

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

O-78084

Forurensningstranpsort i tørrvær og regnvær i et urbant vassdrag

HOFFSELVA SOMMEREN 1976

22. desember 1981

Saksbehandler: Lasse Vråle

Medarbeidere: John Sirum

Jørunn Ofte

Sveinn Thorolfsson

Sverre O. Bjune

For administrasjonen:

J.E.Samdaal

Lars Overrein

NIVAs hustrykkeri

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse:
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Brekke 23 52 80
Gaustadalleen 46 69 60
Kjeller 71 47 59

Rapportnummer:

0-78084

Undernummer:

V

Løpenummer:

1350

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: FORURENSNINGSTRANSPORT I TØRRVÆR OG REGNVÆR I ET URBANT VASSDRAG. HOFFSELVA SOMMEREN 1976	Dato: 22.12.1981
	Prosjektnummer: 7808402
Forfatter(e): Saksbeh. Siv.ing. Lasse Vråle Medarbeid. " " John Sirum " " " Jørunn Ofte " " " Sveinn Thorolfsson " " " Sverre O. Bjune	Faggruppe:
	Geografisk område: Oslo
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver: FAGRÅDET FOR KLOAKKSAMARBEID I INDRE OSLOFJORD	Oppdragsg. ref. (evt. NTF-nr.): H.N. Christiansen
---	--

Ekstrakt:
Forurensningstransporten i Hoffselva i Oslo kommune ble undersøkt sommeren 1976 under forskjellige værforhold. Fire tørrværsdøgn og 3 regnvær er undersøkt. Resultatene viser at økende vannføring innvirker sterkt på forurensningstilførslene, i alle fall over en kortere periode. Undersøkelsen viste også at forurensningstilførslene ut via Hoffselva tilsvarte ca. 17 000 personenheter. Prøvene ble tatt før påslippene til SRV-tunnelen ble tilkoblet.

4 emneord, norske:
1. Urban hydrologi
2. Forurensningstilførsler
3. Tilføringsgrad
4. Hoffselva, Oslo

4 emneord, engelske:
1. Urban hydrologi
2. Pollution load
3. Degree of collection
4. Hoffselva, Oslo

Prosjektleder:

Kaare Vennerød

Seksjonsleder:

Hilma Kvaløen

For administrasjonen:

J.F. Samdal

Kaare Vennerød

ISBN 82-577-0454-7

FORORD

Rapporten beskriver undersøkelser av forurensningstransporten i et urbant vassdrag, Hoffselva, som er et av de 13 vassdragene som er registrert i tilførselsprogrammet til indre Oslofjord.

Hensikten med å velge ut Hoffselva i Oslo kommune som studieelv for forurensningstilførsler, var å få klarlagt nærmere hvilke transportmekanismer som gjør seg gjeldende og hvordan tilførselen varierer under tørrværsdøgn og i perioder med nedbør.

Målsettingen var opprinnelig at resultatene fra undersøkelsene skulle danne basis for hvordan vannføringsmålingene og prøvetakningen i de 13 elvene skulle gjennomføres.

Prosjektet ble planlagt i sammenheng med NIVA-prosjektet 0160/71 "Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i indre Oslofjord. Forurensningstilførsler til indre Oslofjord. Systemopplegg og kartlegging 1975. Rapport nr. 2".

Arbeidet ble utført ved hjelp av stipendiater på NIVA i 1976, men av forskjellige grunner ble det ikke rapportert umiddelbart.

I samarbeid med Fagrådet for kloakksamarbeid i indre Oslofjord ved overing. Nordahl Christiansen har det nå vært mulig å finansiere fullførelsen og utgivelsen av rapporten.

Jeg ønsker å rette en takk til driftsavdelingen ved OVK og til overing. Hallberg ved kjemiseksjonen som har bidratt i forbindelse med undersøkelsen.

Brekke 22. desember 1981



Lasse Vråle

INNHOLDSFORTEGNELSE

	SIDE
FORORD	
INNHOLDSFORTEGNELSE	
FIGUROVERSIKT	
TABELLOVERSIKT	
1.0 INNLEDNING	1
2.0 HENSIKT MED UNDERSØKELSEN	2
3.0 BESKRIVELSE AV VASSDRAGET	4
4.0 MÅLEOPPLEGG	8
4.1 Beskrivelse av målestasjon	8
4.2 Prøvetakning og kjemiske analyser	10
4.3 Utførte målinger	11
5. RESULTATER	13
5.1 Vannføringsmålinger	13
5.2 Forurensningstransport under tørrvær	15
5.2.1 Konsentrasjoner	15
5.2.2 Massetransport	20
5.2.3 Forurensningsbelastning	20
5.3 Forurensningstransport under regnvær	25
5.3.1 Nedbørsmålinger	25
5.3.2 Regnvær søndag 11.7.1976	29
5.3.3 Regnvær 2.-3.8.1976	29
5.3.4 Regnvær 30.-31.8.1976	33
5.3.5 Forurensningsbelastning	38
6. Vurdering av resultatene	41
7. Konklusjoner	43
8. Litteratur	45
 BILAG - ANALYSERESULTATER	 46

FIGURFORTEGNELSE

- Figur 1 Oversiktskart
- " 2 Ballofettrenna i Hoffselva ved Skøyen Bilsentral
- " 3 Vannmålerstasjonen i nedre del av Hoffselva
- " 4 Målt vannføring i prøvetakingsperioden
 ←-! Perioder hvor det er tatt prøver
- " 5 Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under tørrvær
 17.6.1976
- " 6 Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under tørrvær
 22. og 23.6.1976
- " 7 Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under tørrvær
 24. og 25.6.1976
- " 8 Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under tørrvær
 2. og 3.9.1976
- " 9 Massetransport i Hoffselva under tørrvær 17.6.1976
- " 10 Massetransport i Hoffselva under tørrvær 22. og 23.6.1976
- " 11 Forurensningstransport i Hoffselva under tørrvær
 24. og 25.6.1976
- " 12 Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under regnvær
 søndag 11.7.1976
- " 13 Massetransport i Hoffselva under regnvær 11.7.1976
- " 14 Konsentrasjoner, vannføring og massetransport i regnvær
 2. og 3.8.1976
- " 15 Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under regnvær
 30. og 31.8.1976
- " 16 Konsentrasjoner før, under og etter regnvær 30.8.1976 i
 Hoffselva
- " 17 Forurensningstransport i Hoffselva under regnvær 30.8.1976

TABELLOVERSIKT

Tabell nr. 1	Oversikt over prøveserier i Hoffselva tatt sommeren 1976
Tabell nr. 2	Gjennomsnittskonsentrasjoner under tørrvær
Tabell nr. 3	Forurensningsbelastning i Hoffselva ved tørrværsavrenning
Tabell nr. 4	TABELL OVER DAGLIGE NEDBØRHØYDER
Tabell nr. 5	Data fra 3 regnværsperioder (Blindern)
Tabell nr. 6	Analyseverdier av vannprøver tatt hvert 10 minutt i Hoffselva 30.8.1976
Tabell nr. 7	Analyseverdier av vannprøver tatt i Hoffselva under regnvær 30.8.1976
Tabell nr. 8	Stofftransport under regnvær

1.0 INNLEDNING

På det tidspunkt undersøkelsene i Hoffselva ble gjennomført sommeren 1976, forelå det få opplysninger om hvordan forurensningstilførslene transporteres til fjorden via vassdrag og hvilke forurensningsmengder det dreier seg om. Det var viktig å få klarlagt hvilke forurensningskilder som belaster et urbant vassdrag og hvordan forurensningstransporten foregår. Som en start på dette arbeid ble Hoffselva i Oslo valgt ut for å se på transporten i detalj. Utgangspunktet var at ett slikt nærmere studium kunne bringe mer klarhet i hvordan undersøkelsene i de øvrige 13 vassdrag, som inngikk i programmet for forurensningstilførsler til Indre Oslofjord, burde legges opp. Undersøkelsen kunne på denne måten være en rettesnor for det programmet som på det tidspunkt ble utarbeidet. Undersøkelsen ville også øke forståelsen for urbane forurensningstilførsler og være ett ledd i forklaringen på hvor en del av spillvannet som ikke kom fram til renseanleggene tok vegen.

2.0 HENSIKT MED UNDERSØKELSEN

Det forelå en rekke ubesvarte spørsmål når det gjaldt forurensningsnivåene i vassdragene, variasjonene og hvordan vannføring og prøvetakning best skulle legges opp. De spørsmål vi ønsket å få svar på gjennom undersøkelsen var blant annet:

- a) Hvor forurenset er elva, og hva er årsakene?
- b) Hva betyr vannføringsøkning og nedbør for transporten ut i hovedresipienten?
- c) Hvordan skal vi best legge opp et prøvetakningsprogram for å få representative transportverdier?

Hoffselva ble valgt ut som en gjennomsnittselv med en del urbane områder, en del villabebyggelse og en del åpne markområder. Dessuten var det bygget en vannmålerstasjon i elvas nedre parti, og det var lett å rigge til en prøvetakningsstasjon.

Ved å undersøke vannkvaliteten i elva ved målestasjonen under tørrvær kunne en skaffe seg et bilde av hva tørrværstransporten utgjør. Stikkprøver tatt 2. hver time i løpet av noen tørrværsdøgn ville avsløre om konsentrasjonssvingningene pulserte i takt med den menneskelige døgnrytme og derved indikere at spillvann direkte belaster vassdraget.

Det var også viktig å få avklart hvilke transportmekanismer som virker for eksempel under nedbør og hvordan forurensningstransporten øker i slike perioder. Det ble derfor lagt opp til å ta tette prøveserier i nedbørsperioder for å få med toppene.

Vi var også svært opptatt av å klarlegge om forurensningsøkningen under nedbør skyldes:

- a) løsspylte, sedimenterte forurensninger fra bunnen av ledningsnett og fra overløp som trer i funksjon

- b) Løsspylte, sedimenterte forurensninger i slamlommer i bunnen av vassdraget
- c) Forurensninger fra overflaten som følger med regnvannet til vassdraget

Tanken var også å øke vannføringen i vassdraget med kunstig øket tilførsel for å øremerke økningen i forurensningstransporten, ved å se på hva slamlommene i vassdraget bidrar med. Selvrensningseffekten i vassdraget var også tenkt undersøkt nærmere. Disse undersøkelsene kom imidlertid ikke til utførelse.

På bakgrunn av resultatene fra undersøkelsene var hensikten å legge opp et program for de øvrige elvene til indre Oslofjord slik at prøvene ble mest mulig representative for årstransporten.

3. BESKRIVELSE AV VASSDRAGET

Hoffselva har utspring i Nordmarka (figur 1). Det er ingen eksakt kilde, men forskjellige bekkefar som etter hvert utgjør et hovedløp fra Skådalen og et sideløp fra Midtstuen. Disse møtes i Holmenhavna ovenfor Stasjonsveien og fortsetter gjennom Holmendammen, Øvre og Nedre Smestaddam. Fra Holmen/Husebyområdet kommer et sideløp, Makrellbekken, langs Røabanen ned forbi Smestad brannstasjon og ut i Hoffselva like ovenfor Hoffsdammen. Hovedløpet går videre ned mot Skøyen, krysser under jernbanen ved Drammensveien og går ut i Bestumkilen.

Hele nedbørfeltet er på 14.5 km². 11 - 12 km² er bebygd areal, stort sett åpen villabebyggelse. Det var i 1968 bosatt i dette området ca. 19 000 personer. I tillegg kommer forurensningsproduksjon fra ervervsvirksomhet.

Forurensningen til Hoffselva kommer hovedsakelig fra store kommunale ledninger som munner ut i elva helt nede i Skøyenområdet. Disse vil stort sett bli tatt hånd om ved åpningen av den vestgående tunnelen. De mindre utslippene som da er igjen, kan deles i tre grupper:

1) direkte enkeltutslipp, 2) feilkoblinger, 3) overløp.

I ca. 70% av det bebygde område er det lagt fellessystem.

Store punktutslipp

1. Båtlageret ved munningen. Betydelige mengder diffus-utslipp av olje
2. Flere ledninger med oljeholdig vann fra blant annet bensinstasjon og bilforretninger. Dessuten noen boliger
3. Kulvert (1,2 x 0,6) dekker boligområdene mot Frognerelva og Skøyen Hovedgård. Området inneholder tre bensinstasjoner, steamrens - og understellsbehandling, fire bilforretninger og bilverksted
4. 18" ledning dekker området opp mot Mærradalsbekken og Store Ringvei. Tilknyttet diverse industri og forretninger hvorav fermenteringsrester fra farmasøytisk industri dominerte

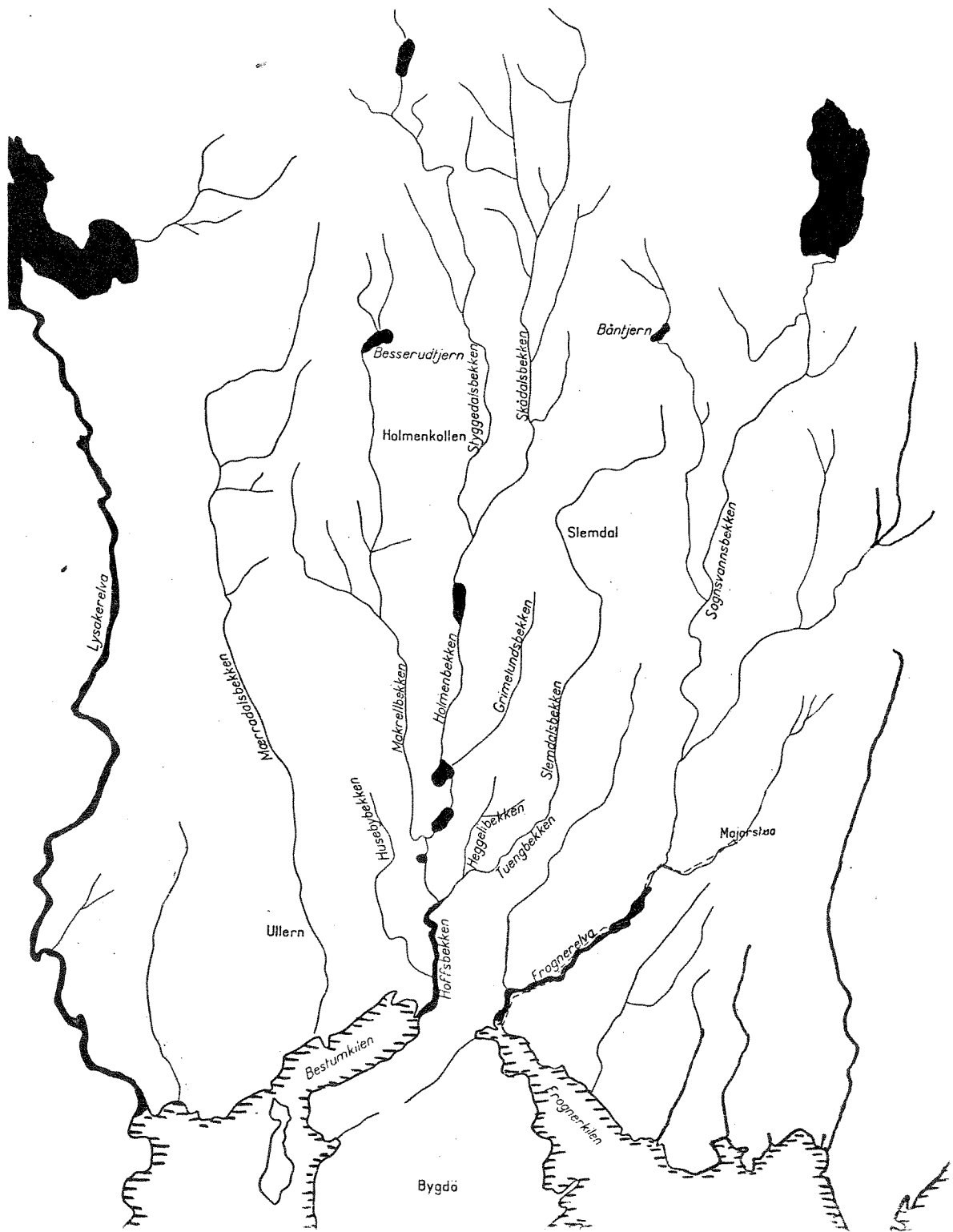


Fig. 1. Oversiktskart.

5. 24" ledning dekker området Montebello, Huseby og vestsiden av elva
6. 1,1 m kulvert og 900 mm ledning dekker området mot Majorstua, Riis, Slemdal og hele østsiden av elva.

I følge OVK gikk noe kloakkutslipp fra Mærradalsbekkfeltet ut i Hoffselva. Dette skyldtes en feilkobling.

Prøvetakingspunktet er plassert litt opp i elva slik at avrenninga fra det nederste området ikke kommer med i målingene. OVK antyder anslagsvis at avløpsvann fra 20 000 - 27 000 personenheter gikk ut i Hoffselva ovenfor prøvetakingspunktet i 1976, dette medregnet avløpet fra næringsvirksomhet i området. Usikkerheten angående antallet skyldes at en ikke vet størrelsen på utslippet fra Mærradalsbekkfeltet.

Befaring oppover bekken (mai 1976) viste at opp til utslipp nr. 6 var elva som kloakk å regne. Alle parametre som sikt, lukt, stofftransport viste dette. En har heterotrof begroing som den dominerende. Store slamavsetninger (0,5 - 1,0 m dype) med anaerob gjæring og gassproduksjon ble observert.

Ovenfor dette utslippet var det en radikal bedring. Eutrof begroing overtar, insektlarver ble observert (Sialis).

Videre oppover mot Hoffsdammen er det stadig fall og stryk. Vannet luftes godt; slik at selvrensingen er betydelig.

Mellom Hoffsdammen og Øvre Smestad dam ble det registrert en tydelig lokal påvirkning av kloakkutslipp. Her ble den første fisk observert, 2 - 3 abborer i en kulp.

På strekningen opp mot Holmendammen var elva relativt ren. Stryk og fall sikret oksygenmetning. En kan regne med at fisk kan reproduseres.

Ovenfor Holmendammen deler elva seg i et vestre og østre løp.

Det ble registrert lite eller ingen forurensning av elva her. Et overløp ved Dagaliveien i vestre løp ga lokal virkning.

Ovenfor Holmenkollbanen virket begge elveløpene rene og upåvirket.

4.0 MÅLEOPPLEGG

4.1 Beskrivelse av målestasjon

Vannføringsmålingen tas i den tidligere anlagte Ballofettrenna ved Skøyen Bilsentral, som vist på figur nr. 2.



Figur nr. 2. Ballofettrenna i Hoffselva ved Skøyen Bilsentral.

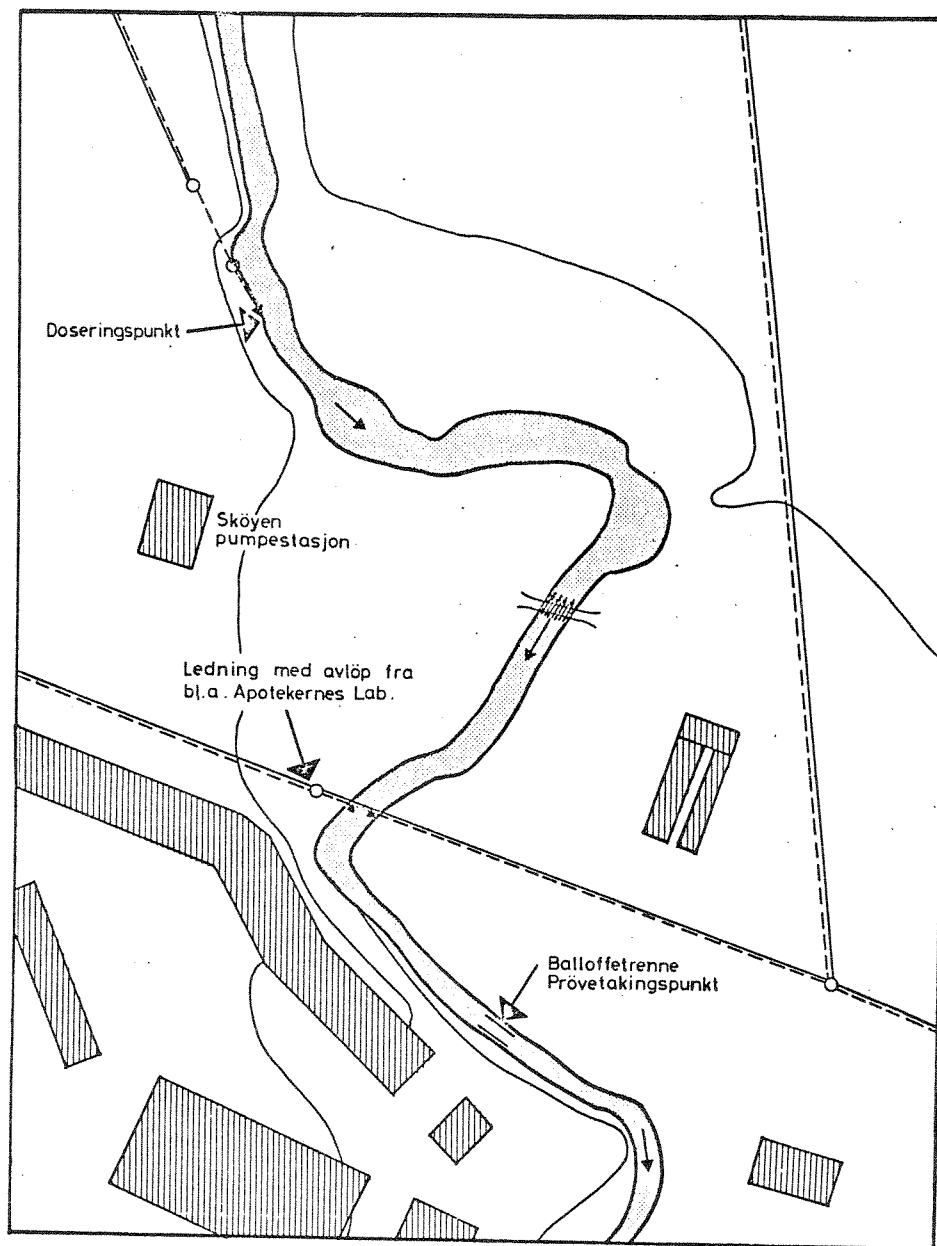


Fig.3 Vannmålerstasjonen i nedre del av Hoffselva.

Denne var i dårlig stand og måtte opprenskes og settes i orden før målingene kunne ta til. Et annet problem var at Skøyen Bilsentral hadde utvidet sitt parkeringsområde på bekostning av bekkedraget og innsnevret dette, slik at vannet ble oppstuvet i renna. Dette påvirker målingsresultatene.

Skøyen Bilsentral ble derfor bedt om å rydde opp i bekken. Det ble også foretatt kontrollmålinger for å kalibrere renna. Figur nr. 3 viser en skisse over målestedet.

Vannivået i renna ble registrert ved hjelp av limnigraf. Vannføringen ble beregnet ut fra Q-H kurven for den kalibrerte renna. Vannføringen ble målt kontinuerlig fra midten av juli 1976 og ut september 1976.

4.2 Prøvetaking og kjemiske analyser

Det ble tatt vannprøver til kjemisk analyse under 4 separate døgner med tørrværsavrenning, og under 3 døgner med regnvær. Prøvene under tørrværsavrenningen ble tatt med 2 timers mellomrom med en vakuumpøvetaker. Prøvene under regnvær ble i hovedsak tatt manuelt med varierende tidsintervall. Dette opplegget krever høy beredskap og god orientering om vær-situasjonen. Det var svært viktig å ile til målestasjonen straks det trakk opp til regnvær, slik at vi kunne ta prøver av ellevannet også før vannføringen begynte å stige.

Den kjemiske analyse ble utført ved NIVAs laboratorium. Det ble analysert på følgende parametre.

- Bly, Pb
- Total nitrogen, Tot-N
- Total forfor, Tot-P
- Ortofosfat, Orto-P
- Kjemisk oksygenforbruk, KOF

Ortofosfatinnholdet ble målt på filtrerte prøver. De andre parametrene ble målt på ufiltrerte prøver.

4.3 Utførte målinger

Tabell nr. 1 viser en oversikt over de ni forskjellige prøveseriene som ble gjennomført. Prøveserie nr. 1, 2, 3 og 9 omfatter tørrværsdøgn med 24 timers varighet med unntagelse av serie nr. 1 som bare varte i 10 timer. Alle prøvene er tatt med en prøvetaker som tar individuelle prøver hver 2. time. Hver av prøvene er analysert individuelt, slik at variasjonene over døgnet kan studeres.

I tillegg er det utført prøvetakning under 3 forskjellige nedbørtilfeller omtalt som regnvær nr. 1, 2 og 3. To av disse nedbørsperiodene var korte og intense. Regnvær nr. 1 faller inn under prøvetakningsserie nr. 4 på søndag 11.7. Prøvene ble tatt manuelt. Regnvær nr. 2 er registrert under periode 5 og omfatter en OVK prøvedag, da det tilfeldigvis satte inn et regnvær. NIVA fikk anledning til å ta tilleggsanalyser på disse prøvene. Det siste regnværet nr. 3 falt på 30.8. og omfatter hele 3 forskjellige serier. Serie nr. 6 omfatter prøver hvert 10ende minutt fra kl. 14.00 til kl. 15.20. Serie nr. 7 omfatter prøver med forskjellig hyppighet fra kl. 18.00 til kl. 20.25. Serie nr. 8 ble tatt med prøvetaker hver time i ett døgn fra kl. 19.15 til kl. 19.45 neste dag, 31.8.

Tabell nr. 1 Oversikt over prøveserier i Hoffselva tatt sommeren 1976

Serie	Dato	Ukedag Værforhold	Metode	Prøvetaking Hyppighet	Varighet	Klokkeslett
1	17.6	Torsdag Tørrvær	Prøvetaker	2 timer	10 timer	13.00 - 23.00
2	22.6 - 23.6	Tirsd.-onsd. Tørrv.	"	2 timer	1 døgn	15.30 - 13.30
3	24.6 - 25.6	Torsd.-fred. Tørrv.	"	2 timer	1 døgn	13.30 - 11.30
4	11.7	Søndag Styrtregn	Manuelt	Variierende		12.15 - 19.00
5	2.8 - 3.8	Tirsd.-onsd. OVK Regn	Prøvetaker	2 timer	1 døgn	10.00 - 10.00
6	30.8	Mandag Småregn	Manuelt	10 min.	1 time 20 min.	14.00 - 15.20
7	30.8	Mandag Styrtregn	Manuelt	Variierende	1½ time	18.50 - 20.25
8	30.8 - 31.8	Mand.-tirsd. Stytr. opph.	Prøvetaker	½ time/1 time	1 døgn	19.15 - 19.45
9	2.9 - 3.9	Torsd.-fred. Tørrv.	Prøvetaker	2 timer	1 døgn	10.00 - 08.00

5. RESULTATER

5.1 Vannføringsmålinger

I figur 4 er vannføringen som er registrert i målerenna tegnet opp. Av denne kan en se at vannføringen både varierer over døgnet, uka og hele måleperioden.

Vannføringen varierer over dager og uker.

Tørrvørsavrenningen er lavere om natta enn på dagtid. Typiske verdier er $0.18 \text{ m}^3/\text{s}$ om dagen, $0.14 \text{ m}^3/\text{s}$ om natta. Vannføringen øker raskt fra kl. 7.00 til kl. 8.00 på hverdager. I helgene er ikke denne døgnvariasjonen så stor. Dette variasjonsmønsteret er helt likt det en får ved målinger av vannføring i kloakkledninger og det er naturlig å tro at endringen skyldes direkte kloakkvannspåvirkning.

Variasjon over måleperioden

Perioden er karakterisert av lange tørrvørsperioder. Tørrvørsavrenningen er lavest i ferieperioden fra juli til midt i august. Typiske verdier for middeltilrenningen er i juni $0.16 - 0.19 \text{ m}^3/\text{s}$, i juli $0.12 - 0.14 \text{ m}^3/\text{s}$ og september $0.17 - 0.20 \text{ m}^3/\text{s}$.

En stor del av denne vannføringen skyldes avløpsvann. Til sammenligning kan vi si at hvis vi antar $500 \text{ l/person-døgn}$ som spesifikk avrenning og 20000 personer i feltet, vil det gi en vannføring på $0.11 \text{ m}^3/\text{s}$.

Regnværene i måleperioden var få og av kort varighet. I september var det et par regnvørsperioder av flere døgns varighet. Den avrenninga som hvert enkelt regnvær var opphav til, tilsvarte fra et halvt til ett døgns tørrvørsavrenning. Regnværet 14.9 var noe større.

Ved regnværene 11.7 og 14.9 ble det målt maksimalverdier på henholdsvis $0.94 \text{ m}^3/\text{s}$ og $1.10 \text{ m}^3/\text{s}$.

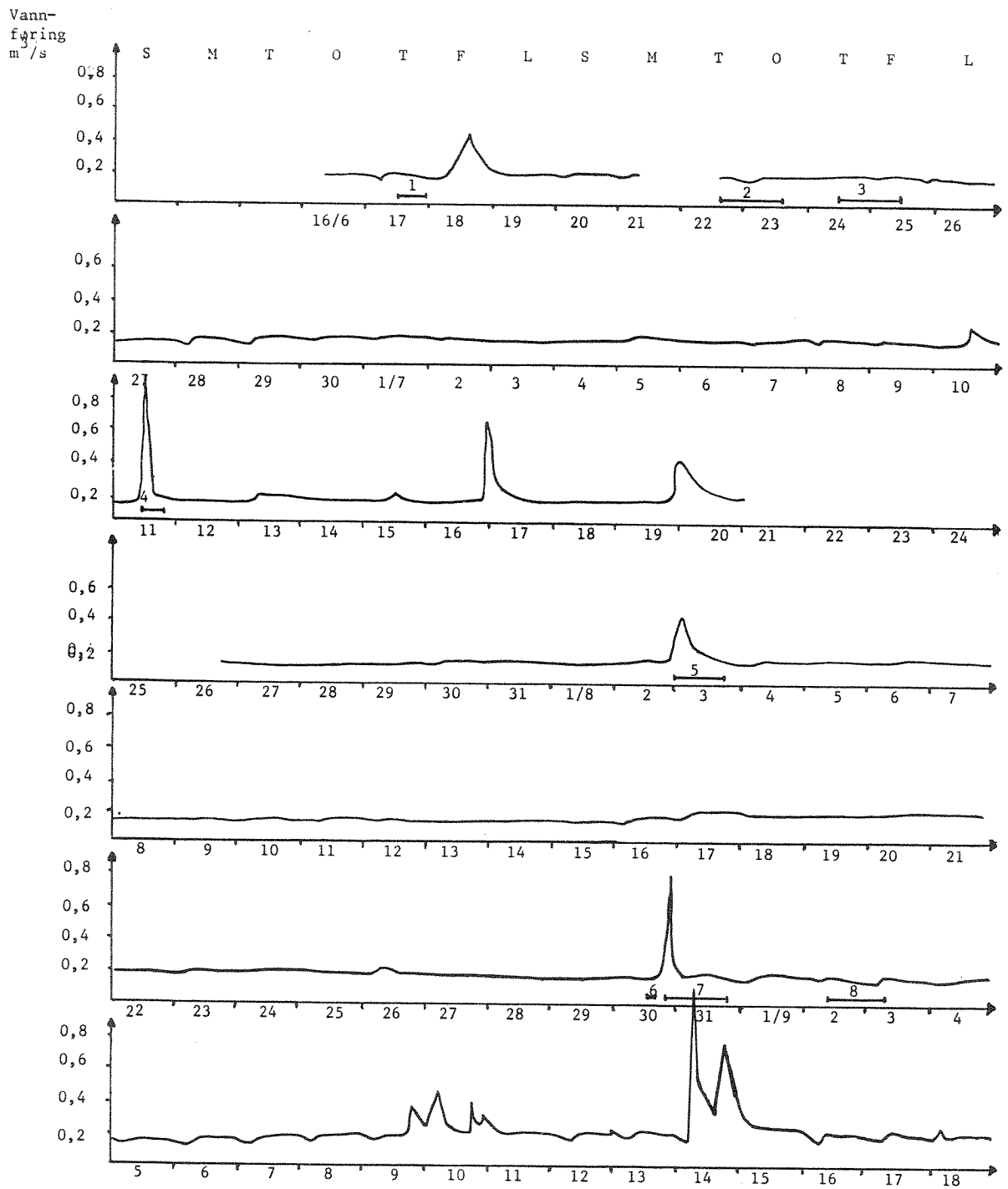


Fig. 4. Målt vannføring i prøvetakingsperioden.

▬ Perioder hvor det er tatt prøver.

5.2 Forurensningstransport under tørrvær

Det er tatt vannprøver under tørrvær ved målestasjonen i Hoffselva i tre forskjellige døgn 22. - 23. juni, 24. - 25. juni og 2. - 3. september 1976; 12 separate prøver annenhver time for hvert døgn. I tillegg er det tatt 7 prøver fra kl. 11.00 til kl. 23.00 den 17. juni. Under OVKs rutinemessige prøvetakning 2. - 3. august begynte det å regne kl. 22.00 om natten. De 7 første prøvene som ble tatt fra kl. 10.00 til kl. 22.00 representerer derfor tørrværsvannføring.

5.2.1 Konsentrasjoner

I figur nr. 5 har vi fremstilt konsentrasjonene av TOT-P og KOF for vannprøvene tatt 17.6. Figur nr. 6, 7 og 8 viser variasjonene av konsentrasjoner av bly, TOT-N, TOT-P, Orto-P og KOF over hele døgnet for de 3 hele tørrværsdøgnene.

Kurvene forteller flere interessante trekk. For det første forteller konsentrasjonsnivåene at vannet er like konsentrert som det kloakkvannet som vanligvis belaster de store renseanleggene. Alle parametre har lavere verdier om natta og viser svingninger i takt med den menneskelige døgnrytmen. Dette viser at det forekommer en betydelig direkte kloakktilførsel til Hoffselva og at vannet nærmest er å betrakte som kloakkvann.

Forholdet mellom total fosfor og ortofosfat synes å holde seg temmelig konstant over døgnet i alle tre tørrværsdøgn. Andelen ortofosfat er beregnet til 75% som også er vanlig i råkloakk.

Bly og total-nitrogen konsentrasjonene viser en noe jevnere belastning over døgnet med unntagelse av noen topper. Hovedbidraget av TOT-N kommer fra husholdningskloakken. Enkelte topper kan skyldes enkeltbidrag fra industri.

Blykonsentrasjonene øker i enkelte tilfeller uten at dette helt kan forklares. En årsak kan være at øket vannføring for eksempel i tiden mellom

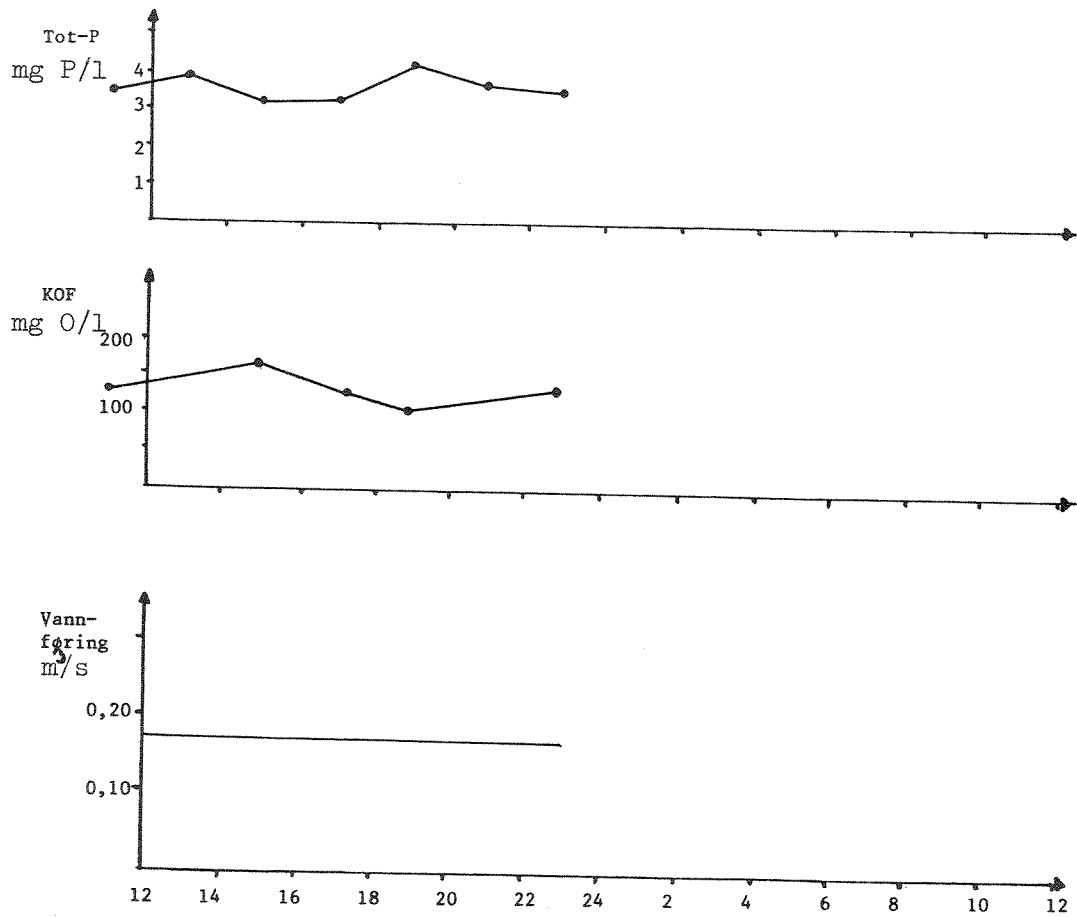


Fig. 5. Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under tørrvær
17.6.1976

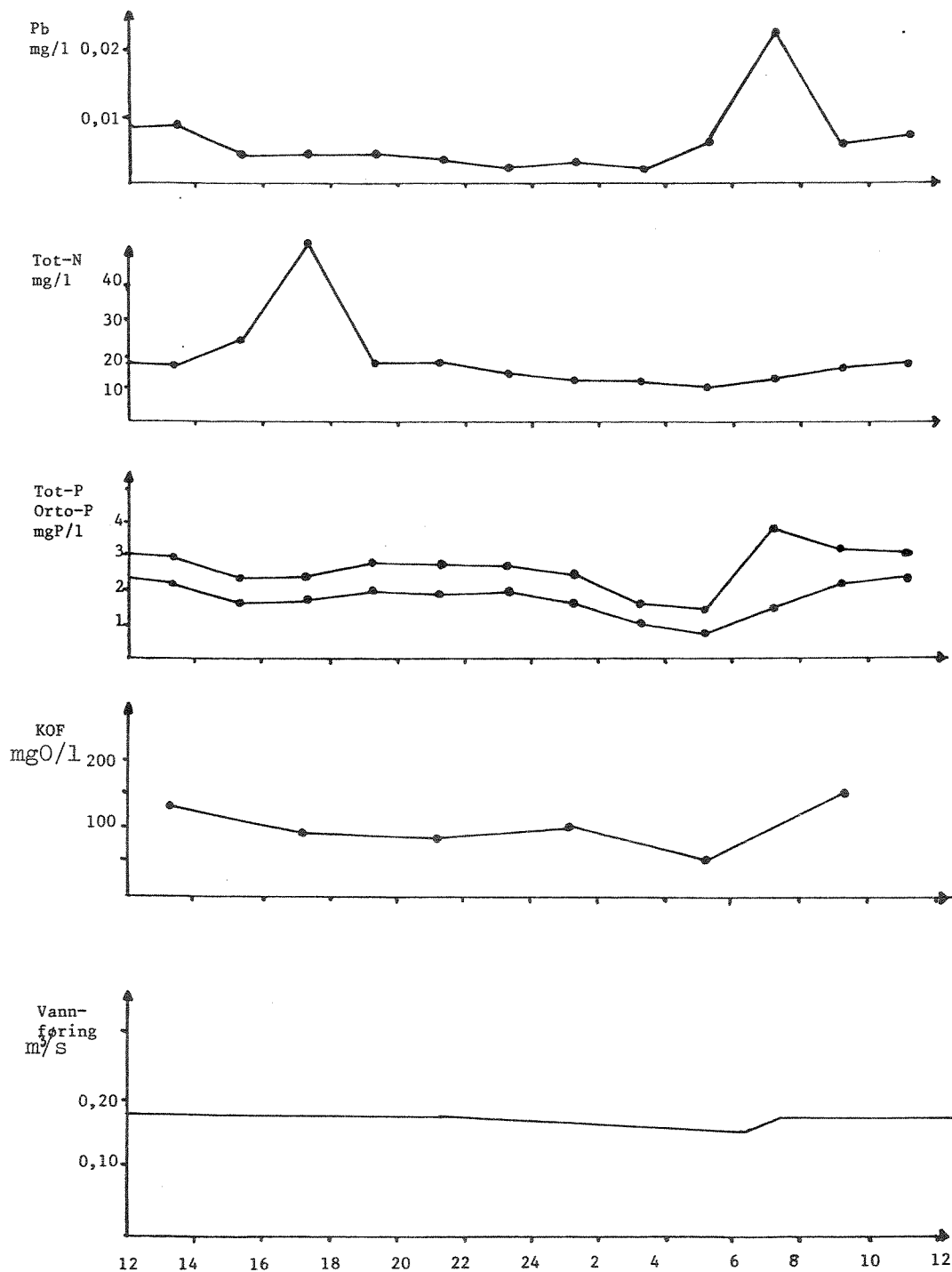


Fig. 6. Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under tørrvær 22. og 23.6.1976.

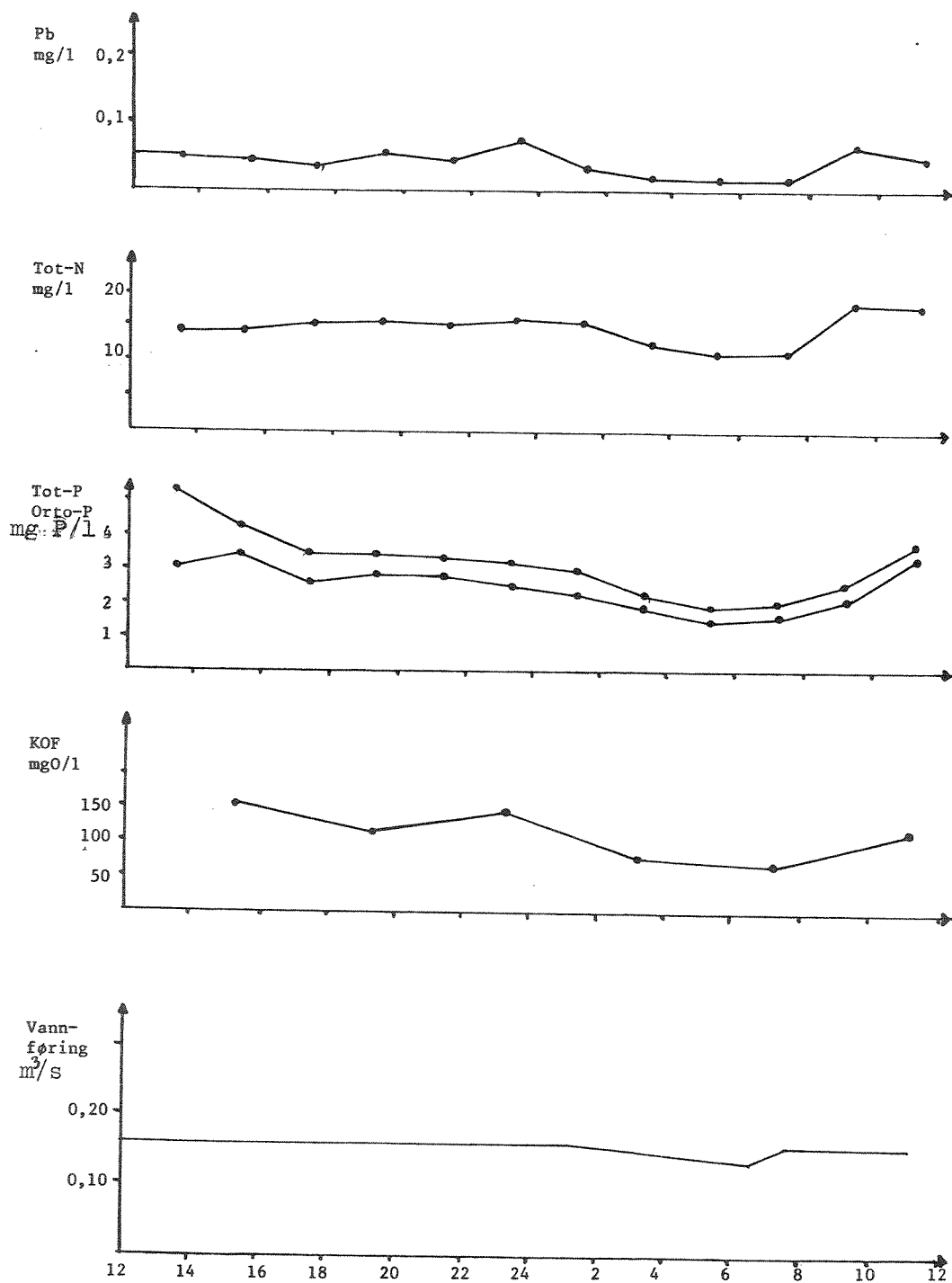


Fig. 7. Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under tørrvær 24. og 25.6.1976.

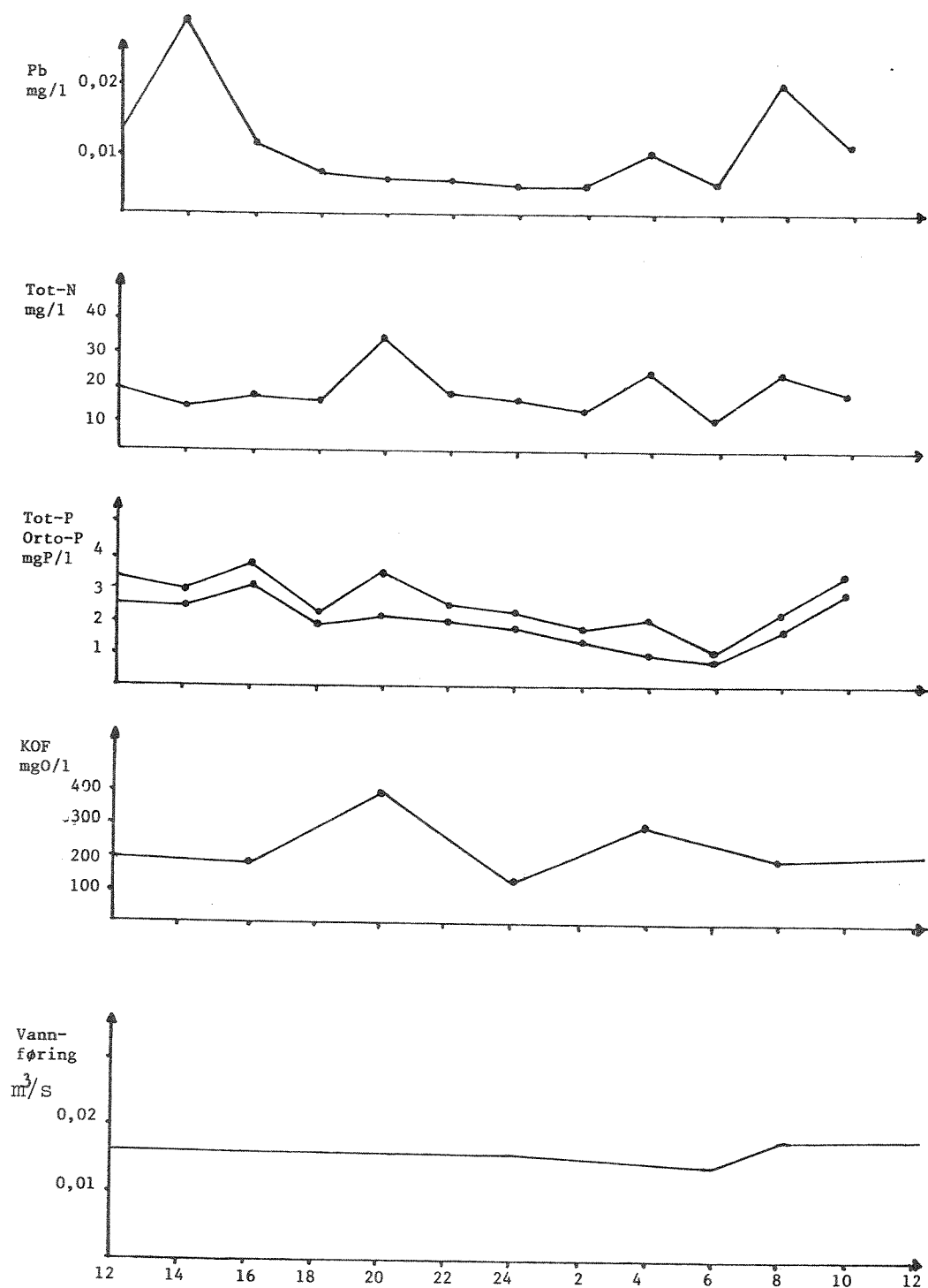


Fig. 8. Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under tørrvær 2. og 3.9.1976.

kl. 06.00 og kl. 08.00 om morgenen fører til løsrivelse av partikler hvor bly er tilknyttet.

Gjennomsnittskonsentrasjonene for hver enkelt prøveserie er vist i tabell nr. 2.

Tabell nr. 2 Gjennomsnittskonsentrasjoner under tørrvær

	17.6 Fra kl. 11.00 til 23.00	22.-23.6 15.30-13.30	24.-25.6 13.30 - 11.30	2.-3.9 10.00 - 08.00	Gjennomsnitt for tørrværs- perioder
Antall prøver	7 stk.	12 stk.	12 stk.	12 stk.	43 stk.
Vannføring m ³ /s	0.18	0.17	0.16	0.16	0.17
TOT-P mgP/l	3.6	2.8	3.3	2.6	3.1
Orto-P mgP/l	-	1.9	2.6	2.0	2.2
KOF mgO/l	134	106	120	233	148
TOT-N-mgN/l	-	19.3	15.8	18.8	18.0
Bly mgPb/l	-	0.007	0.005	0.011	0.008

5.2.2 Massetransport

I figur nr. 9, 10 og 11 er massetransporten i g/s av de parametrene en har målt over døgnene 17.6, 22. - 23.6 og 24. - 25.6 opptegnet. Transporten av bly og Tot-N har ikke fullt så markert døgnvariasjon som Tot-P og KOF. Dette kan skyldes at de tildels har andre kilder enn kloakkvann. Bly stammer hovedsakelig fra bileksos, mens avrenning fra hager og skogsareal kan bidra en del for nitrogentilførsel.

5.2.3 Forurensningsbelastning

I tabell 3 er middelkonsentrasjonene av parametrene basert på målinger 22/23-6, 24/25-6 og 2/3-9 beregnet. I samme tabell er beregnet mengde transport pr. døgn. Videre er det beregnet antall personeheter dette tilsvarer når det gjelder forurensningstilførsler. For fosfor tilsvarer

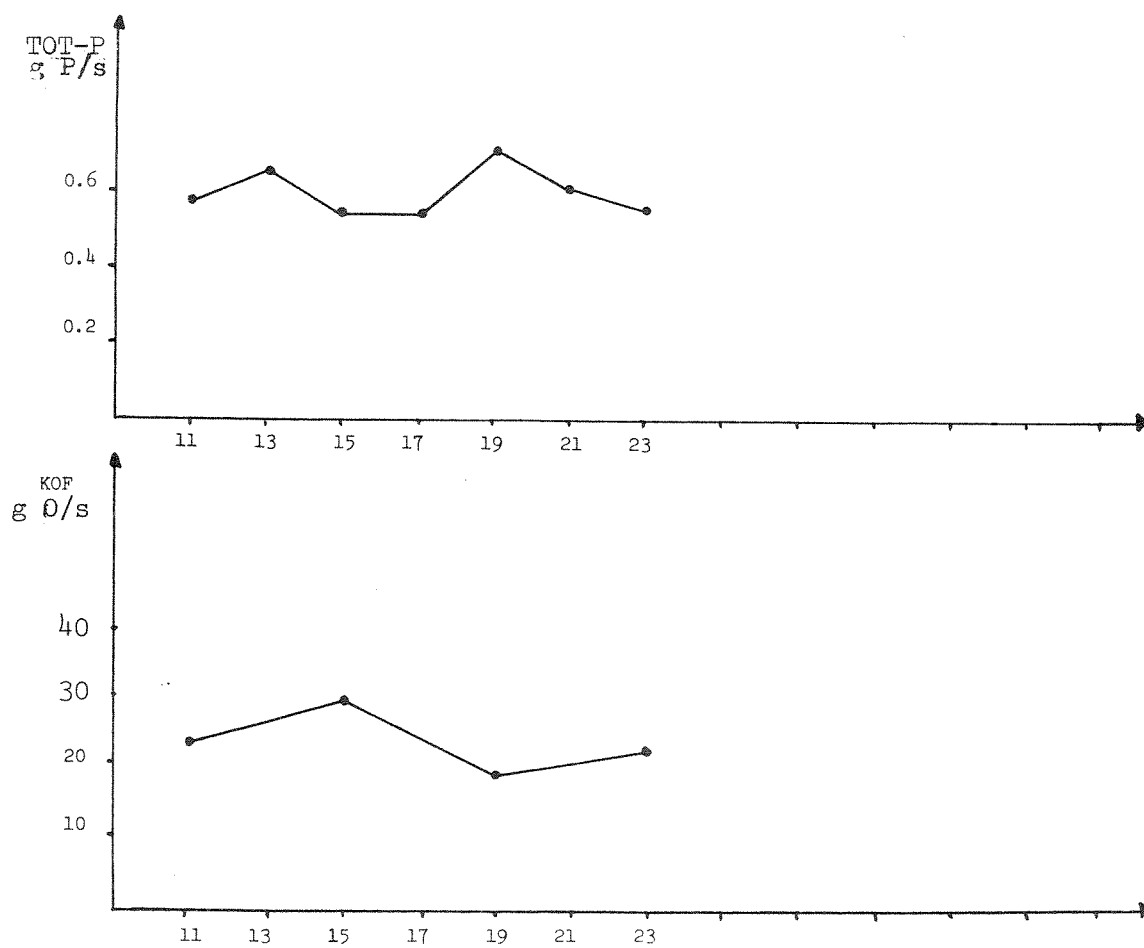


Fig. 9. Massetransport i Hoffselva under tørrvær 17.6.1976.

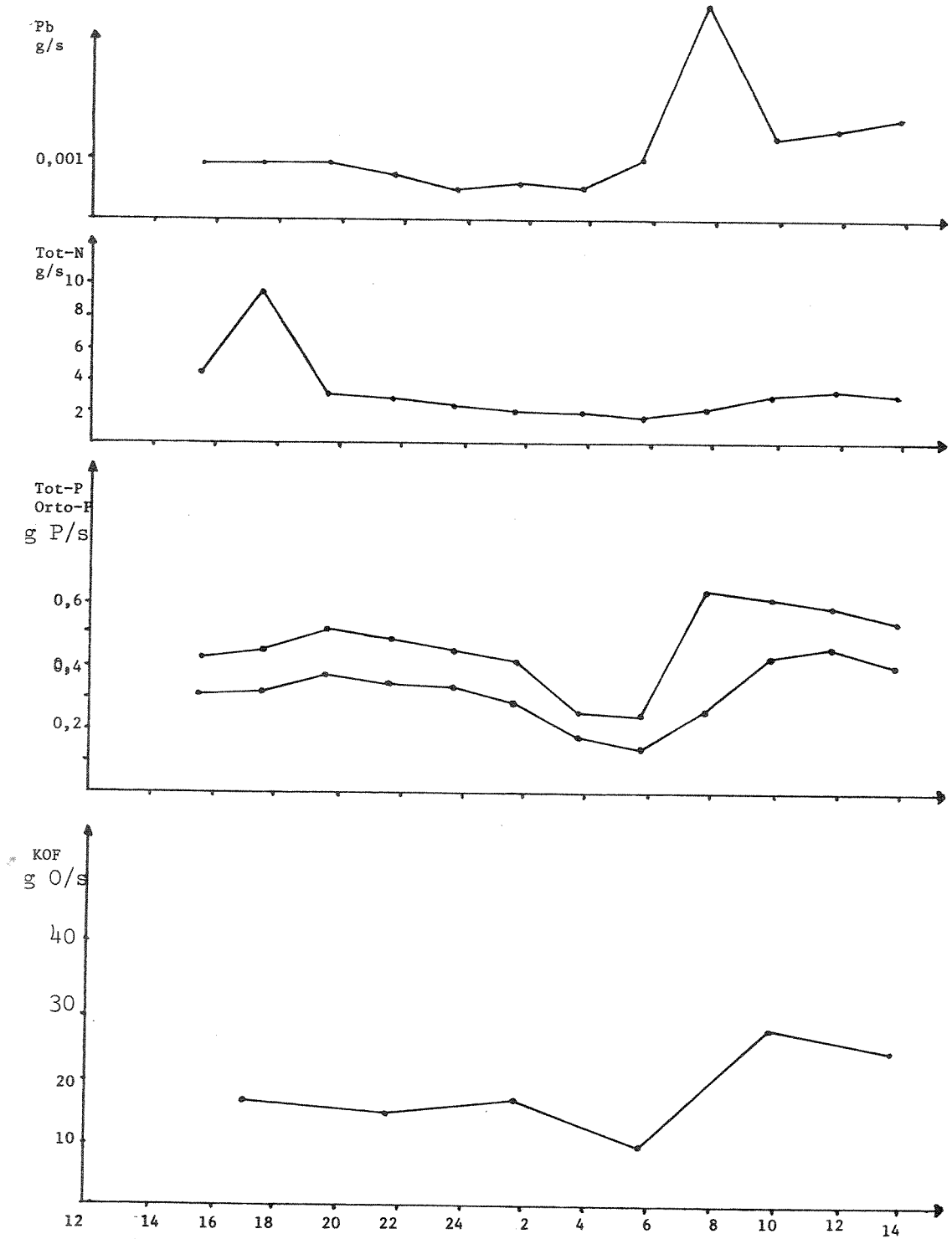


Fig. 10. Massetransport i Hoffselva under tørrvær 22. og 23.6.1976.

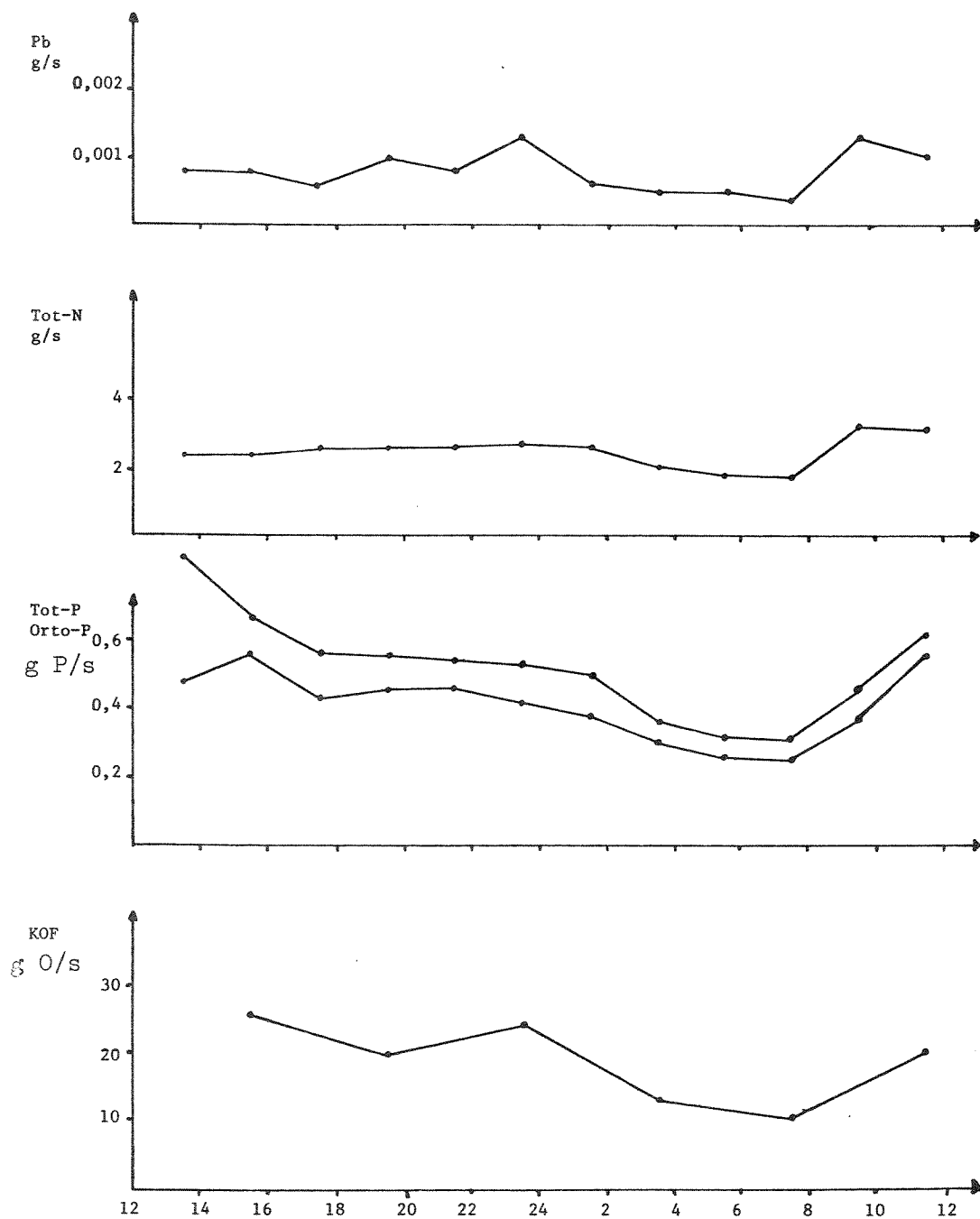


Fig. 11. Forurensningstransport i Hoffselva under tørrvær
24 og 25/6 - 76.

stoffmengden 16400 PE, mens nitrogenmengden tilsvarer forurensning fra 20800 PE og KOF-tallene tilsvarer 17800 PE. Noe av forskjellen kan bl. a. forklares med at tilførselen fra markoverflaten sannsynligvis er en større kilde for nitrogen enn for fosfor.

Det er derfor rimelig å anslå forurensningsbelastningen ut fra Hoffselva m.h.t. disse parametre til ca. 17 000 PERSONENHETER målt ved målestasjonen oppe ved Skøyen Bilsentral sommeren 1976.

Tabell nr. 3 Forurensningsbelastning i Hoffselva ved tørrværsavrenning

	Pb	Tot-N	Tot-P	Orto-P	KOF	Q
Middel hverdag mg/l	0.0076	17.9	2.74	2.15	153	
Middel hverdag g/s	0.0012	2.92	0.47	0.35	24.8	0.18 m ³ /s
Middel hverdag kg/d	0.104	250	41	30	2140	15 000 m ³ /s
Spesifikk mengde g/p.d (1)		12	2.5		120 (2)	
Tørrværsavrenningen tilsvarer antall personenheter		20 800	16 400		17 800	

(1) Overslagstall som brukes ved NIVA

(2) Nyere erfaringsmateriale tyder på at 120 g0/p.d kan være et riktigere tall for spesifikk forurensningsmengde målt som KOF. NIVA har tidligere anvendt 150 g0/p.d.

5.3 Forurensningstransport under regnvær

Det ble tatt vannprøver av Hoffselva i forbindelse med 3 forskjellige regnvær, helholdsvis 11.7, 2.-3.8 og 30.-31.8 (tab. 1). På grunn av de store og hurtige endringene både i vannkvalitet og massetransport som finner sted under nedbør finner vi det riktig å behandle nedbørsperiodene hver for seg.

5.3.1 Nedbørsmålinger

Vi har innhentet opplysninger om nedbørsforholdene fra tre forskjellige nedbørstasjoner som omkranser Hoffselvas nedslagsfelt.

1. Nr. 1870 Blindern
2. Nr. 1885 Smestad 2
3. Nr. 1940 Fornebu

Årsnedbøren i 1976 fordelte seg slik på de tre stasjonene:

	mm. årlig nedbør 1976
Blindern	561
Smestad 2	564
Fornebu	530

Fornebu viser mindre årlig nedbørsmengde enn Blindern og Smestad. Siden Smestadstasjonen ligger i Hoffselvas nedslagsfelt benyttes disse målinger som representative.

Den daglige og månedlige nedbør har fordelt seg slik tabell nr. 4 viser. På tabellen som er utarbeidet av Det norske Meteorologiske Institutt har vi også inntegnet de dagene da det er tatt tørrværsmålinger og de dagene det er tatt regnværsmålinger av stofftransporten i elva.

Det fremgår også av tabellen at det regnet 4.4 mm de to dagene før første tørrværsdøgn, mens det var opphold minst 2 dager i forveien av de tre øvrige tørrværsdøgnene som ble undersøkt.

Tabellen viser følgende totale nedbørsmengder for hver av de tre regnværsdøgnene som ble undersøkt.

	Dato	Nedbør mm.		
		Smestad	Blindern	Fornebu
Regnvær nr. 1	11.7	14.8 mm	13.8 mm	10.0 mm (spredt over 3. døgn)
" nr. 2	2.-3.8	4.8 mm	5.9 mm	3.9 mm
" nr. 3	30.8	6.0 mm	5.7 mm	7.6 mm

En finner det igjen riktig å benytte Smestad tallene, men ser at det forekommer lokale variasjoner.

Tiden før forrige regnvær av betydning er viktig for å danne seg et bilde av hvor lang tid slam og forurensninger har kunnet akkumulere seg i ledningsnett og elvebunn og på markoverflate.

Disse forholdene er oppsummert nedenfor.

	Dato	Dagen siden forrige regnvær	Nedbørhøyde i siste foregående regnvær
Regnvær nr. 1	11.7	20 dager	6 mm
Regnvær nr. 2	2.-3.8	2 dager	2.2 mm
Regnvær nr. 3	30.8	27 dager	4.8 mm

Tabell nr. 4.

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT. TABELL OVER DAGLIGE NEDBØRHØYDER I
MILLIMETER 1885 SMESTAD 2

DATO	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES	ÅR 1976
1				4.0								0.6	
2					3.2	5.0					0.0		
3					7.1	4.0		4.8			12.0		
4					3.5					6.0	16.9	6.1	
5	3.1			6.5						3.9	9.5	7.5	
6				5.0						16.0	5.0	5.0	
7	6.4									6.0	0.5	5.6	
8	1.0		1.0								6.5	9.0	
9				2.5							0.0	5.0	
10		3.0							13.0		7.0		
11	11.5	0.9			2.1	1.0	4.4		3.2		8.5	1.2	
12		6.0			0.4		10.4			0.7	11.0		
13		5.5	0.1		12.5	2.0			3.0	1.9	0.1		
14				0.2	7.0				7.1	18.0			
15						3.0			13.5	39.5			
16	1.6	0.0				1.4				3.2		0.8	
17							6.8			19.1	4.0	0.0	
18									2.0	1.2			
19	3.5								0.9	8.5	0.9	0.1	
20						6.0	6.5			14.0			
21		0.2								9.0			
22		10.0								26.0			
23										3.1			
24		6.5		0.1						0.2			
25		6.5	2.0							0.3			
26			3.0								3.5		
27				0.0	9.0								
28												3.0	
29											0.7		
30					0.7		2.0			0.3	11.5		
31					0.1		0.2	6.0		3.0		0.4	
SUM	27.1	38.6	6.1	18.3	45.6	22.4	30.3	10.8	42.7	179.9	97.6	44.3	563.7

Det siste regnværets nedbørsmengde er viktig fordi det sier noe om hvor fullstendig forrige slamutvasking har vært.

Enda viktigere er det å få oversikt over nedbørsintensiteten både ved det regnværet som undersøkes og det sist forekommende regnvær av betydning. Nedbørsintensiteten bestemmer avrenningens totale størrelse og regnvannsføringen. Skjærkreftene er bestemmende for løsrivelsen av partikler og slam fra bunnen av transportårene og markoverflaten. Dette betyr at jo høyere nedbørsintensitet dess høyere vannføring og dess større blir skjærkreftene og partikkelløsrivelsen.

Nedbørsintensiteter måles i spesielle måleinnretninger populært omtalt som "plumatic". Disse er relativt fåtallige, men det er plassert en på Blindern, en på Øvrevoll i Bærum og en i Vestre Vika.

Nærmere studium av de 3 undersøkte regnværsperiodene på målestasjonen på Blindern viser forhold som er oppsummert i tabell nr. 5.

Tabell nr. 5 Data fra 3 regnværsperioder (Blindern)

	Dato	Start regnvær	Varighet	Gjennomsnitt intensitet l/s.ha	Høyeste intensitet l/s.ha	(10 min. peri- ode)
Regnvær nr. 1	11.7	11.33	121 min	16.8	62	
Regnvær nr. 2	2.-3.8	20.17	10 t 28 min	1.5	12	
Regnvær nr. 3	30.8	18.44	88 min	15.5	30	

Det fremgår av målingene at regnværene 11.7 og 30.8 har vært meget kortvarige. Intensiteten har vært størst for regnværet 11.7. Regnværet 2. - 3.8 har strukket seg over 10.5 timer med flere små separate regnvær og liten intensitet.

5.3.2 Regnvær søndag 11.7 1976

Søndag 11.7 startet et regnvær i Oslo-området etter en lengre tørkeperiode. Dagen før hadde det vært ett mindre regnskyll. Regnet startet ca. kl. 11.30 eller noe senere og det ble tatt manuelle prøver av Hoffselva. Første prøve ble tatt 12.15 og vannføringen var stigende. Ved første prøvetak kl. 12.15 var elven helt svart og det luktet sterkt hydrogensulfid. Dette tydet på at hovedbidraget av forurensningsmengden skyldtes sedimentert slam i elvebunnen, som rives løs når vannføringen øker.

Resultatene av analysene er grafisk framstilt i figur nr. 12. Analysene viser høye konsentrasjoner ved den første prøven og fallende tendens deretter. Dette viser at de høyeste konsentrasjonene oppnås allerede i løpet av de første 30 minuttene. Vannføringen økte fra $0.20 \text{ m}^3/\text{s}$ til $0.95 \text{ m}^3/\text{s}$ i løpet av 45 minutter.

Det ble målt suspendert stoff i vannprøvene fra dette regnværet. Maksimalverdien var meget høy 2790 mg/l. Av dette var 70% uorganisk stoff. Ved normal vannføring etter regnværet lå verdien på 30 mg/l.

Massetransporten i forbindelse med dette regnværet var litt vanskelig å anslå siden det ble tatt få prøver i de første 30 minuttene etter at vannføringen begynte å øke. Resultatet av beregningene er vist i figur nr. 13. Stofftransporten er beregnet til følgende mellom kl. 11.50 til 15.15 den 11.7:

TOT-P	TOT-N	KOF	Bly	Tot. susp.st.
kg	kg	kg	kg	kg
31	90	3000	1.1	5400

5.3.3 Regnvær 2. - 3.8.1976

Resultatene fra det neste regnværet som ble undersøkt den 2. - 3.8. 1976 er grafisk fremstilt i figur nr. 14. Dette regnværet hadde vesentlig lavere intensitet enn det første og toppvannføringen ble ikke høyere

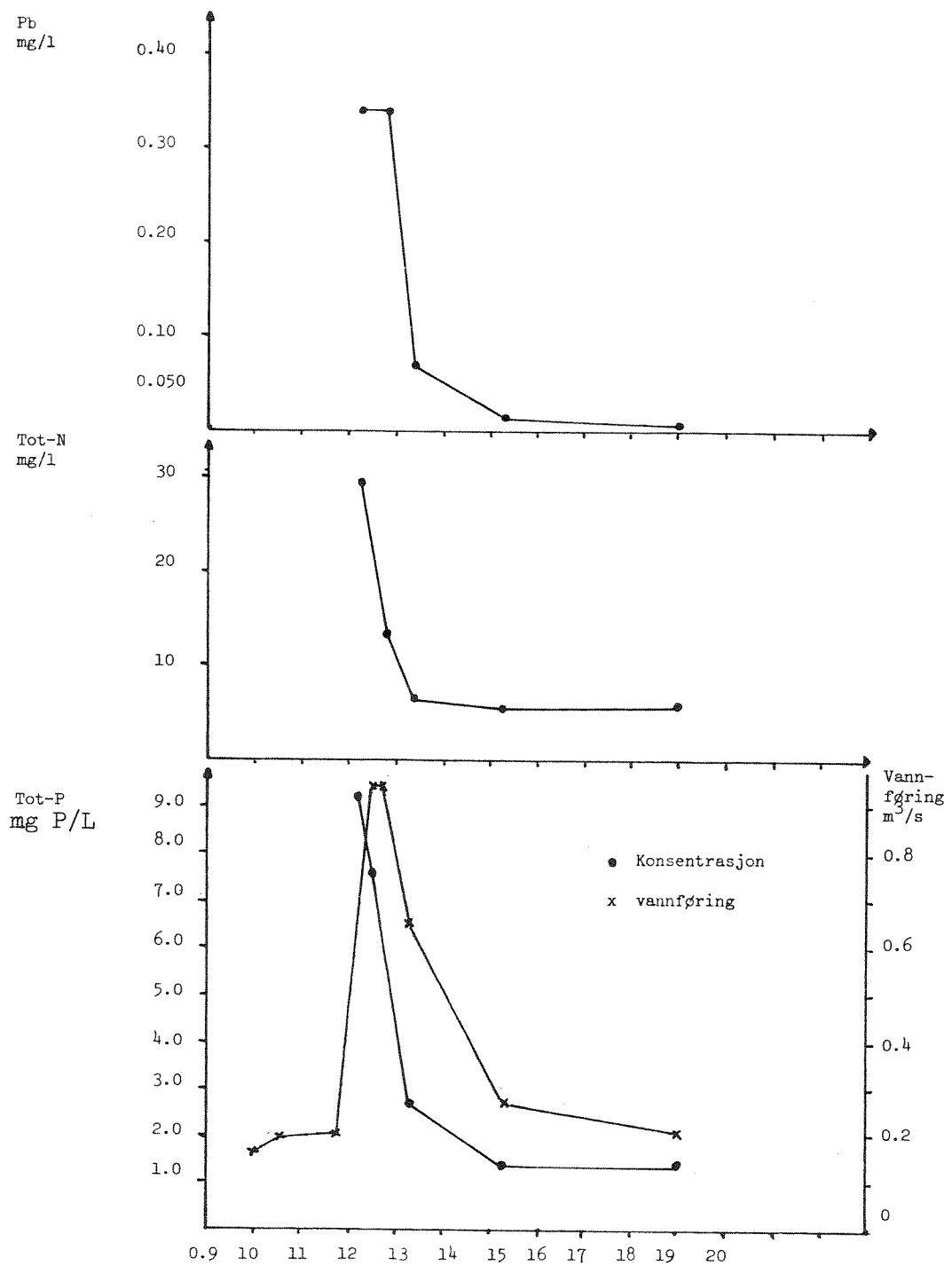


Fig. 12. Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under regnvær søndag 11.7.1976.

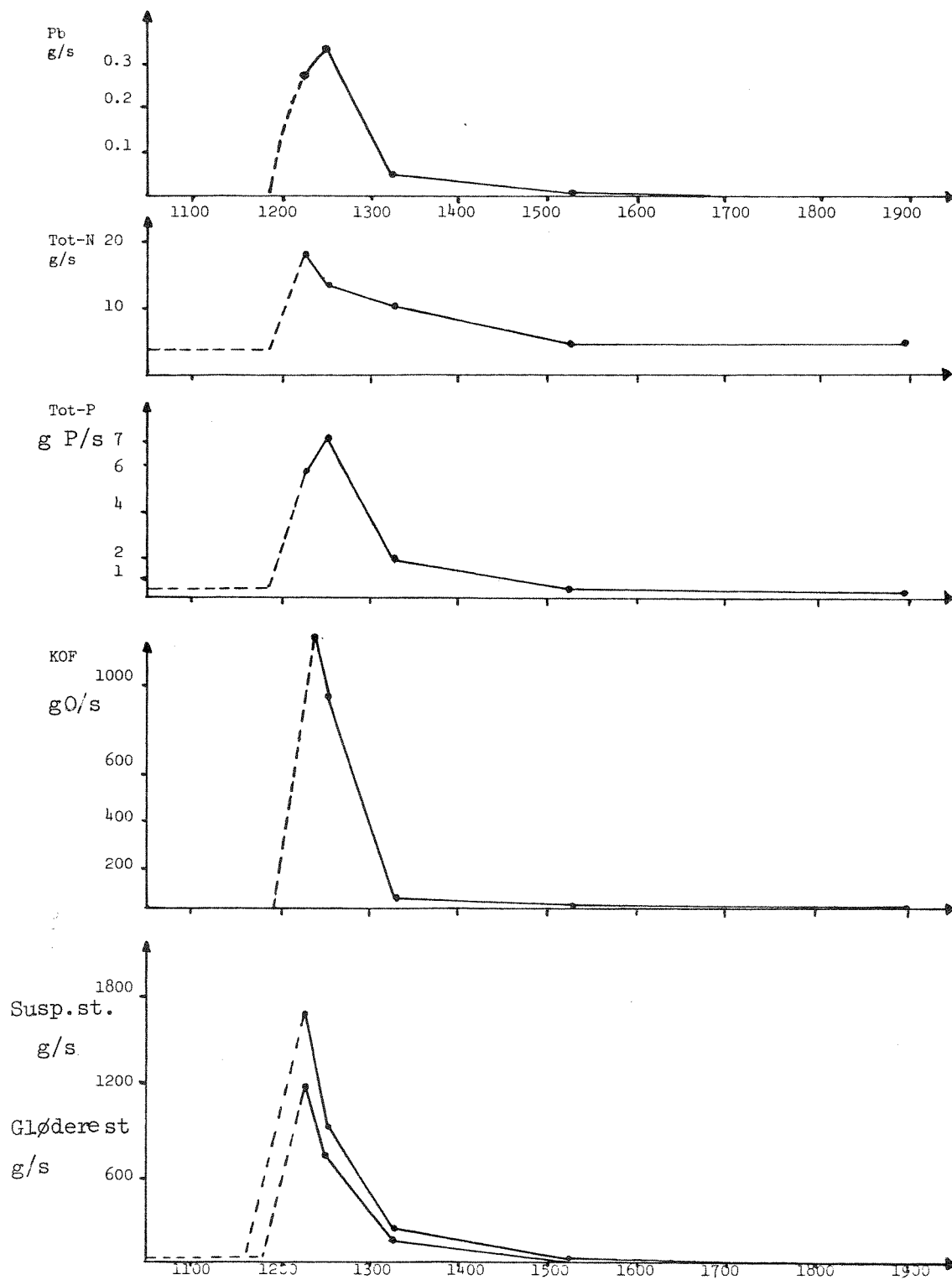


Fig. 13. Massetransport i Hoffselva under regnvær 11.7.1976.

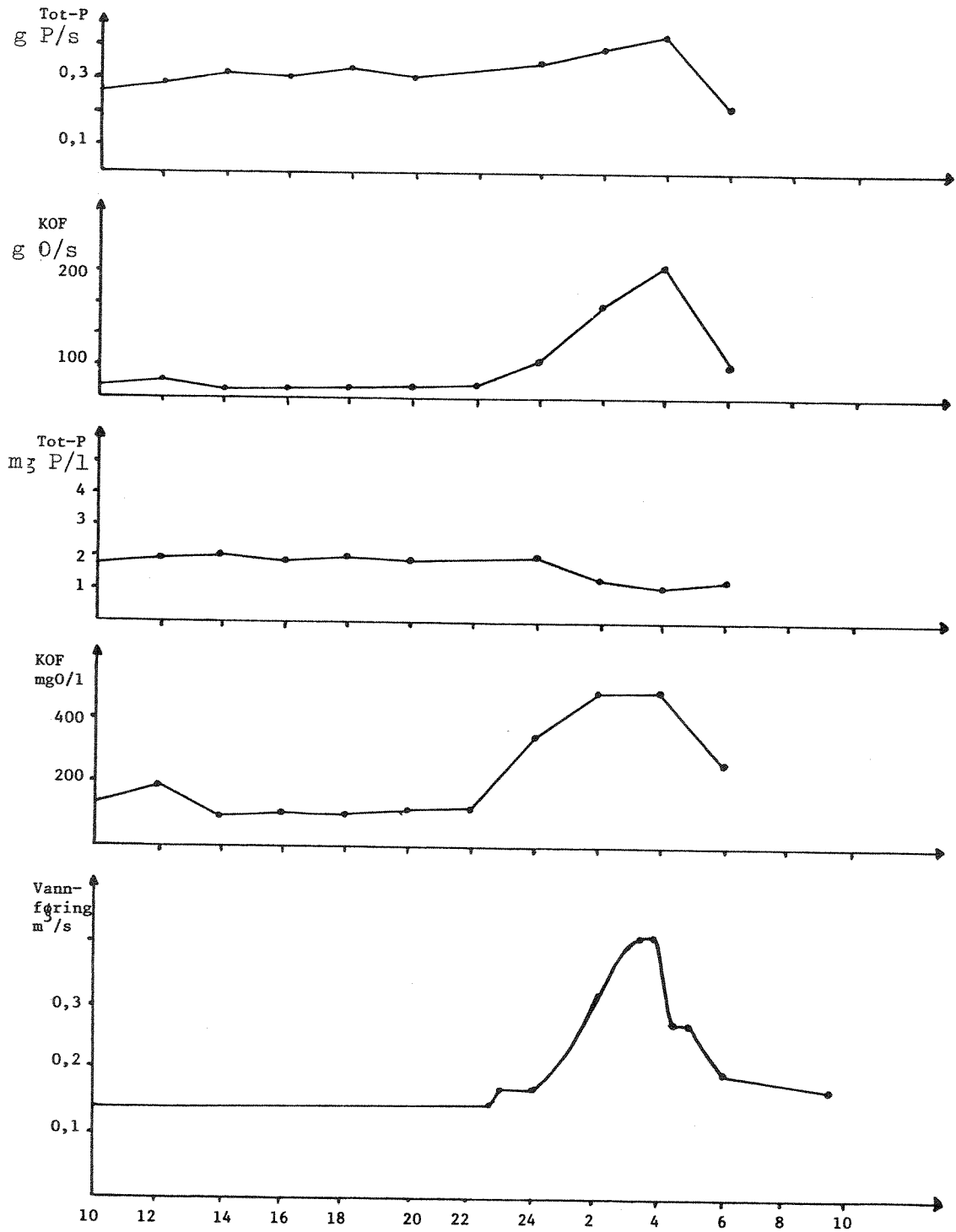


Fig. 14. Konsentrasjoner, vannføring og massetransport i regnvær.
2 og 3/8 - 76.

enn $0.42 \text{ m}^3/\text{s}$ på det høyeste. Variasjonene i konsentrasjonene viser her en fortykningstendens. Organisk stoff derimot økte fra ca. 150 mg/l til 490 mg/l på det meste.

5.3.4 Regnvær 30. - 31.8.1976

De foregående regnværene som ble undersøkt viste at massetransporten endrer seg meget hurtig, og det ble derfor bestemt å gå mer detaljert til verks ved det siste regnværet som skulle undersøkes.

Dette regnværet var meldt på forhånd og undersøkelsene ble forberedt fra kl. 13.00 den 30.8. Fra kl. 14.00 ble det tatt manuelle prøver fra Hoffselva hvert 10. minutt fram til kl. 15.20. Hensikten var å se på eventuelle korttidsvariasjoner før regnet satte inn. Klokken 14.20 var bekken tydelig påvirket av utslipp fra Apotekernes Felleslaboratorium A/S. Dette utslippet var tidligere registrert som et regelmessig utslipp og det kunne være interessant å se om det slår ut på analysene. Resultatene er vist i tabell nr. 6.

Om ettermiddagen ca. kl. 18.30 begynte det å styrtregne. For å oppnå tett nok med prøver ble det tatt manuelle prøver av vannet straks vannføringen begynte å øke. Første prøve ble tatt kl. 18.50. Deretter med korte intervaller helt ned til 4 minutter. Når vannføringen i elva var størst var elva helt svart å se på. Det var tydelig at konsentrasjonen og materialstrømmen økte drastisk etter kl. 19.00. Analyseresultatene er vist i tabell nr. 7.

Analyseresultatene viser drastiske endringer over korte tidsperioder. Resultatene fra de manuelle prøvene under regnværet er grafisk fremstilt i fig. nr. 15. Regnværstoppen den 30.8 i Hoffselva som varte ca. 1.5 time har to konsentrasjonstopper på alle parametrene. TOT-P, ORTO-P, TOT-N og blykonsentrasjonene har felles maksimal topp samtidig under den første toppen, mens KOF verdiens topp kommer 4 minutter senere. Alle parametrene hadde sitt første målte maksimum ved vannføring på 0.32 eller $0.34 \text{ m}^3/\text{s}$, mens alle har en minimumsverdi noe senere ved $0.41 \text{ m}^3/\text{s}$. Etter dette fortsatte vannføringen å stige til $0.75 \text{ m}^3/\text{s}$ 10 minutter senere. Konsentrasjonene viste da en ny fellestopp unntagen

Tabell nr. 6 Analyseverdier av vannprøver tatt hvert 10. minutt i Hoffselva 30.8.1976. Før nedbør. Prøvene er tatt manuelt.

TIDSPUNKT	TOT-P mgP/l	ORTO-P mgP/l	KOF mgO/l	TOT-N mgN/l	Bly mgPb/l
30.8.1976 kl.					
14.00	2.7	1.8	169	35.6	0.006
14.10	2.7	1.8	129	30.4	0.005
14.20	2.8	2.1	142	32.0	0.009
14.30	2.8	2.1	116	20.6	0.006
14.40	2.6	2.0	77	12.6	0.006
14.50	3.3	2.5	166	16.2	0.013
15.00	3.1	2.3	185	15.8	0.010
15.20	2.7	2.1	139	13.2	0.012

Vannføring ca. $0.17 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabell nr. 7 Analyseverdier av vannprøver tatt i Hoffselva under regn-
vær 30.8.1976. Prøvene er tatt manuelt.

TIDSPUNKT	Vannføring m^3/s	TOT-P mgP/l	ORTO-P mgP/l	KOF mg O/l	TOT-N mgN/l	Bly mgPb/l
30.8.1976 kl.						
18.50	0.27	2.7	2.2	77	24.0	0.01
19.00	0.32	7.2	4.5	238	45.6	0.45
19.04	0.34	4.5	3.3	553	26.0	0.30
19.09	0.41	4.0	3.1	318	20.0	0.25
19.19	0.75	7.0	5.5	785	29.2	0.35
19.32	0.77	3.8	3.0	535	20.4	0.45
19.43	0.62	2.9	2.2	476	15.2	0.25
19.53	0.52	2.2	1.9	270	15.6	0.16
20.03	0.43	2.1	1.6	272	14.4	0.09
20.13	0.34	2.1	1.5	139	13.6	0.06
20.25	0.28	2.0	1.5	123	15.2	0.05

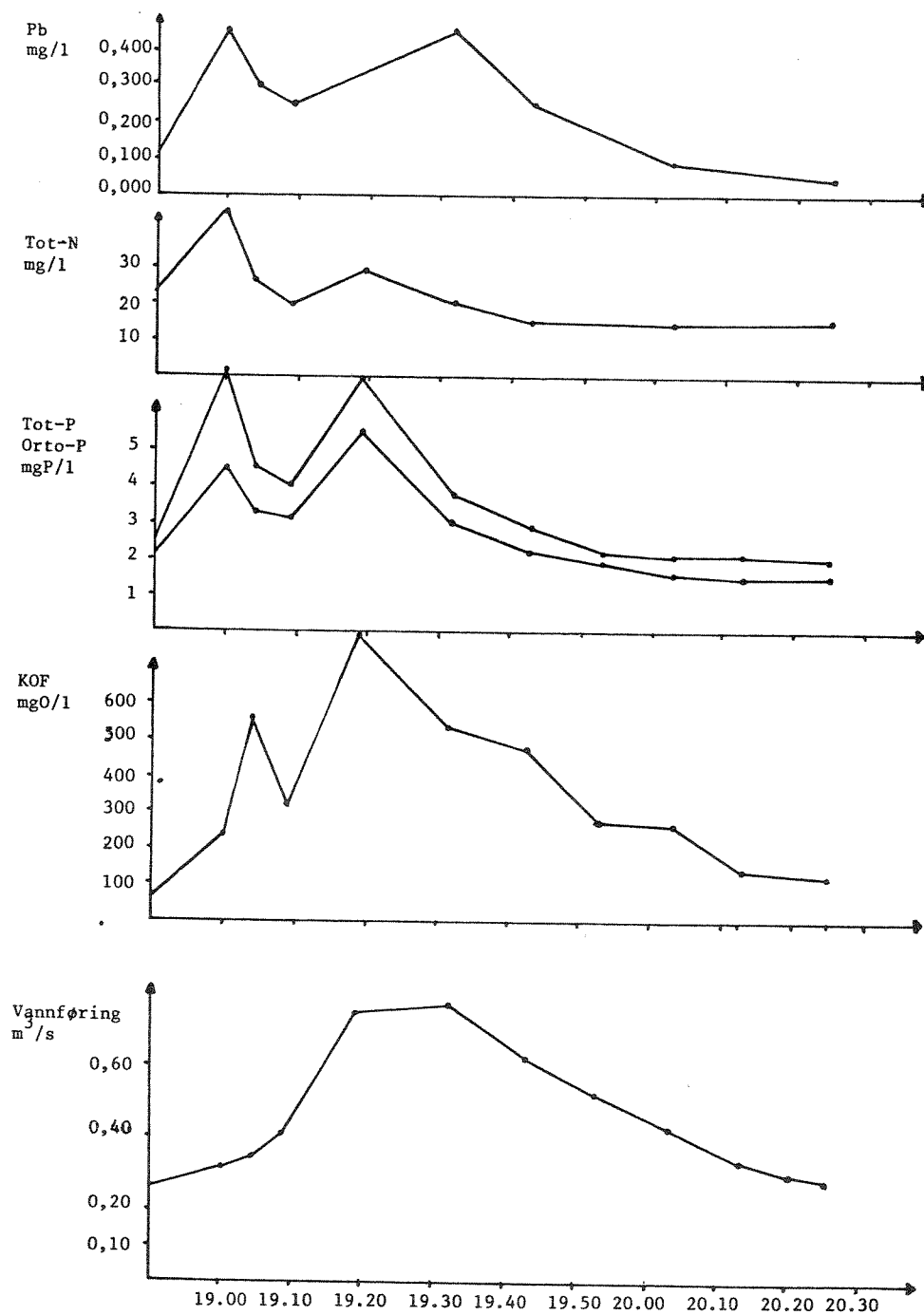


Fig. 15. Konsentrasjoner og vannføring i Hoffselva under regnvær.
30 og 31/8 - 76.

for blykonsentrasjonen som var høyest enda 10 minutter senere. Da var vannføringen absolutt på sitt høyeste med $0.77 \text{ m}^3/\text{s}$ og faller deretter.

Dette tyder på at det tidlig foregår en lokal utvasking av sedimenterte forurensninger (slam) fra bunnen av elva. Den siste toppen kan skyldes sedimentert slam som spyles løs i rørsystemer med direkte utslipp eller direkte overflateforurensninger som spyles løs fra markoverflaten.

Det er mulig at en nærmereundersøkelse av når de forskjellige stoffene har sine maksimalverdier og hvordan det prosentvise innbyrdes forhold mellom de forskjellige parametrene fordeler seg kan klarlegge bedre kildene til stofftransporten.

Mens den manuelle prøvetakingen og regnværstoppen foregikk ble den automatiske prøvetakeren startet. Dette skjedde kl. 19.15. Prøvetakeren (Sico) tok så prøver hvert 30. minutt fram til kl. 21.15. Deretter hver time fram til kl. 19.45 om kvelden neste dag 31.8.1976. Alle analyseresultatene før og etter regnværet er grafisk fremstilt i figur nr. 16.

Resultatene viser hvordan konsentrasjonene endrer seg drastisk i forbindelse med økningen i vannføring som følge av regnværet. Kurven viser at konsentrasjonene er raskt nede på normalt nivå når vannføringen igjen er normal. Neste dag synes konsentrasjonene å være på samme nivå som før regnværet og tyder på at det skjer en kontinuerlig tilførsel av klorakk. Nedbøren forårsaker at slamlommene i vassdrag og svanker på ledningsnettets tømmes for slam samtidig som eventuelt overflateforurensninger transporteres ut.

De tre første prøvene som ble tatt med automatiske prøvetakere faller innenfor prøveserien med manuelle prøver under regnværet. Når disse analysene sammenlignes og plottes i samme figur, kan vi trekke den konklusjon at analyseverdiene for alle parametrene stemmer meget bra overens på tross av de hurtige endringer i vassdraget.

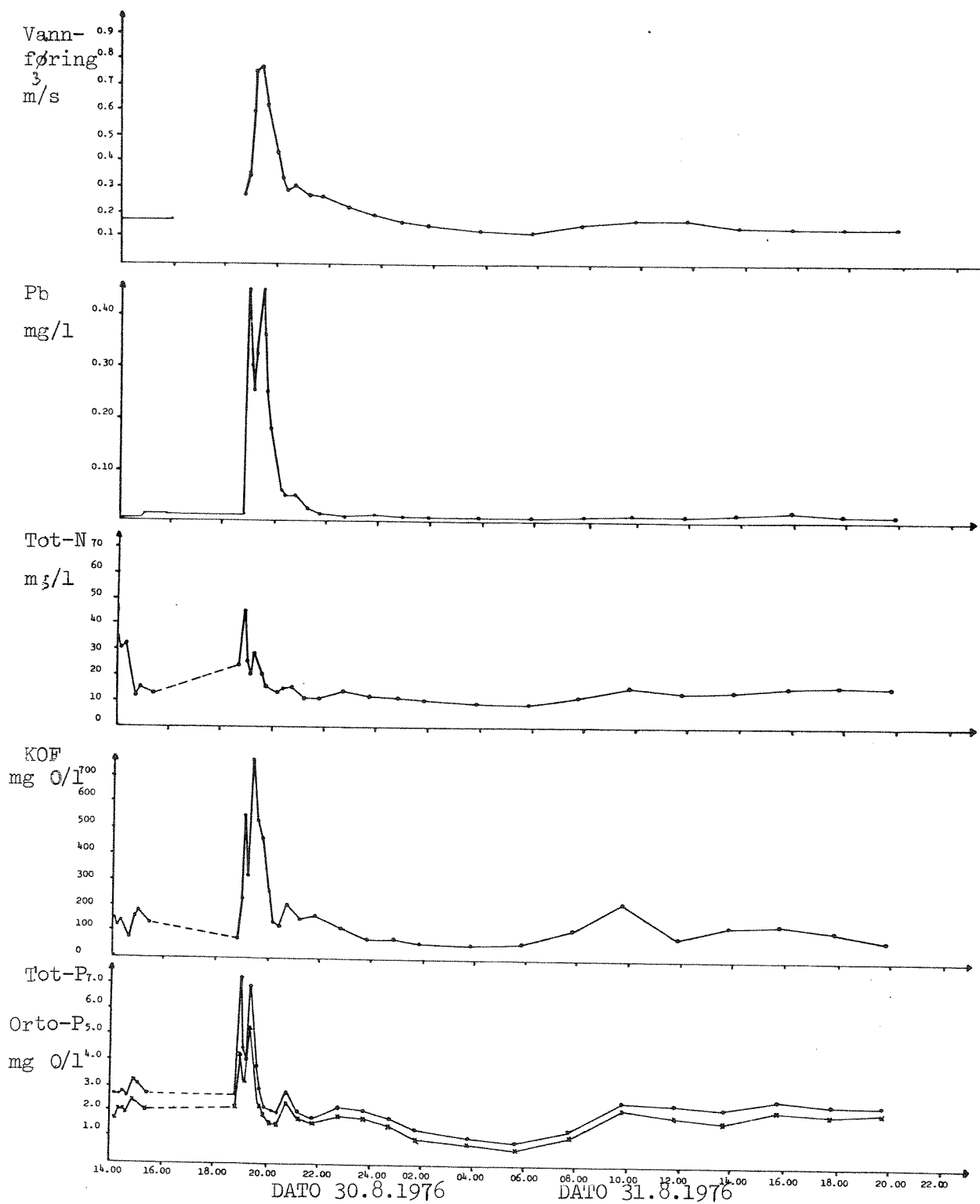


Fig. 16. Konsentrasjoner før, under og etter regnvær 30.8.1976 i Hoffselva.

Massetransporten for regnværet 30.8. 1976 er grafisk fremstilt i figur nr. 17. Denne figuren viser at massetransporten er størst for den siste konsentrasjonstoppen fordi vannføringen da var vesentlig større.

5.3.5 Forurensningsbelastning

Konsentrasjonene økte på alle parametrene under regnvær. Unntaket var fosforkonsentrasjonen under regnværet 2. - 3.8., som viste en fortynnings-tendens. Dette skyldes sannsynligvis at intensiteten i regnværet var så lav at utspylingen av sedimentert slam i elvebunnen ble minimal.

Økningen i konsentrasjonen i forhold til konsentrasjonen under tørrvær var forskjellig for de ulike parametrene. Maksimalverdien av bly økte opp til 100 ganger i forhold til tørrværskonsentrasjonen og var den parameteren som påvirkes mest av regnvannsavrenning. Maksimalverdien av nitrogen og fosfor økte 2 - 3 ganger og maksimumsverdien av KOF 3 - 6 ganger.

I tabell 8 er det beregnet den totale tilførselen som skyldes avrenning-en fra de 3 regnværene.

Bly transporteres ut i store mengder i løpet av regnværet. Det går ut i løpet av 3.5 timer under regnværet 11.7 en mengde som tilsvarer 10 dager tørrværsavrenning.

Av KOF går det ut under samme regnværet en mengde som tilsvarer et døgn tørrværsavrenning. Den mengden som blir transportert ut av fosfor og nitrogen under samme regnværet, tilsvarer henholdsvis 1/4 døgn og 2/3 døgn tørrværsavrenning.

Størrelsen på de mengdene som blir transportert ut p.g.a. regnværet varierer fra regnvær til regnvær. Dette avhenger av flere faktorer, blant annet

- intensiteten på nedbøren. Stoff på markoverflaten blir lettere spylt løs ved høy intensitet.

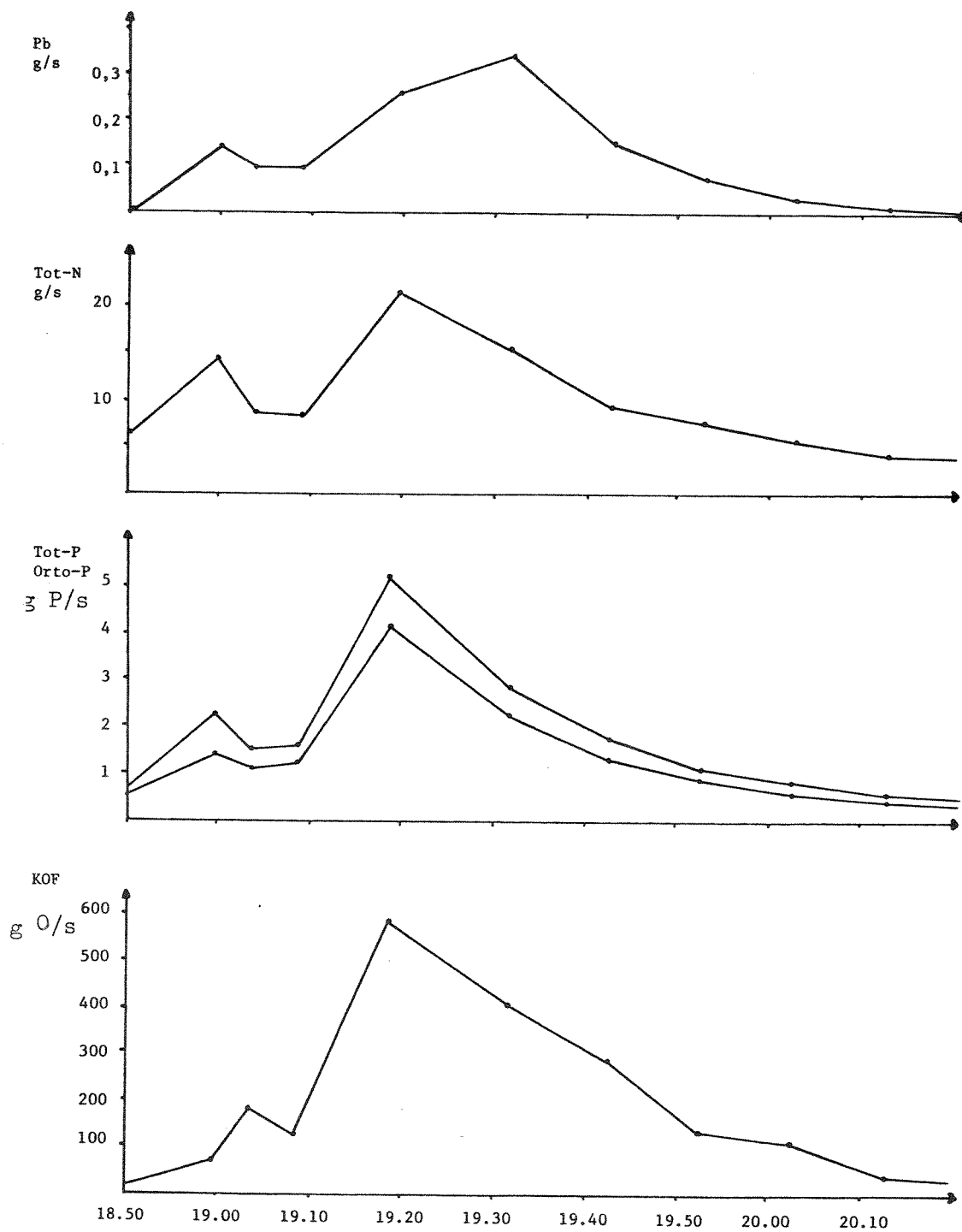


Fig. 17. Forurensningstransport i Hoffselva under regnvær 30.8.1976.

- nedbørsmengden. Denne virker særlig på stoff avsatt i rørsystemet, og sedimentert stoff i elva
 - lengden av tørrvårsperioden før regnværet og størrelsen på foregående regnvær.
- Det akkumuleres mer stoff i rørsystem, elvebunn og på markoverflate jo lengre tørrvårsperioden er.

Tabell nr. 8 Stofftransport under regnvær. Transport som skyldes tørrvårsavrenningen er trukket fra.

	Pb	Tot-N	Tot-P	Ort-P	KOF	Vannmengde
Middel tørrvær kg/d	0.104	250	41	30	2140	15000 (m ³ /d)
Regnvær 11.7 kl. 11.50-15.15 (kg)	1.1	50	25		2700	4000 m ³
Regnvær 2.-3.8 kl. 22.00-06.00 (kg)			1.2		2200	3000 m ³
Regnvær 30.8 kl. 18.50-20.25 (kg)	0.74	42	8.5		1100	1400 m ³

6. VURDERING AV RESULTATER

Alle målingene viser at nedre del av Hoffselva er å betrakte som en åpen kloakkledning.

De målte verdiene av konsentrasjonen av de ulike parametrene under tørrvørsavrenning ligger på samme nivå som målinger under tørrvørsavrenning i avløpsnett (4) :

Sammenligner vi den stoffmengden som blir transportert ut under de målte regnværene i Hoffselva med de resultatene en har i NIVA rapporten "Forurensning i overvann" (4), er den økende forurensningstransporten på grunn av regnvær ikke så stor i Hoffselva. Her må en ta forbehold om lite datagrunnlag for Hoffselva.

Vi har beregnet tørrværstransporten av fosfor til å tilsvare forureningsmengdene fra ca. 17 000 personenheter. Regner en at det produseres avløpsvann fra ca. 20 000 personenheter i nedslagsfeltet, finner vi at ca. 85% av forurensningene i dette avløpsvannet renner ut til fjorden via Hoffselva i tørrvær. Det er flere usikre faktorer i disse beregningene, og datagrunnlaget er spinkelt. Det skulle imidlertid være relativt enkelt i dag å supplere dette datagrunnlaget. Slik tallene nå ser ut, er det en differanse på 15% mellom forureningsproduksjon og transporten ut via Hoffselva. Det bidraget som skyldes sedimenterte forurensninger og som spyles ut under nedbør reduserer differansen. Det gjør også den slammengden som kjøres ut i form av slam fra septikktanker. Dette peker i retning av at en eventuell tilbakeholdelse i jordsmonnet neppe kan være særlig stor, forutsatt at tallmaterialet er riktig.

Undersøkelsen viser at det er fullt mulig å få kontroll med forurenings-tilførslene når det legges opp et hensiktsmessig måleprogram med automatiske prøvetakere. Det bør imidlertid tas prøver på forskjellige typer dager og årstider. Nedbørsutvasking må sannsynligvis undersøkes ved hjelp av manuell prøvetaking. Alle elver som inngår i programmet bør kanskje få et eget program for dette. Det er mulig at elvenes transport-

mønstre kan knyttes til bestemte parametre og modeller utarbeides når tilstrekkelig datagrunnlag foreligger.

7.0 KONKLUSJONER

1. Forurensningstilførslene ut via Hoffselva sommeren 1976 er målt og beregnet til ca. 17 000 personenheter i tørrværsdøgn. Regnvanns-transporten medfører et ytterligere bidrag hovedsaklig forårsaket av tidligere sedimentert slam i elvebunn og rørrnett som spyles løs under øket vannføring og avrenning fra overflaten.
2. Tørrværskonsentrasjonene i Hoffselva er for TOT-P i området fra 2.6 til 3.6 mgP/L (på samme nivå som i råkloakk som ledes inn til store renseanlegg med dårlig oppsamlingsnett).
3. Variasjonene i konsentrasjoner pulserer i samme takt over døgnet som det vi finner i kloakknettet. Alt tyder på at andelen av direkte utslipp fra avløpsvann til Hoffselva er stort. 75% av TOT-P utslippet foreligger i Orto-P form.
4. Under regnvær øker konsentrasjonene drastisk allerede mens vannføringen er stigende. Regnværet 30.8.1976 hvor prøvetakingen var meget tett (ned til 4 minutters perioder) viste to separate konsentrasjonstopper. Den første opptrådte allerede 15 minutter etter at vannføringen begynte å stige; den andre etter 30 minutter da vannføringen var nær sin maksimale verdi. Den første toppen tyder på lokal utspyling fra elvebunnen av tidligere sedimentert slam.
5. Konsentrasjonsøkningen under nedbør var forskjellig for de ulike parametre. Maksimalverdien av bly økte opptil 100 ganger i forhold til tørrværskonsentrasjonen. For nitrogen og fosfor var tilsvarende verdi 2 - 3 ganger høyere og for KOF (kjemisk oksygen forbruk) 3 - 6 ganger høyere.
6. Økningen i massetransporten under regnvær ut via Hoffselva varierer fra nedbør til nedbør, avhengig av nedbørsintensiteten og resulterende vannføring og tid siden forrige nedbør og intensiteten av dette. Blytransporten i løpet av 3.5 time under regnværet 11.7.1976 tilsvarer 10 døgns transport under tørrvær. For KOF tilsvarer trans-

porten i samme regnvær ett døgn's tørrværstransport. For fosfor og nitrogen tilsvarer økningen i massetransport 1/4 døgn og 2/3 døgn med tørrværsavrenning.

7. En må anta at selv om økningen i massetransporten under regnvær i Hoffselva relativt til tørrvær ikke utgjør særlig mye, vil transportlengde og spredningsmønster bli kraftig påvirket av den store ferskvannstilførselen.
8. Ved overføring av de store påslipp til oppsamlingstunneler til Lysaker renseanlegg og senere SRV, blir belastningen til vassdraget vesentlig redusert. Effekten kan studeres ved å gjenta undersøkelsene etter tilkoblingen.

Når den direkte belastningen av utslipp reduseres, vil den relative betydningen av regnværstransporten øke.

9. På grunnlag av disse erfaringene bør det være mulig å utarbeide et måleprogram som blir representativt for alle vassdragene til indre Oslofjord.

LITTERATUR

1. Johansen, Svein Stene: Totaltilførsler av forurensningsmengder via elver, bekker og kloakkledninger til indre Oslofjord.
NIVA 0-201, delrapport nr. 11, 1966.
2. Avløpssystemenes fordeling i Oslo. Januar 1972 Oslo vann- og kloakkvesen
Tegnet av Samfunnsteknikk VBB A/S etter data fra OVK.
3. Stipendiatrapport fra NIVA-stipendiater 1976.
Appendix E.
4. Lindholm, Oddvar: Forurensning i overvann.
PRA 4.7 0-57/74 NIVA 1976.

BILAG - ANALYSERESULTATER

D	Kl.	Vær	Q m ³ /s	Pb mg/l	Pb g/s	Tot-N mg/l	Tot-N g/s	Tot-P mg/l	Tot-P g/s	Ort-P mg/l	Ort-P g/s	KOF Mg/l	KOF g/s
17.6	11	Tjrt	0.19			3.4	0.65			127	24.1		
"	13	"	"			3.8	0.72						
"	15	"	"			3.2	0.60			170	32.3		
"	17	"	"			3.2	0.60			-			
"	19	"	0.17			4.2	0.71			107	18.2		
"	21	"	0.17			3.6	0.61			-			
"	23	"	0.16			3.5	0.56			133	21.3		
	Middel		0.18			3.6	0.64			134	23.9		

D	KL.	VÆR	Q m ³ /s	Pb mg/l	Pb g/s	Tot-N mg/l	Tot-N g/s	Tot-P mg/l	Tot-P g/s	Ort-P mg/l	Ort-P g/s	KOF mg/l	KOF g/s
24.6	13.30	Tørt	0.16	0.005	0.0008	15.0	2.4	5.3	0.85	3.0	0.48	-	-
"	15.30	"	0.16	0.005	0.0008	15.0	2.4	4.3	0.67	3.5	0.56	159	25.4
"	17.30	"	0.16	0.004	0.0006	16.2	2.6	3.5	0.56	2.7	0.43	-	-
"	19.30	"	0.16	0.006	0.0010	16.4	2.6	3.5	0.56	2.9	0.46	121	19.4
"	21.30	"	0.16	0.005	0.0008	16.0	2.6	3.4	0.54	2.9	0.46	-	-
"	23.30	"	0.16	0.008	0.0013	16.8	2.7	3.3	0.53	2.6	0.42	151	24.2
25.6	1.30	"	0.16	0.004	0.0006	16.4	2.6	3.1	0.50	2.4	0.38	-	-
"	3.30	"	0.15	0.003	0.0005	13.6	2.0	2.4	0.36	2.0	0.30	86	12.9
"	5.30	"	0.15	0.003	0.0005	12.2	1.8	2.1	0.32	1.7	0.26	-	-
"	7.30	"	0.14	0.003	0.0004	12.4	1.7	2.2	0.31	1.8	0.25	75.7	10.6
"	9.30	"	0.16	0.008	0.0013	20.0	3.2	2.8	0.45	2.3	0.37	-	-
"	11.30	"	0.16	0.006	0.0010	19.4	3.1	3.8	0.61	3.5	0.56	125	20.0
Middel			0.16	0.005	0.0008	15.8	2.5	3.3	0.52	2.6	0.41	120	18.8
Totalt pr. døgn			14.10 ³ m ³		0.069 kg		216 kg		45 kg		35 kg		1620

D	KL.	VÆR	Q m ³ /s	Pb mg/L	Pb g/s	Tot-N mg/L	Tot-N g/s	Tot-P mg/L	Tot-P g/s	Ort-P mg/L	Ort-P g/s	KOF mg/L	KOF g/s
2.3	10.00	Tørt	0.14					1.8	0.25			138	19.3
"	12.00	"	0.14					2.0	0.28			193	27.0
"	14.00	"	0.15					2.1	0.32			89.8	13.5
"	16.00	"	0.15					1.9	0.29			105	15.8
"	18.00	"	0.15					2.1	0.32			948	14.2
"	20.00	"	0.15					1.9	0.29			117	17.6
"	22.00	Regn	0.15									121	18.2
"	24.00	"	0.17					2.0	0.34			340	57.8
3.8	02.00	"	0.30					1.3	0.39			483	145
"	04.00	Tørt	0.42					1.0	0.42			483	203
"	06.00	"	0.20					1.3	0.20			252	50.4
Transport			22.00 - 06.00	7142 m ³					9.6 kg				2700 kg
Tørrvætransport				4032 m ³					8.4 kg				515 kg

D	KL	VÆR	Q m ³ /s	Pb mg/l	Pb g/s	Tot-N Mg/l	Tot-N g/s	Tot-P mg/l	Tot-P g/s	Ort-P mg/l	Ort-P g/s	KOF mg/l	KOF g/s
30.8	18.50	0.27	0.013	0.0035	24.0	6.48	2.7	0.73	2.2	0.59	0.59	76.9	20.8
	19.00	0.32	0.45	0.144	45.6	14.59	7.2	2.30	4.5	1.44	1.44	238	76.2
	19.04	0.34	0.30	0.102	26.0	8.84	4.5	1.53	3.3	1.12	1.12	553	188.0
	19.09	0.41	0.25	0.102	20.0	8.20	4.0	1.64	3.1	1.27	1.27	318	130.4
	19.19	0.75	0.35	0.262	29.2	21.9	7.0	5.25	5.5	4.13	4.13	785	588.8
	19.32	0.77	0.45	0.347	20.4	15.7	3.8	2.93	3.0	2.31	2.31	535	412
	19.43	0.62	0.25	0.155	15.2	9.4	2.9	1.80	2.2	1.36	1.36	476	295
	19.53	0.52	0.16	0.083	15.6	8.1	2.2	1.14	1.9	0.99	0.99	270	140
	20.03	0.43	0.09	0.039	14.4	6.2	2.1	0.90	1.6	0.67	0.67	272	117
	20.13	0.34	0.06	0.020	13.6	4.6	2.1	0.71	1.5	0.51	0.51	139	47.3
	20.25	0.28	0.05	0.014	15.2	4.3	2.0	0.56	1.5	0.42	0.42	123	34.4

Totalt 2334 m³ 0.74 kg 58 kg 11 kg 1230 kg

D	KL	V _{ER}	Q m ³ /s	Pb mg/l	Pb g/s	Tot-N mg/l	Tot-N g/s	Tot-P mg/l	Tot-P g/s	Ort-P mg/l	Ort-P g/s	KOF mg/l	KOF g/s
30.8	19.15		0.62	0.35	0.217	29.2	18.1	7.0	4.3	5.5	3.4	785	487
"	19.45		0.60	0.25	0.15	15.2	9.1	2.9	1.7	2.2	1.3	476	286
"	20.15		0.33	0.090	0.030	11.6	3.83	2.1	0.69	1.9	0.63	231	75.2
"	20.45		0.30	0.053	0.016	15.2	4.56	2.8	0.84	2.4	0.72	203	60.9
"	21.15		0.27	0.0023	0.006	11.2	3.02	2.0	0.54	1.8	0.49	156	42.1
"	21.45		0.26	0.014	0.004	11.2	2.91	1.8	0.47	1.6	0.42	160	41.6
"	22.45		0.22	0.009	0.002	14.0	3.18	2.2	0.48	1.9	0.42	119	36.2
"	23.45		0.19	0.011	0.002	12.0	2.28	2.1	0.40	1.8	0.34	79.1	35.0
31.3	00.45		0.16	0.008	0.0013	12.0	1.92	1.8	0.29	1.5	0.24	81.0	33.0
"	01.45		0.15	0.006	0.0009	10.8	1.62	1.4	0.21	1.0	0.15	61.2	23.2
"	03.45		0.13	0.006	0.0008	9.6	1.25	1.1	0.14	0.8	0.10	54.3	7.1
"	05.45		0.12	0.006	0.0007	9.2	1.10	0.9	0.11	0.6	0.007	57.9	6.9
"	07.45		0.15	0.007	0.0011	11.6	1.74	1.4	0.21	1.1	0.17	108	16.2
"	09.45		0.17	0.013	0.0022	16.0	2.72	2.5	0.43	2.2	0.37	227	38.6
"	11.45		0.17	0.009	0.0015	13.2	2.24	2.4	0.41	1.9	0.32	89.4	15.2
"	13.45		0.14	0.013	0.0018	14.0	1.96	2.2	0.31	1.7	0.24	134	18.8
"	15.45		0.14	0.021	0.0029	15.2	2.13	2.6	0.36	2.2	0.31	145	20.3
"	17.45		0.14	0.007	0.0010	15.6	2.18	2.4	0.34	2.0	0.28	112	15.7
"	19.45		0.14	0.006	0.0008	15.2	2.13	2.4	0.34	2.1	0.29	88.8	12.4

D	KL.	VER	Q m ³ /s	Pb mg/l	Pb g/s	Tot-N mg/l	Tot-N g/s	Tot-P mg/l	Tot-P g/s	Ort-P mg/l	Ort-P g/s	KOF mg/l	KOF g/s
11.7	12.15	Regn	0.62	0.34	0.21	29.4	18.2	9.2	5.7	-	-	-	-
"	12.30	"	0.94	0.34	0.32	13.4	12.6	7.6	7.1	1020	959	93.6	60.8
"	13.15	"	0.65	0.070	0.046	10.6	6.9	2.7	1.8	44.7	12.5	30.2	4.8
"	15.15	"	0.28	0.011	0.0031	5.2	1.6	1.3	0.4	-	-	-	-
"	19.00	"	0.16	0.005	0.0008	5.8	0.9	1.3	0.21	-	-	-	-
"		"											
Totalt fra 11.50 - 15.15				1.1 kg		90 kg		31 kg					3000 kg
Regnvar			6200 m ³										
Tørrvar			4000 m ³										

KL.	VER	Q m ³ /s	Pb mg/l	Pb g/s	Tot-N mg/l	Tot-N g/s	Tot-P mg/l	Tot-P g/s	Ort-P mg/l	Ort-P g/s	KOF mg/l	KOF g/s
11.7	12.15		2790	1730	1957	1213	9.2	5.7	1020	959	93.6	60.8
	12.30		988	939	770	724	7.6	7.1	44.7	12.5	30.2	4.8
	13.15		378	246	284	185	2.7	1.8	-	-	-	-
	15.15		122	34	68	25	1.3	0.4	-	-	-	-
	19.00		28	93	13	2.1	1.3	0.21	-	-	-	-
Hele perioden				5400kg		3970kg		31 kg				3000 kg

D	KL	VÆR	Q m ³ /s	Pb mg/l	Pb g/s	Tot-N mg/l	Tot-N g/s	Tot-P mg/l	Tot-P g/s	Ort-P mg/l	Ort-P g/s	KOF mg/l	KOF g/s	KOF mg/l	KOF g/s
2.9	10.00		0.16	0.011	0.0018	18.4	2.94	3.4	0.54	2.8	0.45				
"	12.00		0.16	0.014	0.0022	19.2	3.07	3.3	0.53	2.6	0.42	201	32.2		
"	14.00		0.16	0.029	0.0046	14.6	2.34	3.0	0.48	2.5	0.40				
"	16.00		0.16	0.011	0.0018	17.8	2.85	3.8	0.61	3.1	0.50	187	29.9		
"	18.00		0.16	0.007	0.0011	16.4	2.62	2.3	0.37	1.9	0.30				
"	20.00		0.16	0.006	0.0010	34.8	5.57	3.5	0.56	2.2	0.35	403	64.5		
"	22.00		0.16	0.006	0.0010	18.0	2.88	2.5	0.40	2.0	0.32				
"	24.00		0.15	0.005	0.0008	16.4	2.46	2.3	0.35	1.8	0.27	129	20.6		
3.9	02.00		0.15	0.005	0.0008	12.6	1.89	1.8	0.27	1.4	0.21				
"	04.00		0.15	0.010	0.0015	24.0	3.60	2.1	0.32	1.0	0.15	297	47.5		
"	06.00		0.14	0.005	0.0007	10.0	1.40	1.1	0.15	0.8	0.11				
"	08.00		0.17	0.020	0.0034	23.4	3.98	2.2	0.37	1.6	0.27	184	29.4		
Middel			0.16	0.011	0.0017	18.8	2.97	2.6	0.41	2.0	0.31	233	37.4		
Totalt kg/døgn			14.10 ³ _m	0.147 kg		257 kg		35 kg		27 kg		3230 kg			

D	Kl	VÆR	Q m ³ /s	Pb mg/l	Pb g/s	Tot-N mg/l	Tot-N g/s	Tot-P mg/l	Tot-P g/s	ORT-P mg/l	Ort-P g/s	KOF mg/l	KOF g/s
	22.6	15.30	Tørt	0.18	0.005	0.0009	24.4	2.4	0.43	1.7	.31	-	-
	"	17.30	"	0.18	"	53.6	9.6	2.5	0.45	1.8	0.32	93.9	16.9
	"	19.30	"	0.18	"	17.4	3.1	2.9	0.52	2.1	.38	-	-
	"	21.30	"	0.17	0.004	0.0007	17.4	2.9	0.49	2.0	.34	85.2	14.5
	"	23.30	"	0.16	0.003	0.0005	15.4	2.8	0.45	2.1	.34	-	-
	23.6	1.30	"	0.16	0.004	0.0006	12.8	2.6	0.42	1.8	.29	106	170
	"	3.30	"	0.15	0.003	0.0005	13.2	1.7	0.26	1.2	.18	-	-
	"	5.30	"	0.15	0.007	0.0010	11.2	1.6	0.24	0.9	.14	60.3	9.0
	"	7.30	"	0.16	0.022	0.0035	13.8	4.0	0.64	1.6	.26	-	-
	"	9.30	"	0.18	0.007	0.0013	17.4	3.4	0.61	2.4	.43	155	27.9
	"	11.30	"	0.18	0.008	0.0014	18.2	3.3	0.59	2.6	.47	-	-
	"	13.30	"	0.18	0.009	0.0016	16.6	3.0	0.54	2.2	.40	135	24.3
	Middel		0.17	0.007	0.0012	19.3	3.3	2.76	0.47	1.87	0.32	106	18.3
	Totalt pr. døgn - 15.10 ³ m ³				0.104 kg		285 kg		41 kg		28 kg		1580 kg