4	-	-	130	113
Kværner overl. ¹	-	~ 18.0	-	~ 240	-	-
Bekkelaget overl.	18.7	5.9	109	80	149	23
Bislettbekken og Lysaker overl.	7.0	10.6	-	43	205	140
Dyno, Sætre	-	-	140	190	-	-
Sum utslipp	70.1	74.4	2735	2868	3786	2912

1) Anslått vannføring i 1988: 10 mill. m³.

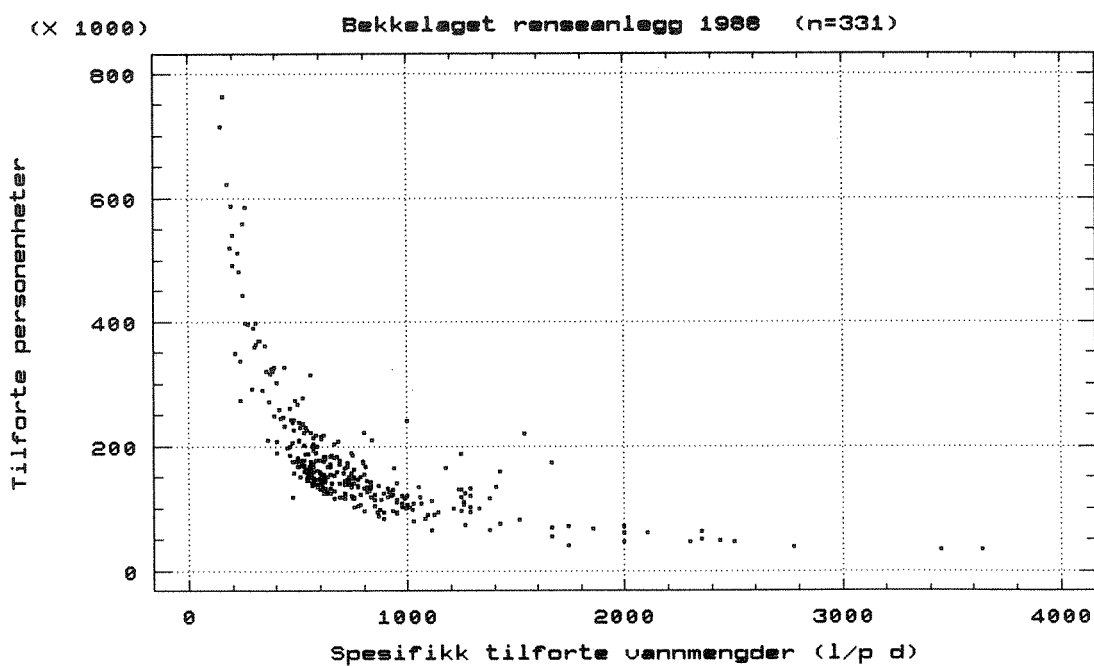
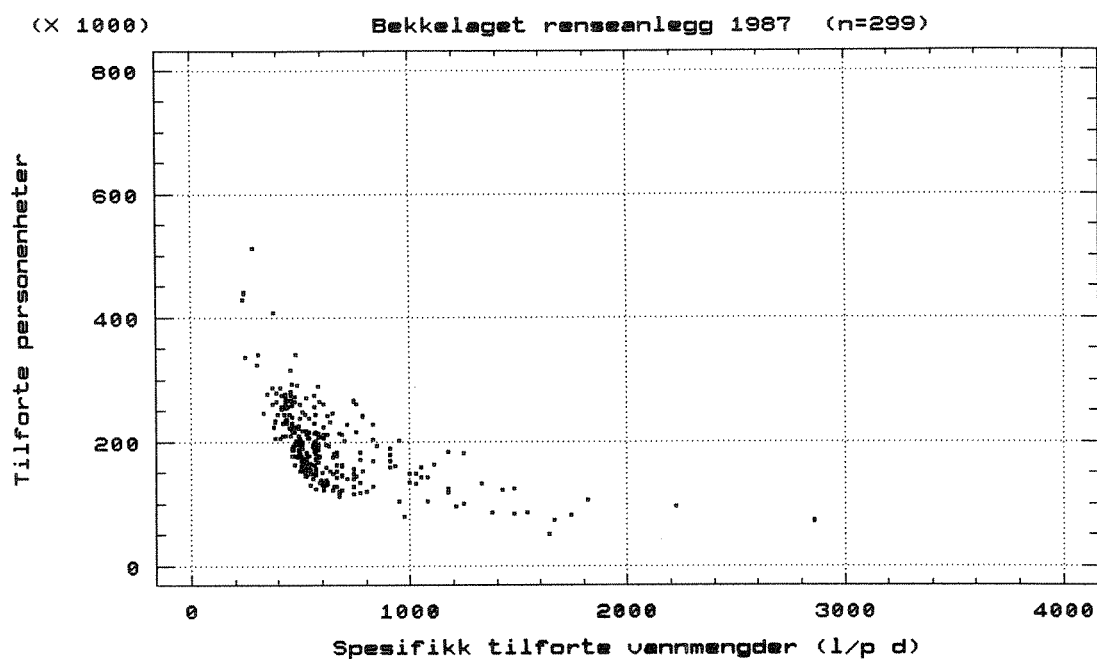
De øvrige 10 avløpsrenseanleggene utgjøres av relativt små enheter sammenlignet med Bekkelaget og SRV. Utslippene av rensset avløpsvann er tilsvarende små, og domineres av utslippet fra Nordre Follo kloakkrenseanlegg som i 1987 og 1988 lå på henholdsvis 2,4 og 2,2 tonn P. Overløpsmengdene ved disse mindre rensesanleggene er ikke målt. For en mer detaljert oversikt over rensesanleggenes størrelse og utslipp henvises til tabellverket i bilag 2.

Ser en på fosfortilførslene tilbake til 1984, året etter at SRV var i normal drift, er det klart at den totale belastningen på fjorden fra de største rensesanleggene og overløpene har avtatt betydelig, se tabell 3.3. Utslippene av fosfor fra SRV og Bekkelaget har avtatt jevnt i takt med økt rensesgrad og avlastning av Bekkelaget rensesanlegg. Det mest iøynefallende er likevel den dramatiske nedgangen i overløpsmengdene foran Bekkelaget. Dette synes å stride mot det en har målt i overløpene på VEAS-tunnelen der utslippene har økt de to siste årene som følge av større nedbørmengder. Noe av årsaken til dette kan spores i økt overføring av avløpsvann ved Fagerlia fordelingsstasjon.

Tabell 3.3 Fosfortilførsler til Indre Oslofjord fra rensesanlegg og sentrale overløp i perioden 1984 - 1988.

KILDE	Utslipp i tonn P/år				
	1984	1985	1986	1987	1988
B R A	41.1	31.0	23.0	19.1	17.1
S R V	34.0	26.0	26.0	22.0	19.4
Bekkelaget overløp	33.2	42.8	16.2	18.7	5.9
VEAS overløp	2.3	1.5	1.2	7.0	10.6
Sum utslipp	110.6	101.3	66.4	66.8	53.0

I figur 3.3 er antall tilførte personenheter ved Bekkelaget rensesanlegg plottet som funksjon av spesifikk tilførte vannmengder for årene 1987 og 1988. Det er tatt utgangspunkt i målte vannmengder og fosforkonsentrasjoner inn på anlegget inklusive overløp, og en spesifikk forurensningsproduksjon på 2,0 g P/person og døgn. Middelerdien av antall tilførte personenheter beregnet på denne måten, lå i 1987 og 1988 på henholdsvis 193.000 og 174.000. Bekkelaget rensesanlegg har i dag en tilknytting på 271.000 personer eksklusive personekvivalenter (pe) fra industri og erverv (Strømme 1988a). OVA opererer med et noe lavere tall på 235.000 personer (Moland 1988). Over 80% av dagene i 1987 og 1988 hadde rensesanlegget et beregnet antall tilførte person-



Figur 3.3 Tilførte personenheter* som funksjon av spesifikk tilførte vannmengder ved Bekkelaget renseanlegg i 1987 og 1988.

* Beregnet på grunnlag av 2,0 g P/p·d.

enheter som lå lavere enn Strømmes tall. Figur 3.3 antyder derfor at en større andel av produserte forurensninger ikke når fram til anlegget når tilrenning øker.

Siden forurensningstapet er størst ved økende tilrenning, er det grunn til å tro at større mengder produserte forurensninger fra blant annet boliger forsvinner ut av systemet via overløpene. De største av disse er Kværner-overløpene, som kan gi til dels betydelige forurensningstap under gitte nedbørsituasjoner.

Siden 1983 har avløpstunnelen Kværner-Bekkelaget vært benyttet som fordrøyningsmagasin under nedbør. Ved oppstuvning i tunnelen kan vannnivået overstige overløpsterskelen ved Kværner like oppstrøms avløpstunnelen. Det foreligger ingen direkte målinger på disse overløpsmengdene. Det er også uvisst hvordan fordrøyningskapasiteten i avløpstunnelen har vært utnyttet i løpet av disse årene. OVA anslår selv overløpsmengdene ved Kværner i 1988 til 10 mill. m³ ± 50% (Wold 1989). Dette er ca. tre ganger mer enn det som gikk i overløp ved Bekkelaget renseanlegg samme år. Dersom en antar samme fortykning ved Kværner som i overløpet foran sandfangene ved Bekkelaget, blir utslippet fra Kværner-overløpene i størrelsesorden 18 tonn P og 240 tonn N i 1988.

Våren 1989 ble det foretatt flere befaringer i Kværner-overløpene. Ved inspeksjonene i forbindelse med snøsmelting og regnvær den 14. mars samt 12., 13. og 14. april, var hovedoverløpet ved Kværner i drift.

Et annet viktig moment som må poengteres, er den betydningen vannføringsmålingene har for beregning av stofftransporter inn og ut av renseanleggene. De hydrauliske strømningsforholdene i innløpskanalen ved Bekkelaget er til tider lite tilfredstillende for mengdemålinger. Overløpet foran sandfangene er plassert like nedstrøms måleprofilen i utløpskanalen. Når overløpet er i drift, vil overløpsvannet "bremse" vannstrømmen ut av anlegget og skape falsk oppstuvning i måleprofilen. Ved Fagerlia fordelingsstasjon har en også de samme problemene med turbulente vannstrømmer i måleprofilene. Disse faktorene bidrar til å øke usikkerheten i de tallene en opererer med i utslippssammenheng.

Forslag til tiltak:

For å oppnå en bedre overvåking av blant annet Kværner-overløpene, og ikke minst begrense utslippene av urensset kloakk herfra, foreslås følgende:

1. Kværner-overløpene utstyres med nivå-målere eventuelt vannføringsmålere med overføring av data til Bekkelaget. Adkomsten

til overløpene bør bedres.

2. Overløpet foran sandfangene på Bekkelaget utstyres med nivåmåler.
3. Vannføringsmålingene i innløpet og utløpet av Bekkelaget renseanlegg bør forbedres. Eventuelt bør en foreta hyppigere kalibreringer av måleprofilene.

3.4 TILFØRSLER FRA AREALER MED AVRENNING UTENOM DE ETABLERTE MÅLESTASJONENE.

Nedbørfeltet til Indre Oslofjord har et flateinnhold på omlag 1560 km² dersom en inkluderer et sjøareal på ca. 190 km². Rundt 30% av dette arealet har i dag en naturlig drenering til vassdragene nedstrøms målestasjonene, eller direkte til fjorden utenom vassdragene. Tilførslene herfra registreres dermed ikke i noe overvåkingsprogram. I stedet er det benyttet teoretiske beregningsmåter for å tallfeste tilførslene fra følgende forurensningskilder:

- *Arealavrenning (overflatedrenering)*
- *Befolkning ikke tilknyttet offentlig kloakk*
- *Avløpsnett (overløp og lekkasjer)*
- *Atmosfæriske tilførsler avsatt direkte på sjøoverflaten*

Det teoretiske beregningsgrunnlaget er framstilt mer detaljert i tabellform i bilag 2. Tabell 3.4 oppsummerer tilførslene nedstrøms vassdragenes målestasjoner fordelt på forurensningskilder.

Over 60% av arealene nedstrøms vassdragenes målestasjoner er dekket av skog, mens ca. 30% er tettbebyggelse eller bystrøk. Skogområdene er konsentrert til de sydligste deler, først og fremst Nesoddlandet. De nordligste delene utgjøres hovedsaklig av tettstedsarealer innbefattet sentrumsstrøkene av Oslo. Tilførslene av forurensninger via overflateavrenningen fra disse arealtypene er relativt beskjedne. Tettstedsarealene gir det største bidraget med hensyn på fosfor, mens jordbruket står for den største nitrogentilførselen.

Tilførslene fra befolkning og næringsvirksomhet er også svært små. I dag gjenstår ca. 8000 PE (personer + pe) i disse områdene som enten ikke er tilknyttet offentlig kloakk eller offentlig kloaknett ikke tilknyttet renseanlegg. Av disse er ca. 3500 PE tilknyttet slamavskiller (enkeltanlegg). I Oslo gjenstår sanering av kloakkutslipp tilsvarende ca. 2000 PE. Disse utslippene er hovedsaklig lokalisert nedstrøms Akerselvas og Loelvas målestasjoner.

Tabell 3.4 Forurensningstilførsler til Indre Oslofjord fra arealer nedstrøms vassdragenes målestasjoner.

FORURENSNINGSKILDE	Tot-P tonn/år	Tot-N
Nedstrøms målestasjoner:		
Skogsarealer	1.0	32
Jordbruksarealer	1.9	92
Tettstedsarealer ¹	4.8	34
Befolkning - enkeltanlegg ²	1.3	8
Befolkning - direkte utslipp	3.2	19
Avløpsnett - overløpsutslipp	1.3	-
Avløpsnett - lekkasjer	5.4	28
Direkte på sjøoverflate:	7.7	192
Sum tilførsler	26.6	405

1) Areal separatsystem

2) Det antas at kun 50% når nærmeste resipient.

Lokale overløpsutslipp bidrar med 1,3 tonn P/år, noe som synes meget lavt. Beregningene er gjort ved hjelp av NIVANETT-modellen (Strømme 1988b), og er kun utført for Oslo kommune. NIVANETT-modellen gjør bruk av modellregn (hyetogrammer) for å simulere årsnedbøren. Overløpsberegninger basert på hyetogrammer gir ca. 0-25% høyere overløpsmengder i forhold til tidsseriemetoden, en metode basert på historiske regndata (Lindholm 1988). Modellregnene er imidlertid basert på nedbørmålinger i sesongen 1. mai til 1. november. Avrenning i mildværsperioder om vinteren og under snøsmelting om våren inngår derfor ikke i denne avløpsmodellen. De fleste overløpene nedstrøms vassdragenes målestasjoner ligger innenfor bykjernen hvor det foretas jevnlig snørydding. Snøsmeltingen om våren blir dermed minimal.

Inngangsdataene i NIVANETT-modellen tar ikke hensyn til at videreført vannmengde øker også etter at grensevannføringen for overløpet er nådd. Avløpsmodellen tenderer derfor mot å overestimere overløpsmengdene.

NIVANETT-modellen beregner ikke overløpsutslipp som følge av driftsstans i kloakkpumpestasjoner eller kloakkstopper på avløpsnettet. Den relativt høye tekniske standarden på pumpestasjonene kombinert med dagens tilsynshyppighet, gjør at disse forurensningsbidragene anses som uvesentlige for fjorden (hovedresipienten).

Størstedelen av avløpsnettet i de øvrige kommunene i Indre Oslofjord er lagt som to-rørs separatsystem. Det betyr at de fleste overløpene

nedstrøms vassdragsmålestasjonene er lokalisert innenfor Oslos grenser. I rapporten "Tiltak på ledningsnettet" (Strømme 1988a), oppgis overløp mengdene til fjorden utenom vassdragene til 2 tonn P/år.

Beregningsgrunnlaget for lekkasjer eller diffuse tilførsler fra avløpsnettet er omtalt nærmere i kapittel 4. Denne type forurensnings-tilførsler kan anses som svært beskjedne.

3.5 OPPSUMMERING AV TILFØRSLENE.

Forurensningstilførslene til Indre Oslofjord i 1987 og 1988 med hensyn på totalfosfor og totalnitrogen, er oppsummert i tabell 3.5. Av de to forurensningskomponentene er det fosfortallet som gir det mest fullstendige bilde av tilførslene til fjorden.

Av tabellen framgår at fosfortilførslene i dag ligger i størrelsesorden 150 tonn P/år. Ca. 80% av disse tilførslene er målt, enten som utslipp fra avløpsrensning eller som massetransport i vassdrag. Den resterende andel fosfortilførsler, ca. 30 tonn P/år, stammer fra arealer tilsvarende 1/5 av Indre Oslofjords totale nedbørfelt. Det desidert største enkeltutslippet som en i dag ikke har tilfredsstillende tall for, er Kværner-overløpene. Disse utslippene anslås å ligge på ca. 20 tonn P/år, og tilføres de indre fjorbassenger urensset via Loelva, en allerede belastet hovedresipient.

Tabell 3.5 Totale forurensningstilførsler til Indre Oslofjord i 1987 og 1988.

KILDER	Totalfosfor tonn P/år		Totalnitrogen tonn N/år	
	1987	1988	1987	1988
Målte tilførsler:				
● Vassdrag	46 ± 10	48 ± 10	770 ± 150	860 ± 150
● Renseanlegg og større overløp	70 ± 15	74 ± 15	2600 ± 600	2680 ± 600
● Industri	-	-	140 ± 50	190 ± 50
Teoretiske tilførsler:				
● Nedstrøms målestasjoner	19 ± 10	19 ± 10	210 ± 100	210 ± 100
● Direkte på sjøoverflate	8 ± 5	8 ± 5	190 ± 100	190 ± 100
Sum tilførsler	143 ± 40	149 ± 40	3770 ± 1000	3940 ± 1000

1) Tilførslene i Hovinbekken og Årungenelva er beregnet på grunnlag av målinger foretatt i henholdsvis 1989 og tidsrommet 1977-79.

Tilførslene av nitrogen til Indre Oslofjord ligger sannsynligvis opp mot 4000 tonn N/år. Dette begrunnes med at en mangler tall for lokale overløpsutslipp nedstrøms vassdragenes målestasjoner samt Kvarner-overløpene. Tilførslene domineres av utslippene fra de to største rensesanleggene, Bekkelaget og SRV. Disse har i dag en svært lav rensesgrad med hensyn på nitrogen. Bare mellom 15 og 20% av nitrogenet fjernes i rensesprosessene.

Tilførselstallene for organisk stoff, målt som TOC, er svært mangelfulle. Det er i dag bare OVA som analyserer for TOC på vassdragsprøver. Dermed foreligger TOC-data bare fra omlag halvparten av vassdragene i Indre Oslofjord. I de øvrige vassdragene måles organisk stoff fortsatt som KOF-dikromat.

NIVA utfører i dag, på oppdrag av SFT, analyser av ulike typer avløpsvann for å undersøke sammenhengen mellom parametrene TOC, KOF og BOF₇. Foreløpige resultater tyder på at det er mulig å finne gyldige omregningsfaktorer, men at disse er spesifikt knyttet til vanntypen. Noen entydig sammenheng finnes altså ikke (Hovind, pers. med. 1989).

Det er ikke gjort parallelle målinger av KOF-dikromat og TOC i noen av vassdragene, og det er derfor ikke grunnlag for å konvertere TOC-tall til dikromattall. Av samme grunn er det heller ikke mulig å tallfeste tilførslene av TOC nedstrøms vassdragenes målestasjoner basert på arealspesifikke tilførselskoeffisienter for KOF-dikromat.

Tabell 3.6 Målte tilførsler av organisk stoff¹ til Indre Oslofjord i 1987 og 1988.

KILDER	T O C tonn C/år	
	1987	1988
● Vassdrag	1400 ± 300	1600 ± 300
● Renselanlegg og større overløp	3800 ± 900	2900 ± 700
Sum tilførsler	5200 ± 1200	4500 ± 1000

1) Organisk stoff målt som totalt organisk karbon (TOC).

4. DIFFUSE TILFØRSLER FRA AVLØPSNETTET

I beregningene og diskusjonene omkring forurensningstilførslene til Indre Oslofjord har det til dels oppstått motstridende synspunkter vedrørende såkalte diffuse tilførsler. Med diffuse tilførsler fra avløpsnettets forstås lekkasjer som følge av utette skjøter, sprekkdannelser eller ledningsbrudd, der avløpsvannet ledes ut i grunnen. I områder med to-rørs separatsystem kan utlekket spillvann trenge inn i underliggende overvannsledning og skape forurensninger. I tillegg kommer overløpsutslipp og ukontrollerte utslipp som kloakkstopper og feilkoblinger, der avløpsvannet føres direkte til nærmeste resipient via overløp eller overvannsutslipp.

NIVA har i sine tilførselsberegninger for årene 1977-81 beregnet renseanleggenes tilføringsgrad. Dette gir samtidig et uttrykk for hvor store mengder forurensning som forsvinner ut av avløpsnettets på vei fram mot renseanlegget. Metoden gir ikke svar på hvor store tap som skyldes lekkasjer. Det blir dermed problematisk å beregne hvor stor andel av tapet fra ledningsnettets som når nærmeste resipient, det være seg fjorden eller vassdrag direkte.

Tabell 4.1 gir en oversikt over hvilke tall en tidligere har operert med på disse tapsfaktorene. Det er benyttet til dels vidt forskjellige beregningsmåter. Tallene er derfor i liten grad sammenlignbare.

Tabell 4.1 Overløp og diffuse tilførsler til Indre Oslofjord - en sammenstilling av tall for fire tilførselsanalyser.

Utført av	Beregnings- år	Tot-P tonn/år	Tot-N tonn/år
NIVA	1981	170	480
Strømme ¹	1986	25	180
OVA ²	1986/87	40	240
NIVA	1988	50	440

1) Større overløp på avløpstunnelene er ikke medregnet.

2) Gjelder kun tilførslene fra Oslo kommune.

Strømme har i sin rapport: "Tiltak på ledningsnett" (Strømme 1988a), beregnet de årlige fosforlekkasjene fra avløpsnettets til 107 tonn P.

Av dette tilføres fjorden 17 tonn P. De antar som et gjennomsnitt at 30% P, 40% N og 60% C som lekker ut fra to-rørs separatsystem, vil holdes tilbake i grunnen. For fellessystemet regner de en tilbakeholdelse på henholdsvis 95, 85 og 90%. Strømme støtter seg til undersøkelser utført av OVA og GEFO.

OVA har i dag det syn at diffuse tilførsler til resipienten kun skjer ved lekkasjer fra spillvannsledning ned i underliggende overvannsledning (to-rørs separatsystem). De har anslått bidraget fra ledningsnettets til ca. 10 tonn P/år. OVA hevder dessuten at lekkasjer fra fellessystem ikke når nærmeste resipient.

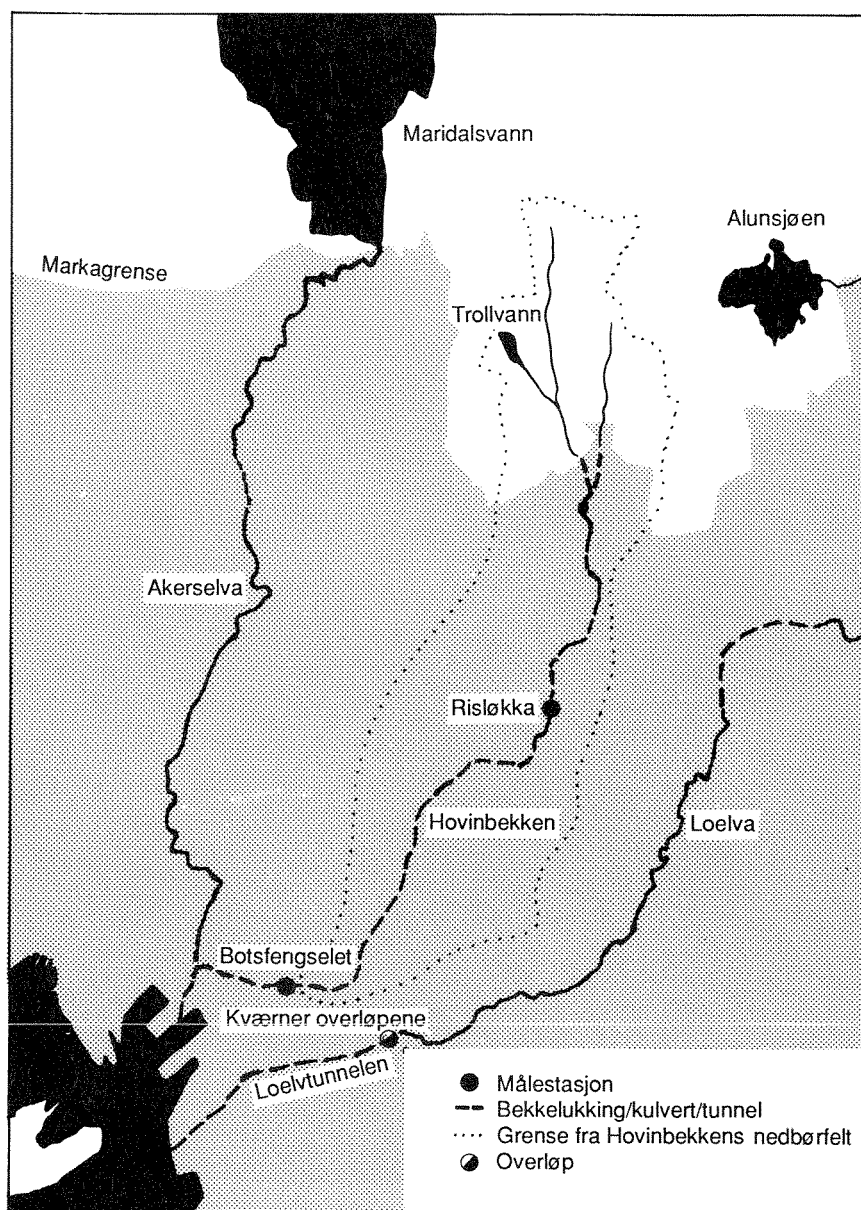
GEFO har foretatt undersøkelser av fosforlekkasjer fra avløpsledninger i Oslo, blant annet langs Lysakerelva (Østeraas 1986) og i området Smestad - Skådalen (Køhler 1986). Det ble på grunnlag av analyserte jordprøver fastslått at lekkasjer fra avløpsledninger gav svært liten spredning til de stedlige urørte løsmasser. I områder dominert av løsmasser med lav hydraulisk ledningsevne (f.eks. leire) antas lekkasjer fra rørledninger hovedsaklig å følge ledningstraséen. GEFO konkluderer med at tilbakeholdelsen av fosfor i grunnen og bindingskapasiteten til de fleste jordarter er meget høy. Det samme er ikke tilfelle for nitrogen som trenger vesentlig lengre vei før det bindes til mineraler.

Målinger i hovinbekken 1989.

I arbeidet med å tallfeste de diffuse tilførslene fra avløpsnettets nedstrøms vassdragenes målestasjoner, valgte en å studere nærmere Hovinbekken i Oslo. Dette vassdraget er idag ikke med i OVAs overvåkingsprogram for elver og bekker i Oslo.

Hovinbekken får sitt naturlige tilsig fra områdene rundt Linderudkollen og ned dalsøkkene mellom Grefsenåsen og Årvollåsen. Herfra renner den gjennom blokk- og villabebyggelsen på Årvoll/Tonsenhagen og videre gjennom villastrøk til den krysser Grorudbanen. På denne strekningen renner bekken for en stor del i åpent løp. Ved Risløkkveien/Grorudbanen starter hovedbekkelukkingen som fører Hovinbekken i rør helt ned til Akerselva ved Postterminalbygget.

Hovinbekkens nedbørfelt ligger i hovedsak innenfor tett bebygde områder og city-strøk med høy andel tette flater. Dette forårsaker svært ujevn vannføring ved nedbør. Bekken tjener som resipient for 42 overvannsutslipp med en samlet ledningslengde på ca. 36 km. En antatt viktig tilførsel ved nedbør er Helsefyrbekken. Denne bekken føres idag over på spillvannsnettets, men er utstyrt med et tre meter langt sideoverløp til Hovinbekken.



Figur 4.1 Oversiktskart over Hovinbakkens nedbørfelt med prøvetakingsstasjoner.

I periodene 2. - 3. mai og 16. - 19. juni ble det utplassert vannføringsmålere og prøvetakere i Hovinbakkens hovedbekkelukking i kum like ved Botsfengselet og ved Risløkka like oppstrøms hovedbekkelukkingen. Disse to måleperiodene representerer tilsammen tre tørrværsdøgn. Ved å velge tørrværsmålinger unngår en å få med tilførsler fra overflatedrenering og overløp. Befaring i overløpene under tørrvær viste ingen uregelmessige utslipp av betydning. Differansen i massetransport mellom Risløkkveien og Botsfengselet skulle da gi et uttrykk for lekkasjebidraget samt ureglementerte utslipp på denne ca. 4 km lange strekningen. Det forutsettes at alt lekkasjevann som ikke fanges

opp av overvannsledningene, følger de naturlige kanaler fram til bekken eller tilføres grunnvannet. Resultatet av målingene er oppsummert i tabell 4.2 og 4.3.

Tabell 4.2 Hovinbekken mai/juni 1989 - tørrvårsbelastninger.

Måledøgn	Totalfosfor (kg P/d)			Totalnitrogen (kg N/d)		
	¹ Bots.	Risl.	diff.	Bots.	Risl.	diff.
2 - 3 mai	1.4	0.4	1.0	11.2	6.3	4.9
16 - 17 juni	1.6	0.2	1.4	9.5	2.5	7.0
17 - 18 juni	1.0	0.2	0.8	6.9	2.4	4.5

1) Bots.= Botsfengselet; Risl.= Risløkka;
diff.= differans (Bots. minus Risl.)

Tabell 4.3 Hovinbekken mai/juni 1989 - tilførte personenheter ¹.

Måledøgn	Totalfosfor			Totalnitrogen		
	Bots.	Risl.	diff.	Bots.	Risl.	diff.
2 - 3 mai	700	200	500	930	530	400
16 - 17 juni	800	100	700	790	210	580
17 - 18 juni	500	100	400	580	200	380

1) Basert på en spesifikk forurensningsproduksjon på
2 g P/p·d og 12 g N/p·d.

Målingene i mai/juni gir et midlere fosfortilskudd på 1,1 kg P/d og 5,5 kg N/d mellom Risløkka og Botsfengselet. Omregnet til areal-spesifikk forurensningstransport får en 0,7 kg P/ha·år og 3,6 kg N/ha·år. Brutto tettstedsareal mellom de to målepunktene utgjør 5,6 km², med en blanding av to-rørs separatsystem og fellessystem.

Dersom OVAs spesifikke tall for fosfortransport i overvannsnettet benyttes på denne delen av Hovinbekkens nedbørfelt, blir tilførslene i størrelsesorden 3 kg P/d. Dette ligger omtrent tre ganger høyere enn målingene i mai/juni viser.

Spesifikk tilførte vannmengder basert på en spesifikk fosforproduksjon på 2,0 g P/p·d, viser svært høye verdier, gjennomsnittlig

over 8000 l/p.d. Befaringer langs Hovinbekken har ved et par tilfeller avdekket uvanlig høye vannføringer i overvannsledninger som fører til bekken. Dette settes i sammenheng med lekkasjer på vannledningsnett. Beregning av vannbalanse mellom de to valgte målepunkter synes derfor uegnet til påvisning av spillvannslekkasjer på avløpsnett.

Konklusjoner.

1. Målingene i Hovinbekken under tørrvær i mai/juni 1989 viser oppsiktsvekkende lave tilførsler av både fosfor og nitrogen. Dette tallmaterialet sammenholdt med senere undersøkelser, gir derfor grunn til å tro at tidligere tilførselsanalyser i NIVA-regi har overestimert lekkasjebidraget.
2. Det bør framskaffes et bredere datagrunnlag for å oppnå sikrere anslag på de diffuse tilførslene. Blant annet bør det utføres ytterligere målinger i Hovinbekken og andre forurensningsbelastede bekkesystemer i Oslo og nabokommunene. Det anses også som aktuelt å inkludere ulike nedbørsituasjoner. Slike målinger vil i tillegg kunne avsløre bidraget fra overløp og overflate-drenering via overvannsnett.

BILAG 1.**TIDLIGERE TILFØRSELSANALYSER - BEREGNINGSGRUNNLAG.**

B1.1 NIVAs TILFØRSELSANALYSE FOR ÅRENE 1977-1981.

I tilførselsanalysen utført av NIVA på slutten av 70-tallet, beregnes totale forurensningstilførsler til Indre Oslofjord med hensyn på parametrene totalfosfor, totalnitrogen og organisk stoff målt som KOF-dikromat. Det opereres med følgende kildeinndeling:

1. Skog og andre naturområder.
2. Jordbruksarealer.
3. Tettstedsarealer ikke tilknyttet renseanlegg.
4. Befolkning tilknyttet enkeltanlegg.
5. Befolkning tilknyttet urensset offentlig kloakk.
6. Industri og ervervelse tilknyttet urensset offentlig kloakk.
7. Lekkasje, overløp etc. på kloaknett.
8. Målte utslipp fra renseanlegg.
9. Direkte utslipp fra industri til fjorden eller til elv nedstrøms målepunkt.

Av disse representerer utslippene fra avløpsrenseanlegg i hovedsak målte verdier. De resterende tilførslene er basert på teoretiske beregninger.

Overflateavrenning og direkte utslipp fra befolkning.

Tabell B1.1 gir en oversikt over spesifikke tall benyttet til å beregne tilførsler via avrenningen fra ulike arealtyper. Spesifikke tall for KOF i skog- og jordbruksarealer mangler.

NIVAs talloppgaver for 1980 viser at ca. 9.000 personer fra bolig og ca. 40.000 personekvivalenter (pe) i industri og næringsvirksomhet var tilknyttet urensset offentlig kloakk. Filipstad renseskive er også behandlet som direkte utslipp, med en tilknytting på ca 7.000 personer fra bolig og ca. 13.000 pe i industri og næringsvirksomhet.

Fra spredt bebyggelse (bolig tilknyttet enkeltanlegg) er det antatt at kun 50% av tilførslene når fram til nærmeste resipient. Et lignende resonnement gjelder også for Filipstad renseskive.

Lekkasjer og overløp.

Differansen mellom teoretisk beregnet forurensningsproduksjon i avløpsfeltet og målt tilførsel ved renseanlegg, antas å tilsvare det som forsvinner i avløpsnettene som følge av overløp, lekkasjer og andre driftsforstyrrelser. Det er benyttet samme spesifikke produktionskoeffisienter som i tabell B1.1.

Renseanlegg.

I NIVAs rapportserie beregnes utslipp fra mellom 30 og 40 renseanlegg i Indre Oslofjord. De fleste utslippene er basert på målinger i utløpet av anleggene. I årene 1979 og 1980 ble vannføringen bare målt i 11 av 33 renseanlegg (Alsaker-Nøstdahl & Kristoffersen 1981). I 1981 hadde de fleste og største renseanleggene et tilfredstillende prøvetakingsprogram. 12 av renseanleggene baserte sine utslippstall på ukeblandprøver som dekket hele året (Nicholls & Lindgaard 1982). Ut over dette er det i rapportserien ikke gitt noen detaljert oversikt over prøvetakingsprogrammet ved de enkelte renseanleggene.

Vassdrag.

Foruten målte utslipp fra renseanlegg, foreligger også målinger av forurensningstilførslene i flere av vassdragene. I 1977 ble det bare foretatt kontinuerlige målinger i de fire vassdragene: Sandvikselva, Lysakerelva, Gjersjøelva og Årungenelva. I de øvrige vassdragene ble vannføringsdata fra blant annet Lysakerelva benyttet som grunnlag for arealjustert vannføring. I enkelte tilfeller er også vannføringsmålinger fra et omfattende måleprogram i 1965 lagt til grunn.

De fleste vannprøver ble i 1977 tatt som stikkprøver. Årlig massetransport er da beregnet etter Erikssons og Holtans formel (1974):

$$\frac{\sum (c \cdot q)}{\sum q} \cdot Q$$

I 1981 var de fleste vassdrag utstyrt med målestasjoner. Det var likevel bare Sandvikselva som hadde et måleprogram basert på ukeblandprøver for hele året. Øvrige vassdrag hadde mer tilfeldige måleserier basert på døgnblandprøver eller stikkprøver.

Tabell B1.1 Spesifikke tall benyttet i NIVAs tilførselsberegninger.

KILDE	BEREGNINGSMÅTE	LITTERATUR	BENEVNING	Forurensningskomponent	
				Tot-P	Tot-N KOF
Skog	Spesifikke tilf.koeff.	Brink & Gustafson (1970)	kg/km ² år	6.5	220 -
Jordbruk	Spesifikke tilf.koeff.	Berge et. al. (1979)	kg/km ² år	100	2200 -
Tettstedsarealer ikke tilkn. r.a.	Spesifikke tilf.koeff.	Lindholm (1976)	tonn/km ² år	0.1	0.7 10
1Befolkn. tilkn. enkeltanlegg	Spesifikke prod.koeff.	Lygren (1978)	g/p døgn	2.5	12 150
Befolkn. tilkn. urensset off. kl.	Spesifikke prod.koeff.	Lygren (1978)	g/p døgn	2.5	12 150
Ind./erv. tilkn. urensset off. kl.	Spesifikke prod.koeff.	Vråle (1977)	g/pe døgn	0.5	2.4 90

1) Det antas 50% tilbakeholdelse i grunnen ved utslipp fra enkeltanlegg.

B1.2 OVAS TILFØRSELSANALYSE BASERT PÅ ÅRENE 1986 OG 1987

Oslo- vann og avløpsverk har i sin tilførselsanalyse konsentrert seg om forurensninger tilført fjorden fra Oslo kommune. Den totale forurensningsbelastningen er beregnet med hensyn på parametrene totalfosfor, totalnitrogen og organisk stoff målt som totalt organisk karbon (TOC). Sistnevnte parameter ble tatt i bruk relativt nylig, og det teoretiske beregningsgrunnlaget er i de fleste tilfeller derfor nokså tynt.

I tilførselsanalysen opereres med følgende teoretisk beregnede forurensningskilder (bortsett fra pkt. 1.1):

1 TØRRVÆRSTILFØRSLER

- 1.1 ved hovedvassdragenes målestasjoner
- 1.2 fra overvannsutslipp nedstrøms hovedvassdragenes målestasjoner
- 1.3 fra overvannsutslipp direkte til fjorden

2 LOKALE OVERLØP PÅ AVLØPSNETTET

- 2.1 med utslipp til hovedvassdragene oppstrøms målestasjoner
- 2.2 med utslipp til hovedvassdragene nedstrøms målestasjoner
- 2.3 med utslipp direkte til fjorden

3 TILFØRSLER VIA OVERFLATEAVRENNINGEN FRA SKOG- OG JORDBRUK

- 3.1 i hovedvassdragenes nedbørfelter oppstrøms målestasjoner
- 3.2 i hovedvassdragenes nedbørfelter nedstrøms målestasjoner og områder mellom vassdragene som drenerer direkte til fjorden

4 TILFØRSLER VIA OVERFLATEAVRENNINGEN FRA TETTSTED

- 4.1 i hovedvassdragenes nedbørfelter oppstrøms målestasjoner
- 4.2 i hovedvassdragenes nedbørfelter nedstrøms målestasjoner og områder mellom vassdragene som drenerer direkte til fjorden

5 UKJENTE(ANDRE) TILFØRSELSKILDER

- 5.1 i hovedvassdragene oppstrøms målestasjoner

6 DIREKTE UTSLIPP

- 6.1 fra boliger og ervervsvirksomhet tilknyttet enkeltanlegg eller urensset offentlig kloakk

Tabell B1.2 Spesifikke tall benyttet i OVAs tilførselsberegninger.

KILDE	BEREGNINGSMÅTE	LITTERATUR	BENEVNING	Forurensningskomponent		
				Tot-P	Tot-N	TOC ¹
Skog	Spesifikke tilf.koeff.	Brink & Gustafson (1970)	kg/km ² år	6.5	220	2.5
Jordbruk	Spesifikke tilf.koeff.	Berge et. al. (1979)	kg/km ² år	100	2200	6.8
Tettstedsarealer ikke tilkn. r.a.	Spesifikke tilf.koeff.	Rosland (1989)	tonn/km ² år	0.4	3.6	20
Befolkn. tilkn. urensset off. kl.	Spesifikke prod.koeff.	Vråle (1987)	g/p døgn	1.8	10.6	60

1) Skog- og jordbruksarealer: Anbefalte verdier for sørøst-Norge (Holtan, H. pers. med. 1988)
Tettstedsarealer og befolkning: Dahl (1982).

Overflateavrenning og direkte utslipp fra befolkning.

Tabell B1.2 viser hvilke spesifikke tall som er benyttet ved beregning av tilførsler via avrenningen fra ulike arealtyper. For de to største vassdragene, Lysakerelva og Akerselva, er tilførslene fra skog- og jordbruksarealer beregnet som massetransport ut av henholdsvis Bogstadvann og Maridalsvann. Begge disse innsjøene grenser opp mot Oslo-marka, og tilføres i liten grad forurensninger fra tettstedsarealer. Det tas samtidig hensyn til at partikulære fraksjoner, særlig av fosfor, holdes tilbake i innsjøbassengene.

Når det gjelder beregning av forurensningstilførsler via overflateavrenning fra tettstedsarealer, tar OVA utgangspunkt i samme datagrunnlag som NIVA, se tabell B1.3. Siden OVAs tilførselsanalyse gjelder spesifikt Oslo, benyttes data fra de tre forsøksfeltene i Oslo: Vika, Vestli og Oppsal. Tallet for Oppsal er justert for en noe høyere tørrværstransport enn det som er benyttet i PRA 4.7. OVA benytter også andre avrenningskoeffisienter, som er tilpasset en vassdragsbasert arealinndeling.

Tabell B1.3 Spesifikke tall for fosfortransport fra tettstedsarealer med separatsystem.

PRØVEFELT	φ	NIVA ¹	OVA	
		tonn P/km ² · år		
Vika	0.60	-	0.25	0.42*
Vestli	0.20	0.07	0.08	0.40
Oppsal	0.25	0.16	0.11	0.44
Risvollan	0.20	0.05	-	-
Middelverdi		0.1		0.4

1) PRA 4.7 (Lindholm 1976).

* Tallene i kolonnen er framkommet ved å dividere med midlere avrenningskoeffisient (φ).

Massetransporten (M) fra arealer med separatavløpssystem (A) beregnes på følgende måte:

$$\begin{array}{ll}
 \text{(totalfosfor)} & M = A \cdot \varphi \cdot 0.4 \\
 \text{(totalnitrogen)} & M = A \cdot \varphi \cdot 3.6 \\
 \text{(organisk stoff)} & M = A \cdot \varphi \cdot 20
 \end{array}$$

Lekkasjer og overløp.

OVA benytter seg dels av tørrværsdata fra vassdragenes målestasjoner og dels av spesifikke tall for tørrværstransport i overvannsnettet som mål på lekkasjer.

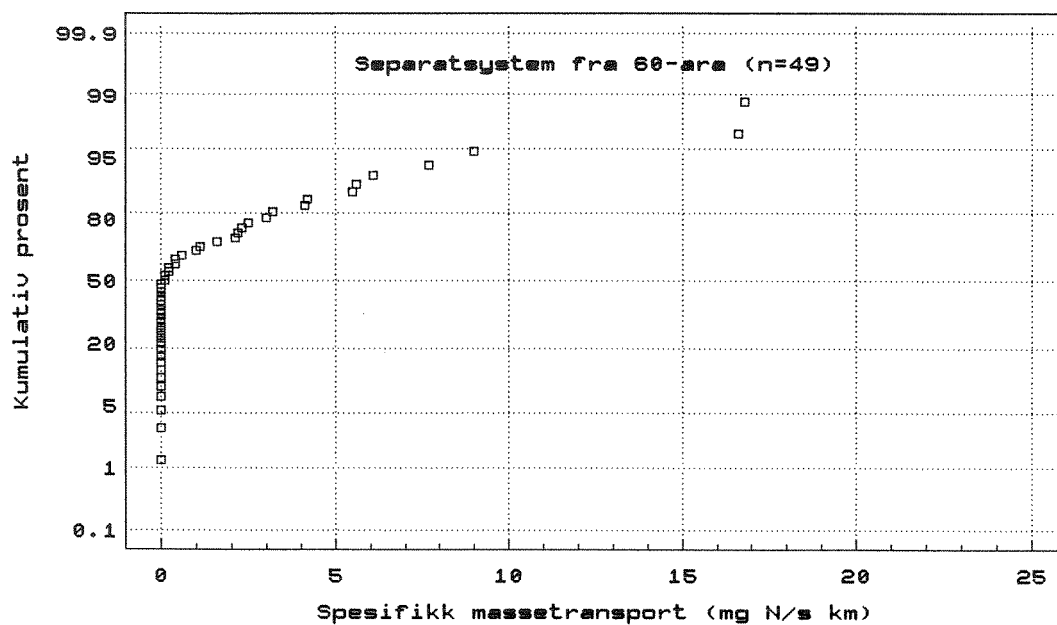
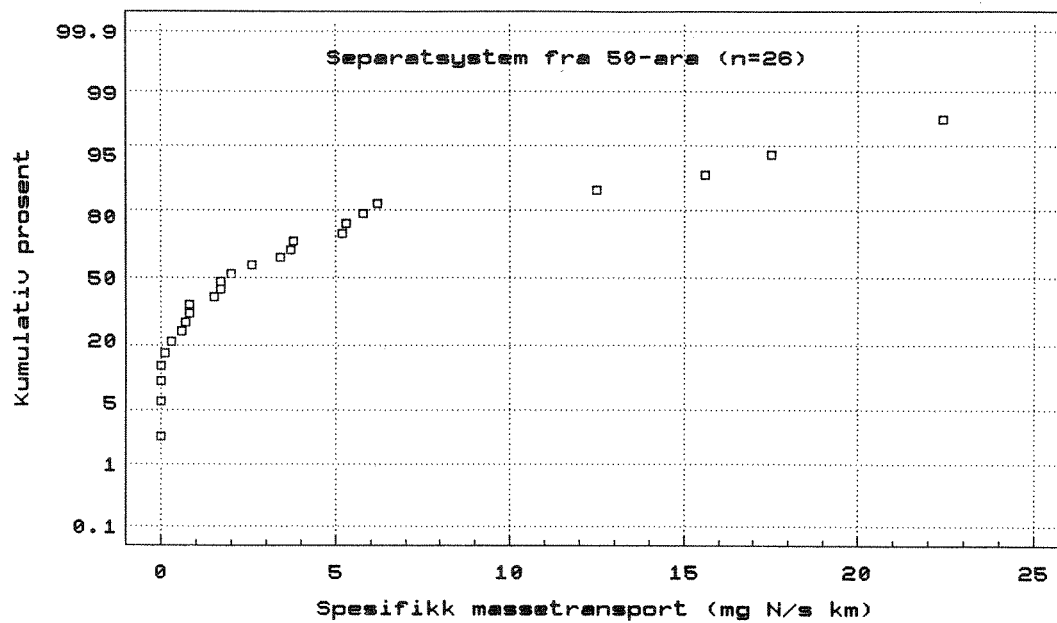
Oppstrøms målestasjonene er det antatt at vassdragenes tørrværstransport hovedsaklig utgjøres av utlekket spillvann via overvannsutslippene (separatsystem). Årlig tørrværstransport i vassdragene er beregnet som middel av alle tørrværsmålinger for de to årene 1986 og 1987. Det benyttes bestemte kriterier for å skille ut tørrværsmålinger fra datamaterialet. Blant annet stilles det krav til at midlere vannføring i måleperioden ikke overstiger det som anses som maks. tørrværsvannføring i vassdraget. Nedbørsdata benyttes også i vurderingen.

Nedstrøms vassdragene er det tatt utgangspunkt i at lekkasjer på avløpsnettet utelukkende tilføres resipient via overvannsnettet (separatsystem). Rehabiliterte spillvannsledninger forutsettes å være lekkasjefrie. På grunnlag av måleserier i et større antall overvannsutslipp, har OVA i saneringsplanen for avløpsnettet i Oslo (Moland 1985) kommet fram til følgende spesifikke tall, tabell B1.4:

Tabell B1.4 Spesifikke tall for massetransport av forurensninger i overvannsnettet.

LEDNINGSKATEGORI	NH ₄ -N	Tot-P
	mg/s · km	
Separatsystem fra 50-åra og før	4.4	3.0
Separatsystem fra 60-åra	2.0	1.5
Separatsystem fra 70-åra og senere	0.1	0.1
Overvannsledning i egen grøft	0.1	0.1

Figur B1.1 viser spesifikk ammoniumtransport i overvannsledninger framstilt i normalsannsynlighetsdiagram. Til tross for et noe spinkelt datamateriale er det signifikant større spesifikk forurensningstransport i separatsystem lagt i 50-åra enn separatsystem fra 60-åra. En forholdsvis større andel (50%) av overvannsutslippene fra 60-åra renner tørre i tørrværsperioder. Forurensninger som følge av spillvannslekkasjer til overvannsnettet, henger derfor nøye sammen med alder og teknologi på ledningene.



Figur B1.1 Spesifikk massetransport av ammonium i overvannsledninger lagt i 50-åra (spg50) og 60-åra (spg60).

Tilsvarende spesifikke tall for tot-N og TOC er framkommet på bakgrunn av målinger i overvannsutslippene til Østensjøvann. Denne lokaliteten inngår i OVA sitt overvåkingsprogram, og målinger viser N/P- og C/P-forhold på henholdsvis 5 og 15. I OVAs tilførselsanalyse antas lekkasjer fra fellesavløpsnettets ikke å nå nærmeste resipient.

Lokale overløp på avløpsnettets er beregnet ved hjelp av NIVANETT-modellen (Strømme 1988b). Denne modellen tar ikke hensyn til snøsmelting. De totale overløpsmengdene fra fellesavløpsnettets er derfor trolig underestimert.

Dersom en sammenligner teoretisk beregnede tilførsler oppstrøms målestasjonene og målt forurensningstransport ved vassdragenes målestasjoner, fås en differans som OVA kaller ukjente kilder. Denne saldoverdien utgjør for totalfosfor omlag 25% av målte tilførsler. Det betyr at teoretisk beregnede fosfortilførsler enten underestimeres, eller at saldoverdien også uttrykker ulike fosfortilførsler som ikke lar seg beregne særskilt.

Følgende tilførselskilder i OVAs tilførselsanalyse er basert på målinger:

7 UTSLIPP FRA RENSEANLEGG

7.1 Bekkelaget renseanlegg (BRA)

7.2 Sentralrenseanlegg Vest (SRV)

8 SENTRALE OVERLØP I AVLØPSTUNNELER

8.1 internt overløp ved Bekkelaget renseanlegg

8.2 Bislettbekken og Lysaker overløp (VEAS-tunnel)

Renseanlegg.

Ved Bekkelaget kloakkrenseanlegg foretas kontinuerlige vannføringsmålinger i innløps- og utløpskanalene. Totalfosfor og løst organisk karbon (DOC) måles på vannføringsproporsjonale døgnblandprøver. Disse prøvevolumene danner også basis for månedsblandprøver til bestemmelse av totalnitrogen og totalt organisk karbon (TOC).

Overløpsmengdene ved Bekkelaget måles ikke direkte, men beregnes som differansen i vannføring inn og ut av anlegget. Massetransport av forurensninger via overløpet beregnes på grunnlag av månedlige middelkonsentrasjoner i innløpet av renseanlegget og månedlige vannmengder i overløpet.

Overløpsmengdene ved Kværner måles ikke. Disse tre overløpene kan tre i funksjon ved oppstuvning i kloakktunnelen Kværner-Bekkelaget.

Ved SRV måles vannføringen kontinuerlig inn og ut av anlegget. Totalfosfor og TOC analyseres som vannføringsproporsjonale døgnblandprøver, totalnitrogen som ukeblandprøver.

På det vestlige tunnelsystemet ved Akershuskaia og ved Sollerud, måles vannmengdene som går i overløp, henholdsvis Bislettbekken og Lysaker overløp. Totalfosfor og TOC analyseres også her som vannføringsproporsjonale døgnblandprøver i det tidsrommet overløpene er i drift. Det analyseres ikke for totalnitrogen.

Vassdrag.

Følgende syv hovedvassdrag i Oslo er utstyrt med målestasjoner: Lysakerelva (LYS), Mærradalsbekken (MÆR), Hoffselva (HOF), Frognerelva (FRO), Akerselva (AKR), Loelva (LOL) og Ljanselva (LJA). I disse vassdragene foretas kontinuerlige vannføringsmålinger. De tre parametrene tot-P, tot-N og TOC analyseres på vannføringsproporsjonale blandprøver. Prøvetakingsperioden for hver blandprøve er vanligvis en uke.

Årlig massetransport i vassdragene er utregnet på grunnlag av midlere vannføring og blandprøvekonsentrasjon for hver prøvetakingsperiode summert over året.

BILAG 2.

**NYERE TILFØRSELSBEREGNINGER FOR ÅRENE 1987 OG 1988 -
MÅLEDATA OG TEORETISK BEREGNINGSGRUNNLAG.**

B2.1 VASSDRAGSMÅLINGER 1987 OG 1988.

Tabell B2.1 gir en oversikt over 15 større og mindre vassdrag med utløp til Indre Oslofjord. Vassdragene er sammenlignet både med hensyn på nedbørfeltets størrelse og vannføring. I dag er det kun Hovinbekken som ikke er utstyrt med permanent målestasjon. I Årungenelva har målestasjonen vært ute av drift i en årrekke. Det foreligger derfor ikke vannføringsdata fra disse to vassdragene i 1987 og 1988. Hovinbekken og Årungenelva har heller ikke vært gjenstand for prøvetaking med hensyn på vannkjemi i denne perioden.

Tabell B2.1 Vassdrag med utløp til Indre Oslofjord.

VASSDRAG	Utløp fjordavsn.	Nedbørfelt ¹ km ²	Avrenning mill. m ³ /år	
			1987	1988
Åroselva	Vestfjorden	109	75.4	73.8
Askerelva	Vestfjorden	37	39.6	65.5
Neselva	Vestfjorden	21	15.4	14.1
Sandvikselva	Bærumsbassenget	187	155.3	186.2
Øverlandselva	Bærumsbassenget	30	15.8	22.3
Lysakerelva	Lysakerfjorden	175	76.2	123.7
Mærradalsbekken	Lysakerfjorden	5	3.2	5.0
Hoffselva	Lysakerfjorden	14	8.2	11.7
Frognerelva	Indre havn	20	14.8	21.9
Akerselva	Indre havn	263	119.4	106.9
Hovinbekken	Indre havn	11	-	-
Loelva (Alna)	Indre havn	62	34.5	48.4
Ljanselva	Bunnefjorden	39	15.6	31.0
Gjersjøelva	Bunnefjorden	87	19.8	26.8
Årungenelva	Bunnefjorden	50	-	-
Sum vassdrag		1110	593.2	737.3

1) Gjelder målestasjonenes nedbørfelter.

Prøvetakingsprogrammene, oppsummert i tabell B2.2, varierer noe både når det gjelder prøvetype og antall prøver. Noe enhetlig mål for organisk stoff finnes heller ikke.

I tilsammen ni vassdrag tas ut ukeblandprøver over hele året til analyse av fosfor, nitrogen og organisk stoff. Syv av disse vassdragene, fra Lysakerelva i vest til Ljanselva i øst, er med i OVAs overvåkingsprogram for elver og bekker i Oslo. Ved hver av målestasjonene samles blandprøven direkte opp i større plastbeholdere som oppbevares kjølig i hele blandprøveperioden. Blandprøvene samles inn ca. én gang hver uke, og analyseres ved OVAs kjemiseksjon. Årlige

Tabell B2.2 Prøvetakingsprogram for vassdrag med utløp til Indre Oslofjord.

VASSDRAG	Utløp fjordavsn.	Analyseparametre	1) Prøvetype	Antall prøver 1987 1988	2) Framgangsmåter for beregning årlig massetransport
Åroselva	Vestfjorden	Tot-P, Tot-N	UB	10 9	Lineær regresjon (n=26).
Askerelva	Vestfjorden	Tot-P, Tot-N, KOF	UB	13 12	Gjennomsnittlig massetransport
Neselva	Vestfjorden	Tot-P, Tot-N, KOF	UB	13 12	pr. måned multiplisert med 12.
Sandvikselva	Bærumsbassenget	Tot-P, Tot-N, KOF	UB	53 52	Sum midlere massetransport
Øverlandselva	Bærumsbassenget	Tot-P, Tot-N, KOF	UB	53 52	for hver måned: $\sum (Q \cdot C)$
Lysakerelva	Lysakerfjorden	Tot-P, Tot-N, TOC	UB	47 48	
Mærradalsbekken	Lysakerfjorden	Tot-P, Tot-N, TOC	UB	44 48	
Hoffselva	Lysakerfjorden	Tot-P, Tot-N, TOC	UB	47 45	
Frognerelva	Indre havn	Tot-P, Tot-N, TOC	UB	44 46	Sum massetransport for alle
Akerelva	Indre havn	Tot-P, Tot-N, TOC	UB	44 45	prøvetakingsperiodene:
Hovinbekken	Indre havn	Tot-P, Tot-N	TB	0 0	$\sum (Q \cdot C \cdot \text{ant. døgn})$
Loelva (Alna)	Indre havn	Tot-P, Tot-N, TOC	UB	43 44	
Ljanselva	Bunnefjorden	Tot-P, Tot-N, TOC	UB	43 41	
Gjersjøelva	Bunnefjorden	Tot-P, Tot-N, FSS	SP	16 16	Sum massestr. for hver måned.
Årungenelva	Bunnefjorden	Tot-P, Tot-N, KOF	SP	0 0	

1) UB=ukeblandprøve (mengdeproporsjonal); TB=timesblandprøve (tidsproporsjonal); SP=stikkprøve.

2) Se forklaring i tekst.

forurensningstilførsler regnes ut relativt enkelt ved å summere masse-transporten for hver blandprøveperiode.

I de to Bærumsvassdragene Sandvikselva og Øverlandselva, tas døgn-blandprøver til analyse av blant annet ortofosfat. Disse prøvevolumene blandes videre til ukeblandprøver som analyseres ved Bærum vann- og kloakkvesens laboratorium på Løxa. Blandprøveperioden blir dermed sammenfallende med kalenderårets uker. Årlige forurensningstilførsler i disse to elvene beregnes på grunnlag av månedlige middelverdier for vannføring og konsentrasjon avledet av ukeblandprøvene.

I Åroselva, Askerelva og Neselva tas ut et begrenset antall uke-blandprøver under vår- og høstflom og ved tørrværsvannføring sommer og vinter. I Gjersjøelva tas et varierende antall stikkprøver fordelt over året. Siden prøvetakingsprogrammene i disse vassdragene ikke dekker hele året, blir utregningen av årlig massetransport noe annerledes. For Åroselva har man ved hjelp av regresjonsanalyse kommet fram til følgende sammenhenger mellom forurensningstransport og vannføring (Terje Wivestad, pers. med. 1989):

$$\begin{array}{ll} (Tot-P) & M = 11.2 \cdot Q ; \quad r^2=0.885 \\ (Tot-N) & M = 146 \cdot Q ; \quad r^2=0.951 \end{array}$$

M er massetransport i kg/døgn, og Q er vannføringen i m³/sek (døgn-middel). Ved målestasjonen i Åroselva foretas kontinuerlige vannføringmålinger. Bruk av ovenstående ligningsett skulle dermed kunne gi et godt estimat for massetransporten over året. Vannprøver fra Åroselva analyseres ved Buskerud fylkes vannanalyselaboratorium i Drammen.

Ukeblandprøvene fra Askerelva og Neselva analyseres også ved Bærum vann- og kloakkvesens laboratorium på Løxa. På grunnlag av blandprøve-konsentrasjonene beregnes massetransporten for de månedene det er tatt slike prøver. Snittet av disse månedsverdiene multipliseres med tolv for å få massetransporten på årsbasis.

Stikkprøvene tatt i Gjersjøelva analyseres ved NIVAs vannanalyse-laboratorium. Massetransporten beregnes for hver måned på grunnlag av vannføringsveide middelkonsentrasjoner, og summeres over året.

I Årungenelva er midlere fosfor- og nitrogentransport for årene 1977-1979 (Rosland & Grøterud 1981) benyttet som estimat for stofftransporten i 1987 og 1988. Årsnedbøren i perioden 1977-79 lå gjennomsnittlig noe lavere enn årsnormalen. En må derfor gå ut fra at tilførslerne i Årungenelva for 1987 og 1988 er underestimert. Når det gjelder Hovinbekken og beregning av forurensningstilførsler henvises til bilag 3.

B2.2 MÅLINGER PÅ RENSEANLEGG OG SENTRALE OVERLØP 1987 OG 1988.

Ved Sentralrenseanlegg Vest (SRV) foretas kontinuerlige vannføringsmålinger inn og ut av anlegget. I tillegg måles også vannmengdene fra Oslo ved Sollerud, samt vannmengdene til SRV og Bekkelaget ved Fagerlia fordelingsstasjon. Overløpene på det vestlige tunnelsystemet ved Akershuskaia (Bislettbekken) og Lysaker, overvåkes også kontinuerlig med hensyn på vannmengder. Samtlige vannføringsdata overføres til dataanlegget på SRV.

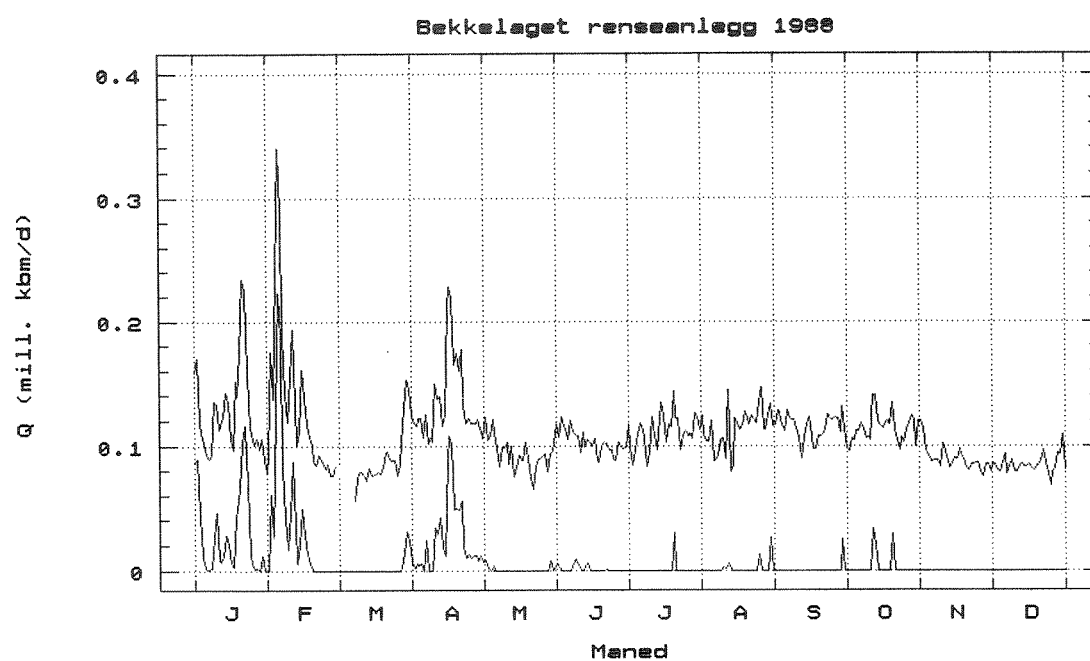
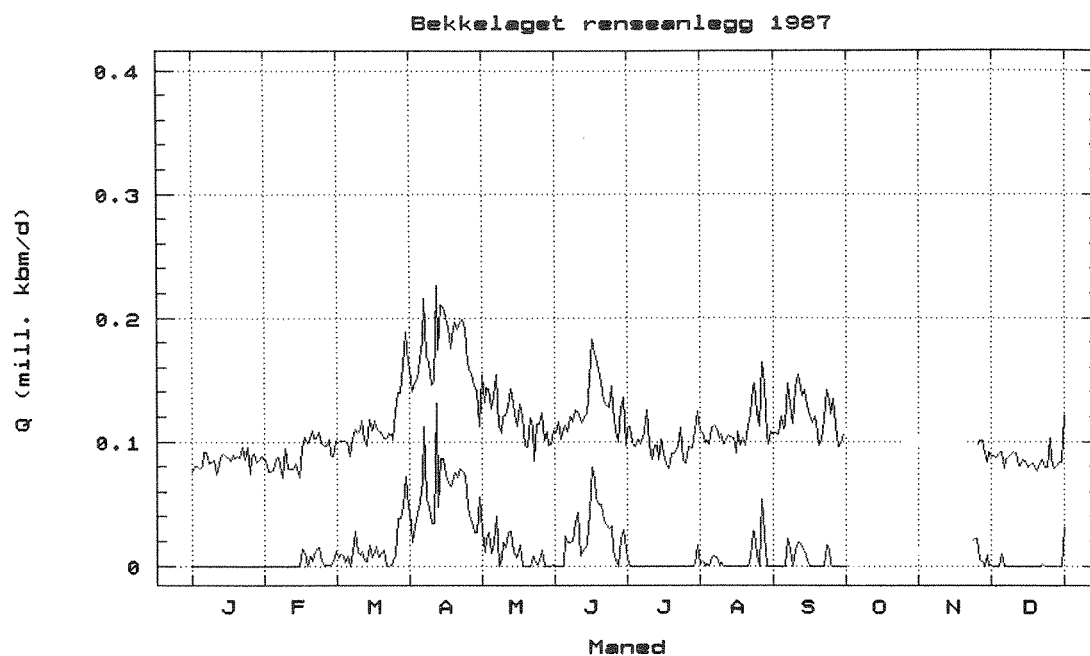
Totalfosfor og TOC analyseres på vannføringsproporsjonale døgnblandprøver i innløpet og utløpet av renseanlegget og i overløpene i det tidsrommet de er i drift. Totalnitrogen analyseres på ukeblandprøver. Det ble ikke analysert for totalnitrogen i overløpene i 1987.

Ved Bekkelaget renseanlegg måles vannmengdene inn og ut av anlegget kontinuerlig. Overløpet like foran sandfangene er ikke utstyrt med mengdemåler. Overløpsmengdene beregnes i stedet som differansen i vannføring ut og inn av renseanlegget. Overløpene ved Kværner oppstrøms avløpstunnelen Kværner-Bekkelaget, er i dag ikke gjenstand for overvåking.

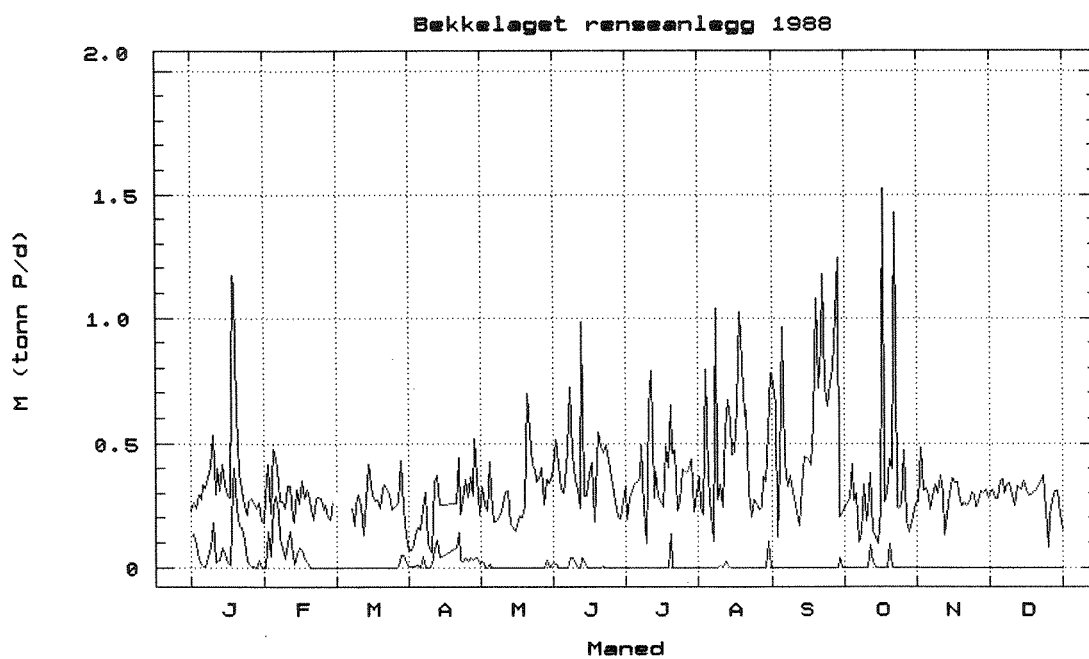
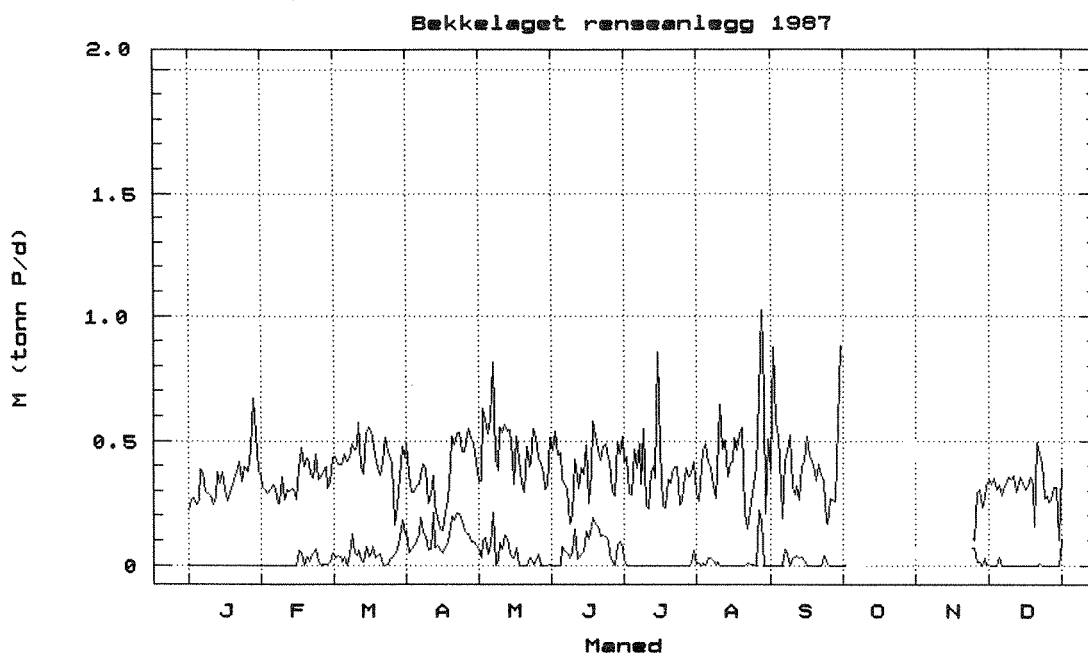
Totalfosfor og løst organisk karbon (DOC) analyseres på vannføringsproporsjonale døgnblandprøver i innløpet og utløpet av renseanlegget. Totalnitrogen og TOC analyseres på vannføringsproporsjonale månedsblandprøver. Massetransport av forurensninger via overløpet på Bekkelaget beregnes på grunnlag av månedlige middelkonsentrasjoner i innløpet av renseanlegget og månedlige vannmengder i overløpet. En slik beregningsmåte overestimerer overløpsutslippet, særlig ved kortvarig og intens nedbør.

Figur B2.1 og B2.2 viser resultatet av døgnlige vannføringsmålinger og fosforanalyser i innløpet ved Bekkelaget renseanlegg i 1987 og 1988. På grunn av flomskader mangler data for oktober og deler av november måned 1987. Ukentlig vannføring og fosfortransport i innløpet ved SRV er vist i figur B2.3 og B2.4.

Generelle opplysninger om de to renseanleggene Bekkelaget og SRV, samt sentrale overløp på avløpstunnelene, er gitt i tabell B2.3. Driftsresultater og utslippstall for 1987 og 1988 er oppsummert i tabell B2.4 og B2.5. Tilsvarende opplysninger for 10 mindre renseanlegg med utslipp til Indre Oslofjord, deriblant Nordre Follo kloakkrenseanlegg, er oppsummert i tabell B2.6 til B2.8. Av de samme tabellene skulle også prøvetakingsprogrammene for hvert enkelt renseanlegg framgå.



Figur B2.1 Døgnvannføring i innløp (inkludert overløp) og overløp ved Bekkelaget renseanlegg i 1987 og 1988.



Figur B2.2 Døgntransport av fosfor i innløp (inkludert overløp) og overløp ved Bekkelaget renseanlegg i 1987 og 1988.

Tabell B2.3 Større avløpsrenseanlegg og sentrale overløp med utslipp til Indre Oslofjord.¹

RENSEANLEGG/ OVERLØP	Beliggenhet (kommune)	Utslipp fjordavsn.	Renseprosess ²	Q dim. m ³ /s	Ant. personer tilknyttet	Tilførte personenh. ³ 1987	Tilførte personenh. ³ 1988
Renseanlegg:							
B R A	Oslo	Bekkelagsbass.	Forfelling	1.2	271000	193350	174400
S R V	Asker	Vestfjorden	Primærfelling	4.8*	438500**	-	-
Overløp:							
Bekkelaget	Oslo	Bekkelagsbass.	Mekanisk	-		Sideoverløp	
Kværner	Oslo	Indre havn	Ingen	-		Sideoverløp	
Bistettbekken	Oslo	Indre havn	Mekanisk	15.0		Sentraloverløp	
Lysaker	Oslo	Lysakerfjorden	Mekanisk	15.0		Sideoverløp	

1) Kilder: Årsrapport VEAS for 1988; Strømme (1988a).

2) Ved Bekkelaget renseanlegg tilsettes fellingskjemikaliene før det biologiske rensetrinnet. Den mekaniske rensingen i overløpet ved Bekkelaget består i fjerning av ristgods. Bistettbekken overløp er utstyrt med skumskjerm og sedimentering. Ved Lysaker passerer overløpsvannet grovrist og sandfang.

3) Tallene er basert på 2 g P/p d.

* Anlegget er dimensjonert for en gjennomsnittlig tørrvårsbelastning på 2.7 m³/s, og kan maksimalt belastes med 4.8 m³/s.

** Oslos andel av dette er 315000 personer inkludert 70% fra Fagerlia.

Tabell B2.4 Renseresultater¹ ved Bekkelaget og SRV i 1987 og 1988.

RENSEANLEGG	Vannmengder		RENSEGRAD (%)		
	renset (mill. m ³ /år)	i overløp	tot-P	tot-N	TOC
B R A 1987	36.0	6.4	85 (74)*	5 (-)	56 (59)
B R A 1988	36.8	3.0	83 (79)	16 (-)	69 (-)
S R V 1987	129.0	6.2	95 (93)	17 (-)	53 (49)
S R V 1988	138.0	4.5	95 (92)	17 (15)	61 (58)

1) Kilder: Årsrapporter VEAS 1987 og 1988; Wold (1989). SRV baserer rensegrad på mengdemålinger i inn- og utløpet av anlegget, mens rensegraden ved Bekkelaget er konsentrasjonsbasert.

* Tallene i parentes er inkludert overløp.

Tabell B2.5 Gjennomsnittlige konsentrasjoner¹ i innløp og utløp av renselanleggene Bekkelaget og SRV.

RENSEANLEGG	Konsentrasjoner mg/l					
	tot-P		tot-N		TOC	
	inn	ut	inn	ut	inn	ut
B R A 1987	3.5	0.51	22	21	60	26
B R A 1988	3.3	0.46	25	20	69	23
S R V 1987	3.1	0.17	16	14	39	18
S R V 1988	2.9	0.14	14	12	34	13

1) Kilder: Årsrapporter VEAS 1987 og 1988; Wold (1989).

Tabell B2.6 Mindre avløpsrensaneanlegg med utslipp til Indre Oslofjord.¹

RENSEANLEGG	Beliggenhet (kommune)	Utslipp fjordavsn.	Rensesprosess	Dimensjonerende: vannmengde antall m ³ /h PE	Antall PE tilknyttet	Tilførte personenh. ² 1987 1988
Nordre Follo	Ås	Bunnefjorden	Sekundærfelling	750	26000	18400
Kirkevika	Nesodden	Bunnefjorden	Slamavskiller	-	140	350
Hellvik	Nesodden	Bunnefjorden	Primærfelling	-	550	570
Buhrestua	Nesodden	Bunnefjorden	Primærfelling	106	4800	2020
Bjørnemyrdalen	Nesodden	Vestfjorden	Simultanfelling	65	1810	1100
Alvern	Nesodden	Vestfjorden	Primærfelling	40	1050	590
Fagerstrand	Nesodden	Vestfjorden	Primærfelling	65	1050	1030
Frogn	Frogn	Vestfjorden	Primærfelling	396	5500	4250
Oscarsborg	Frogn	Vestfjorden	Primærfelling	20	300	320
Sætre	Hurum	Vestfjorden	Kontaktfiltrering	-	1800	1520*

1) Kilder: Driftsassistansen i Follo, årsrapporter 1988.

Driftsassistansen for vann- og avløpsanlegg i Buskerud, renseresultater 1988.

2) Tallene er basert på 2 g P/p d. Fosformengdene som går i overløp er ikke medregnet.

* Tallet er basert på 12 g N/p d.

Tabell B2.7 Forurensningstiltaksforløp til Indre Oslofjord 1987 - mindre avløpsrensingsanlegg.¹

RENSEANLEGG	Vannmengde behandlet ved anlegg mill. m ³ /år	TOTALFOSFOR (tot-P)			ORGANISK STOFF (TOC)		
		Utslipp tonn P/år	Rensegrad ² %	Antall ³ prøver	Utslipp tonn C/år	Rensegrad %	Antall prøver
Nordre Follo	4.10	2.35	84	26 FB	87	56	26 FB
Kirkevika	0.04	0.02	94	3 DB	2	38	3 DB
Hellvik	0.04	0.12	62	3 UB	2	50	3 UB
Buhrestua	0.59	0.16	91	12 UB	12	55	12 UB
Bjørnemyrdalen	0.13	0.11	85	12 UB	2	81	12 UB
Alvern	0.07	0.06	83	12 UB	2	61	12 UB
Fagerstrand	0.23	0.08	87	12 UB	4	52	12 UB
Frogn	1.33	0.25	92	11 UB	18	62	12 UB
Oscarsborg	0.01	0.01	92	4 DB	1	80	3 DB
Sætre	0.29	0.15	89	17 UB	-	-	-
SUM	6.83	3.31			130		

1) Kilder: Driftsassistenten i Follo, årsrapporter 1987.

Driftsassistenten for vann- og avløpsanlegg i Buskerud, renseresultater 1987.

2) Rensegrad gjennom anlegg eksklusive overløp.

3) Tegnforklaring: UB=ukeblandprøve; FB=14-døgns blandprøve; DB=døgnblandprøve.

Tabell B2.8 Forurensningstilførsler til Indre Oslofjord 1988 - mindre avløpsrenseanlegg.¹

RENSEANLEGG	Vannmengde behandlet ved anlegg mill. m ³ /år	TOTALFOSFOR (tot-P)			ORGANISK STOFF (TOC)		
		Utslipp tonn P/år	Rensegrad ² %	Antall ³ prøver	Utslipp tonn C/år	Rensegrad %	Antall prøver
Nordre Follo	4.72	2.24	83	23 FB	65	66	23 FB
Kirkevika	0.10	0.10	61	11 DB	3	61	11 DB
Hellvik	0.12	0.16	61	22 UB	4	35	9 UB
Buhrestua	0.56	0.30	80	23 UB	9	50	11 UB
Bjørnemyrdalen	0.18	0.06	92	23 UB	2	79	11 UB
Alvern	0.07	0.02	94	23 UB	2	69	11 UB
Fagerstrand	0.22	0.10	86	24 UB	8	30	11 UB
Frogn	1.27	0.28	91	24 UB	16	75	11 UB
Oscarsborg	0.02	0.03	89	12 DB	1	50	8 DB
Sætre	0.26	0.09	84	11 UB	3	61	11 UB
SUM	7.52	3.38			113		

1) Kilder: Driftsassistansen i Follo, årsrapporter 1988.

Driftsassistansen for vann- og avløpsanlegg i Buskerud, renseresultater 1988.
2) Rensegrad gjennom anlegg eksklusive overløp.

3) Tegnforklaring: UB=ukeblandprøve; FB=14-døgns blandprøve; DB=døgnblandprøve.

B2.3 TEORETISK BEREGNEDE TILFØRSLER.

Teoretiske beregninger er anvendt for å tallfeste de forurensnings-tilførslene som ikke lar seg måle i noe overvåkingsprogram. Dette gjelder tilførsler til vassdragene nedstrøms målestasjonene eller direkte til fjorden utenom vassdragene. Tabell B2.9 viser hvilke tilførsels- og produksjonskoeffisienter som er benyttet i beregningene. Beregningsgrunnlag og tilførselstall fordelt på delareal og fjordavsnitt, er oppsummert i tabell B2.10 til B2.12.

Tabell B2.9 Spesifikke tall¹ benyttet for teoretisk beregnede tilførsler.

KILDE	Benevning	Tot-P	Tot-N
Arealtilførsler:			
● Skogbruk	kg/km ² ·år	6	200
● Jordbruk	kg/km ² ·år	80	3900
● Tettsted	kg/km ² ·år	100	700
● Sjøflate	kg/km ² ·år	40	1000
Befolkning:	g/p·d	2	12
Lekkasjer:	kg/km ² ·år	70	360

1) Skogbruk: H. Holtan, pers. med. (1989); Jordbruk: Uhlen & Lundekvam (1988); Tettsted: Lindholm (1976); Sjøflate (atmosfæriske tilførsler): Baalsrud & Holtan (1987); Befolkning: Vråle (1987).

Beregning av diffuse tilførsler fra avløpsnett (lekkasjer etc.), bygger på målinger foretatt i Hovinbekken våren og sommeren 1989. En har kommet fram til arealspesifikke tilførsler på 0.7 kg P/ha·år og 3.2 kg N/ha·år. Målingene i Hovinbekken er nærmere omtalt i bilag 3.

Beregning av overløpsutslipp fra avløpsnettet (fellesledninger) er gjort ved hjelp av NIVANETT-modellen (Strømme 1988b), og er kun utført for Oslo kommune. NIVANETT-modellen gjør bruk av modellregn (hyetogrammer) for å simulere årsnedbøren. Modellregnene er basert på nedbørmålinger i sesongen 1. mai til 1. november.

Tabell B2.10 Arealfordeling¹ (km²) i nedbørfelt nedstrøms vassdragenes målestasjoner.

DELINDBØRFELT	FJORDAVSNITT	Jordbruks- areal	Skogs- areal	2 Felles- system	2 Tettstedsareal Separat- system	Totalareal
Sør for Åroselva		0.5	29.4	0.6	1.9	32.4
Åroselva/Askereelva		2.9	15.8	0.9	4.7	24.3
Askereelva/Neseelva	VESTFJORDEN	1.9	0.2	0.0	8.7	10.8
Neseelva/Sandvikselva		0.0	0.3	0.8	0.8	1.9
Neseelva/Sandvikselva		0.3	0.0	3.0	2.1	5.4
Sandvikselva/Lysakerelva	BÆRUMSBASSENGET	0.5	0.7	2.4	2.4	6.0
Sandvikselva/Lysakerelva		0.0	0.0	2.3	2.4	4.7
Lysakerelva/Mærradalssbekken		0.0	0.0	1.7	0.4	2.1
Mærradalssbekken/Hoffselva	LYSAKERFJORDEN	0.0	0.0	0.3	0.3	0.6
Hoffselva/Frognerelva		1.0	0.0	0.8	0.5	1.8
Hoffselva/Frognerelva		1.0	0.0	0.7	0.4	2.6
Frognerelva/Akerelva	INDRE HAVN	0.0	0.0	5.8	2.1	7.9
Akerelva/Loelva(AIna)		0.0	0.0	3.6	2.0	5.6
Loelva(AIna)/Ljanselva	BEKKELAGSBASSENGET	0.0	0.5	2.8	1.7	6.2
Loelva(AIna)/Ljanselva		0.0	1.7	2.8	1.7	5.0
Ljanselva/Gjersjøelva		0.0	2.6	0.0	1.8	4.4
Gjersjøelva/Årungenelva	BUNNEFJORDEN	3.1	20.5	0.0	0.0	23.6
Sør og vest for Årungenelva		6.0	38.9	0.0	7.3	49.9
Sør og vest for Årungenelva	VESTFJORDEN	6.3	50.0	0.0	7.2	65.8
Sum nedstrømsarealer	INDRE OSLOFJORD	23.5	160.6	28.5	48.4	261.0

1) Kilder: Alsaker-Nøstdahl & Kristoffersen (1981); Rosland (1989).

2) Arealfordeling fellessystem og separatsystem bygger dels på planimetrerte arealer med OVAs avløpskart 1:20000 som kartgrunnlag, og dels på opplysninger om ledningslengder i Strømmes rapport (Strømme 1988). Areal separatsystem inkluderer også ikke-kloakkerte områder (dvs. grøntarealer o.l.).

Tabell B2.11 Forurensningstilførsler via overflateavrenning fra skog-, jordbruks- og tettstedsarealer nedstrøms vassdragenes målestasjoner, tonn/år.

DELNEDBØRFELT	FJORDAVSNITT	Forurensningstilførsler fra:				TETTSTED ¹		SUM AREALAVRENNING	
		SKOGBRUK		JORDBRUK		Tot-P	Tot-N	Tot-P	Tot-N
Sør for Åroselva		0.18	5.9	0.04	2.0	0.19	1.3	0.41	9.2
Åroselva/Askerelva		0.09	3.2	0.23	11.3	0.47	3.3	0.79	17.8
Askerelva/Neselva	VESTFJORDEN	0.00	0.0	0.15	7.4	0.87	6.1	1.02	13.5
Neselva/Sandvikselva		0.00	0.1	0.00	0.0	0.08	0.6	0.08	0.7
Neselva/Sandvikselva		0.00	0.0	0.02	1.2	0.21	1.5	0.23	2.7
Sandvikselva/Lysakerelva	BÆRUMSBASSENGET	0.00	0.1	0.04	2.0	0.24	1.7	0.28	3.8
Sandvikselva/Lysakerelva		0.00	0.0	0.00	0.0	0.24	1.7	0.24	1.7
Lysakerelva/Mærradalssbekken		0.00	0.0	0.00	0.0	0.04	0.3	0.04	0.3
Mærradalssbekken/Hoffselva	LYSAKERFJORDEN	0.00	0.0	0.00	0.0	0.03	0.2	0.03	0.2
Hoffselva/Frognerelva		0.00	0.0	0.08	3.9	0.05	0.4	0.13	4.3
Hoffselva/Frognerelva		0.00	0.0	0.08	3.9	0.04	0.3	0.12	4.2
Frognerelva/Akerselva	INDRE HAVN	0.00	0.0	0.00	0.0	0.21	1.5	0.21	1.5
Akerselva/Loelva(Alna)		0.00	0.0	0.00	0.0	0.20	1.4	0.20	1.4
Loelva(Alna)/Ljanselva	BEKKELAGSBASSENGET	0.00	0.1	0.00	0.0	0.17	1.2	0.17	1.3
Loelva(Alna)/Ljanselva		0.01	0.3	0.00	0.0	0.17	1.2	0.18	1.5
Ljanselva/Gjersjøelva		0.02	0.5	0.00	0.0	0.18	1.3	0.20	1.8
Gjersjøelva/Årungenelva	BUNNEFJORDEN	0.12	4.1	0.25	12.1	0.00	0.0	0.37	16.2
Sør og vest for Årungenelva		0.23	7.8	0.48	23.4	0.73	5.1	1.47	36.3
Sør og vest for Årungenelva	VESTFJORDEN	0.30	10.0	0.50	24.6	0.72	5.0	1.52	39.6
Sum nedstrømsarealer	INDRE OSLOFJORD	0.95	32.1	1.87	91.8	4.84	34.1	7.66	158.0

1) Tettstedsarealer = areal separatsystem, jfr. tabell B2.10.

Tabell B2.12 Forurensningstilførsler fra befolkning og næringsvirksomhet med utslipp direkte til fjorden eller til vassdrag nedstrøms målestasjon.

DELNEDBØRFELT	FJORDAVSNITT	Antall personekvivalenter (PE) i tilknyttet enkeltanlegg ²		Forurensningstilførsler i tonn/år Tot-P Tot-N
		med direkte utslipp		
Sør for Åroselva		200	250	0.26 1.5
Åroselva/Askerelva		1600	400	0.88 5.3
Askerelva/Neselva	VESTFJORDEN	0	0	0.00 0.0
Neselva/Sandvikselva		0	0	0.00 0.0
Neselva/Sandvikselva		0	0	0.00 0.0
Sandvikselva/Lysakerelva	BÆRUMBASSENGET	850	0	0.31 1.9
Sandvikselva/Lysakerelva		230	100	0.16 0.9
Lysakerelva/Mærradalsbekken		0	0	0.00 0.0
Mærradalsbekken/Hoffselva	LYSAKERFJORDEN	0	0	0.00 0.0
Hoffselva/Frognerelva		0	0	0.00 0.0
Hoffselva/Frognerelva		0	100	0.07 0.4
Frognerelva/Akerselva	INDRE HAVN	0	0	0.00 0.0
Akerselva/Loelva (A1na)		0	760	0.55 3.3
Loelva (A1na)/Ljanselva	BEKKELAGSBASSENGET	0	1110	0.81 4.9
Loelva (A1na)/Ljanselva		0	0	0.00 0.0
Ljanselva/Gjersjøelva		0	0	0.00 0.0
Gjersjøelva/Årungnelva	BUNNEFJORDEN	240	0	0.09 0.5
Sør og vest for Årungnelva		300	200	0.26 1.5
Sør og vest for Årungnelva	VESTFJORDEN	50	1500	1.11 6.7
Sum nedstrømsarealer	INDRE OSLOFJORD	3470	4420	4.50 26.9

1) Bygger dels på Strømmes rapport (Strømme 1988a) og dels på opplysninger innhentet fra den enkelte kommune.

2) Det antas at bare 50% av produserte forurensninger når nærmeste resipient.

Tabell B2.13 Forurensningstilførsler som følge av lekkasjer og overløpsutslipp fra avløpsnett til fjorden eller til vassdrag nedstrøms målestasjon.

DELNEDBØRFELT	FJORDAVSNITT	Brutto tettstedsareal km ²	Lekkasjer fra avløpsnett Tot-P Tot-N tonn/år
Sør for Åroselva		2.5	0.18 0.9
Åroselva/Askerelva		5.6	0.39 2.0
Askerelva/Neselva	VESTFJORDEN	8.7	0.61 3.1
Neselva/Sandvikselva		1.6	0.11 0.6
Neselva/Sandvikselva		5.1	0.36 1.8
Sandvikselva/Lysakerelva	BÆRUMBASSENGET	4.8	0.34 1.7
Sandvikselva/Lysakerelva		4.7	0.33 1.7
Lysakerelva/Mærradalsbekken		2.1	0.15 0.8
Mærradalsbekken/Hoffselva	LYSAKERFJORDEN	0.6	0.04 0.2
Hoffselva/Frognerelva		1.3	0.09 0.5
Hoffselva/Frognerelva		1.1	0.08 0.4
Frognerelva/Akerelva	INDRE HAVN	7.9	0.55 2.8
Akerelva/Loelva (Aina)		5.6	0.39 2.0
Loelva (Aina)/Ljanselva	BEKKELAGSBASSENGET	4.5	0.32 1.6
Loelva (Aina)/Ljanselva		4.5	0.32 1.6
Ljanselva/Gjersjøelva		1.8	0.13 0.6
Gjersjøelva/Årungenelva	BUNNEFJORDEN	0.0	0.00 0.0
Sør og vest for Årungenelva		7.3	0.51 2.6
Sør og vest for Årungenelva	VESTFJORDEN	7.2	0.50 2.6
Sum nedstrømsarealer	INDRE OSLOFJORD	76.9	5.38 27.7

BILAG 3.**MÅLINGER I HOVINBEKKEN VÅREN OG SOMMEREN 1989.**

Målingene i Hovinbekken våren og sommeren 1989, ble utført i tre perioder. En prøvetakingsserie under regnvær 19. - 21. april, og to serier under tørrvær, 2. - 3. mai og 16. - 19. april. Hovinbekken ble valgt av to årsaker. For det første er denne bekken i dag ikke gjenstand for kontinuerlig overvåking, og det var av interesse å fastslå hvilken betydning den har i tilførselssammenheng. For det andre var bekken egnet som objekt for målinger av diffuse tilførsler fra avløpsnett.

Prøvetakingspunktene var lokalisert i kum 271 (OVAs ledningskart: NO D01-2, 1:500) vis à vis Botsfengselet og i en lokal bekkelukking ved Oreliveien 4b på Risløkka. Bekken renner begge steder i rør med diameter henholdsvis 2100 og 1400 mm. Vannføringsmålingene er utført med instrument av typen Detectronic Surveylog levert av det svenske firmaet ProVea. Det ble benyttet automatiske prøvetakere av typen Manning S4040 og S4400.

Målingene ved Botsfengselet skulle gi et tilnærmet riktig bilde av det som transporteres av forurensninger i bekken. Det finnes riktignok to overløp nedstrøms dette prøvetakingspunktet. Tilførslene herfra har en derfor ikke kunnet tallfeste. Resultatet av målingene samt beregning av årlige tilførsler på bakgrunn av nedbørdata, er oppsummert i tabell B3.1.

Tabell B3.1 Beregning av forurensningstilførsler i Hovinbekken ved Botsfengselet.

Årstall	Måleresultater ¹ 1989			Nedbørdata Blindern		Årlig tilførsel	
	$\sum q \cdot c$ kg P	kg N	$\sum q$ m ³	Vanndeficit ² mm	Q mill. m ³	$(Q/\sum q) \cdot \sum q \cdot c$ tonn P	tonn N
1987	8.9	38	33730	317	3.4	0.9	6.0
1988	8.9	38	33730	453	4.9	1.3	8.0

1) Tallene gjelder massetransport og vannmengde summert over fire døgn.

2) Vanndeficit = årsnedbør - årlig fordampning.

q = total vannføring i m³ pr. prøvetakingsperiode.

c = midlere konsentrasjon i mg/l pr. prøvetakingsperiode.

Q = årlig avrennt vannmengde i Hovinbakkens nedbørfelt (10.8 km²).

Beregning av årlige tilførsler i Hovinbekken bygger på svært få måleserier. Beregningsmåten forutsetter at konsentrasjonen i bekken er noenlunde lik under regnvær og tørrvær. Dette synes å være oppfylt. Den største usikkerheten er knyttet til hvorvidt nedbørmålingene på

Blindern er representative for Hovinbakkens nedbørfelt. I en større tilførselssammenheng må forurensningene fra Hovinbekken uansett kunne betraktes som relativt ubetydelig.

Beregning av spillvannslekkasjer til Hovinbekken er gjennomgått i kapittel 4. Rådata fra målingene i Hovinbekken er oppsummert i tabellene på de følgende sider.

Hovinbekken ved Botsfengselet 19. - 21. april 1989.

Tid	Q kbn	TOT-P ugP/l	TOT-N ugN/l	TOT-P kg P	TOT-N kg N
12:30 - 15:30	2049	420	2400	0.86	4.9
15:30 - 18:30	1846	150	1700	0.28	3.1
18:30 - 21:30	1827	140	1650	0.26	3.0
21:30 - 00:30	1845	110	1550	0.20	2.9
00:30 - 03:30	1826	1370	2520	2.50	4.6
03:30 - 06:30	1736	130	1380	0.23	2.4
06:30 - 09:30	1805	130	1380	0.23	2.5
09:30 - 12:30	1977	170	1730	0.34	3.4
13:20 - 16:20	3304	260	1770	0.86	5.8
16:20 - 19:20	2216	190	1560	0.42	3.5
19:20 - 22:20	2012	140	1650	0.28	3.3
22:20 - 01:20	2109	100	1200	0.21	2.5
01:20 - 04:20	2301	110	1320	0.25	3.0
12:30 - 04:20	26853			6.92	45.0
12:30 - 12:30	14911			4.89	26.8

Hovinbekken ved Botsfengselet 2. - 3. mai 1989.

Tid	Q kbn	TOT-P ugP/l	TOT-N ugN/l	TOT-P kg P	TOT-N kg N
12:40 - 16:00	1051	280	1960	0.29	2.1
16:00 - 19:00	919	345	1730	0.32	1.6
19:00 - 22:00	904	190	1520	0.17	1.4
22:00 - 01:00	861	115	1490	0.10	1.3
01:00 - 04:00	886	113	1450	0.10	1.3
04:00 - 07:00	880	220	1400	0.19	1.2
07:00 - 10:00	878	120	1410	0.11	1.2
10:00 - 12:40	779	120	1410	0.09	1.1
12:40 - 12:40	7158			1.37	11.2

Hovinbekken ved Botsfengselet 16. - 17. juni 1989.

Tid	Q kbn	TOT-P ugP/l	TOT-N ugN/l	TOT-P kg P	TOT-N kg N
12:10 - 14:10	674	365	1500	0.25	1.0
14:10 - 16:10	366	405	1650	0.15	0.6
16:10 - 18:10	426	480	1950	0.20	0.8
18:10 - 20:10	471	351	1530	0.17	0.7
20:10 - 22:10	428	225	1500	0.10	0.6
22:10 - 00:10	482	235	1500	0.11	0.7
00:10 - 02:10	546	180	1350	0.10	0.7
02:10 - 04:10	596	162	1320	0.10	0.8
04:10 - 06:10	606	146	1380	0.09	0.8
06:10 - 08:10	645	145	1550	0.09	1.0
08:10 - 10:10	582	140	1320	0.08	0.8
10:10 - 12:10	607	225	1320	0.14	0.8
12:10 - 12:10	6429			1.57	9.5

Hovinbekken ved Botsfengselet 17. - 19. juni 1989.

Tid	Q kbn	TOT-P ugP/l	TOT-N ugN/l	TOT-P kg P	TOT-N kg N
14:00 - 22:00	2246	277	1410	0.62	3.2
22:00 - 02:00	1039	195	1500	0.20	1.6
02:00 - 06:00	930	195	1200	0.18	1.1
06:00 - 10:00	869	155	1320	0.13	1.1
10:00 - 14:00	758	145	1280	0.11	1.0
14:00 - 18:00	847	210	1170	0.18	1.0
18:00 - 22:00	783	223	1470	0.17	1.2
22:00 - 02:00	808	370	1370	0.30	1.1
02:00 - 06:00	866	190	1370	0.16	1.2
06:00 - 10:00	981	165	1350	0.16	1.3
10:00 - 14:00	680	215	1230	0.15	0.8
14:00 - 14:00	10807			2.37	14.6
22:00 - 22:00	5226			0.98	6.9

Hovinbekken ved Risløkka 2. - 3. mai 1989.

Tid	Q kbn	TOT-P ugP/l	TOT-N ugN/l	TOT-P kg P	TOT-N kg N
12:40 - 16:00	663	86	1470	0.06	1.0
16:00 - 19:00	567	80	1670	0.05	0.9
19:00 - 22:00	543	155	1700	0.08	0.9
22:00 - 01:00	539	66	1350	0.04	0.7
01:00 - 04:00	501	60	1320	0.03	0.7
04:00 - 07:00	518	68	1320	0.04	0.7
07:00 - 10:00	477	85	1450	0.04	0.7
10:00 - 12:40	469	100	1440	0.05	0.7
12:40 - 12:40	4277			0.37	6.3

Hovinbekken ved Risløkka 16. - 17. juni 1989.

Tid	Q kbn	TOT-P ugP/l	TOT-N ugN/l	TOT-P kg P	TOT-N kg N
12:40 - 14:40	140	124	1770	0.02	0.2
14:40 - 16:40	162	70	1280	0.01	0.2
16:40 - 18:40	165	88	1350	0.01	0.2
18:40 - 20:40	161	92	1380	0.01	0.2
20:40 - 22:40	146	80	1230	0.01	0.2
22:40 - 00:40	154	75	1460	0.01	0.2
00:40 - 02:40	164	74	1500	0.01	0.2
02:40 - 04:40	137	71	1350	0.01	0.2
04:40 - 06:40	131	70	1200	0.01	0.2
06:40 - 08:40	161	80	1130	0.01	0.2
08:40 - 10:40	180	170	1310	0.03	0.2
10:40 - 12:40	165	140	1310	0.02	0.2
12:40 - 12:40	1866			0.18	2.5

Hovinbekken ved Risløkka 17. - 18. juni 1989.

Tid	Q kbn	TOT-P ugP/l	TOT-N ugN/l	TOT-P kg P	TOT-N kg N
19:30 - 23:30	305	80	1280	0.02	0.4
23:30 - 03:30	307	81	1320	0.02	0.4
03:30 - 07:30	279	80	1230	0.02	0.3
07:30 - 11:30	341	70	1170	0.02	0.4
11:30 - 15:30	348	86	1130	0.03	0.4
15:30 - 19:30	326	230	1350	0.07	0.4
19:30 - 19:30	1906			0.20	2.4

REFERANSER.

- Alsaker-Nøstdahl, B. 1979. Forurensningstilførsler til Indre Oslofjord 1977. Rapport nr. 4. NIVA O-78084. 56s.
- Alsaker-Nøstdahl, B. & T. A. Kristoffersen 1980. Forurensningstilførsler til Indre Oslofjord 1978. Rapport nr. 5. NIVA O-78084. 65s.
- Alsaker-Nøstdahl, B. & T. A. Kristoffersen 1981. Forurensningstilførsler til Indre Oslofjord 1979-80. NIVA O-78084. 59s.
- Baalsrud, K. & G. Holtan 1987. Forurensningsprognose for Indre Oslofjord. NIVA O-86209. 37s.
- Berge, D., S. Rognerud & M. Johannesen 1979. Telemarksvassdraget. Foredrag, Norsk Siviling. Forening, Fagernes. 4s.
- Brink, W. & A. Gustafson 1970. Kväve och fosfor från skog, åker och bebyggelse. Lantbrukshögskolan, inst. för markvetenskap. Vattenvård nr. 1. 108s.
- Dahl, I 1982. Hølenvassdraget. Hovedrapport om forurensningstilførsler og stofftransport 1977-80. NIVA F-80420. 72s.
- Eriksson, E. & H. Holtan 1974. Hydrokjemi. Kjemiska processer i vattnets kretslop. Nordic IHD. Report No. 7. 124s.
- Faafeng, B. & J. E. Løvik 1988. Overvåking av Gjersjøen - Akershus. Rutineundersøkelse 1987. NIVA O-70006. 62s.
- Køhler, J. Chr. 1986. Fosforlekkasje fra avløpsledninger i området Smestad - Skådalen i Oslo. GEF0. 16s.
- Lindholm, O. 1976. Forurensning i overvann. PRA 4.7. NIVA O-57/74. 55s.
- Lindholm, O. 1988. Nedbørdata for avløpsberegninger. Sammenligning av modellregn og tidsseriemetode. Prosjektrapport 78/88 NTF. 58s.
- Lygren, E. 1978. Avløpsvannets mengde og sammensetning. PRA 1.1. NIVA O-73/76. 73s.
- Moland, T. 1985. Spilvannsforurensning i overvannsnett. Saneringsplan for avløpsnett i Oslo, rapport nr. 3. OVA. 51s.

Moland, T. 1988. Innlekking til avløpsnett. Saneringsplan for avløpsnett i Oslo, rapport nr. 6. OVA. 39s.

Nicholls, M. & T. A. Lindgaard 1982. Forurensningstilførsler til Indre Oslofjord 1981. NIVA 0-78084. 42s.

Rosland, D. S. 1989. Forurensningstilførsler til Indre Oslofjord (fra Oslo). OVA. 86s.

Rosland, F. & O. Grøterud 1981. Vannbalanse og stofftransport i Årungens nedbørfelt 1977-1979. Institutt for hydroteknikk, NLH. 54s.

Strømme 1988a. Ytterligere reduksjon av forurensningen i Indre Oslofjord. Delrapport om tiltak på ledningsnett. SFT. 87s.

Strømme 1988b. Overløpene i Oslo. Saneringsplan for avløpsnett i Oslo, rapport nr. 4. OVA. 112s.

Sæther, M. Rostad 1988. Prøvetaking og konservering på avløpsanlegg. Miljøvern avdelingen i Buskerud, rapport nr. 4/88. SFT. 42s.

Uhlen, G. & H. Lundekvam 1988. Avrenning av nitrogen, fosfor og jord fra jordbruket 1949 - 1979/88. Rapport nr. 7. SEFO. 31s.

Vråle, L. 1987. Forurensningsmodell for avløpsvann fra boliger. Bestemmelse av spesifikke tall. NIVA 0-86121. 115s.

Vråle, L., O. Lien & T. E. Urdahl 1977. Forurensningstilførsler til Indre Oslofjord. Systemopplegg og kartlegging 1975. Rapport nr. 2. NIVA 0 160/71. 59s.

Wold, T. 1988. Vassdrag i Oslo, 1981-1986. Hovedrapport. OVA.

Wold, T. 1989. Bekkelaget renseanlegg. Kvartalsrapport 4. kvartal 1988. OVA.

Østeraas, T. 1986. Fosforlekkasje fra avløpsledninger. Påvisning av fosforlekkasje. Vurdering av konsekvenser for resipienten. GEFO. 54s.

Aaby, L. 1989. Forurensninger fra overløp. Brukerrapport 90/88. Program for VAR-teknikk, NTNf. (under utarb.)