



O-94252

Massestrømsbalanse
for miljøgifter i et
nedbørsområde

Forprosjekt

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-94252	Underrn:
Løpenr.: 3288	Begr. distrib.: Åpen

Hovedkontor Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: MASSESTRØMSBALANSE FOR MILJØGIFTER I ET NEDBØRSOMRÅDE - Forprosjekt	Dato: juli	Trykket: NIVA 1995
	Faggruppe: Miljøgifter ferskvann	
Forfatter(e): Dag Berge Eirik Fjeld Gjertrud Holtan	Geografisk område: Østlandet	
	Antall sider: 44	Opplag: 50

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt:

Rapporten gir en analyse av hensiktsmessigheten av å gjennomføre en massestrømsbalanse for miljøgifter i et nedbørsområde. Forskjellen mellom oppstrøms- og nedstrømsmålinger i resipienten skal være fasiten på et teoretisk tilførselsbudsjett, for derigjennom å avdekke mulige nye kilder, samt gi et perspektiv over de ulike tilførselskategoriers viktighet. 5 områder er vurdert: Hunnselva forbi Raufoss, Alna gjennom Groruddalen, Numedalslågen forbi Kongsberg, Glomma forbi Sarpsborg, og Skienselva forbi Skien. Forprosjektet konkluderer med at et hovedprosjekt bør kunne gjennomføres med et nyttig resultat, og gir et program for hvordan prosjektet bør gjennomføres. Raufossområdet er valgt som lokalitet for hovedprosjektet, fordi det har et veldefinert tilførselsdistrikt og resipientområde, variert aktivitetsmønster, samt at resipienten er såpass liten at det er mulig å måle oppstrøms- og nedstrøms forskjeller i konsentrasjonene av de aktuelle miljøgifter.

4 emneord, norske

1. Miljøgifter
2. Tilførselsbudsjett
3. Elve-resipient
4. Forprosjekt

4 emneord, engelske

1. Environmental toxins
2. Loading budget
3. River recipient
4. Feasibility study

Prosjektleder

Dag Berge

For administrasjonen

Merete Johannessen

ISBN 82-577-2802-0

**Norsk institutt for vannforskning
Oslo**

O-94259

**MASSESTRØMSBALANSE FOR MILJØGIFTER
I ET NEDBØRSOMRÅDE**

FORPROSJEKT

NIVA, Oslo, 28.06.1995

Saksbehandler: Dag Berge
Medarbeidere: Eirik Fjeld
Gjertrud Holtan

INNHOLD

KONKLUSJON	4
INNLEDNING	6
METODER OG DATA.....	6
MULIGE LOKALITETER	9
Kriterier for valg av lokalitet	9
Valg av parametere.....	10
HUNNSELVA FORBI RAUFOSS	11
Raufoss tettsted	11
Utslippsforhold.....	11
Relevante tidligere målinger fra resipienten Hunnselva	13
Resultater fra befaring 28. november 1994.....	14
Evaluering av Hunnselva forbi Raufoss som lokalitet for massestrømsbalanse-prosjektet	15
ALNA GJENNOM GRORUDDALEN	16
Områdebeskrivelse	16
Relevante målinger fra Alna	18
Resultater fra befaring 05.12.94.....	18
Evaluering	19
NUMEDALSLÅGEN FORBI KONGSBERG	20
Områdebeskrivelse	20
Utslippsforhold.....	20
Resultater fra befaring 30. november 1994.....	23
Evaluering av Numedalslågen forbi Kongsberg som lokalitet for massestrømsbalanse-	24
GLOMMA FORBI SARPSBORG.....	25
Områdebeskrivelse	25
Sarpsborg by.....	25
Utslippsforhold.....	25
Relevante tidligere undersøkelser fra resipienten Glomma	27
Resultater fra befaring 14. desember 1994	27
Evaluering av Glomma forbi Sarpsborg som lokalitet for massestrømsbalanseprosjektet.....	28
SKIENSVASSDRAGET FORBI SKIEN	29
Områdebeskrivelse	29
Skiensvassdraget forbi Skien	29
Utslippsforhold.....	29
Relevante undersøkelser fra resipienten Skiensvassdraget.....	31
Resultater fra befaringen 20. november 1994	31
Evaluering av Skiensvassdraget forbi Skien som lokalitet for massestrømsbalanse-prosjektet	32
KONKLUSJON -EVALUERING	33
Valg av resipient	33
Valg av miljøgifter	33
Forventet nytteverdi	34
PROGRAM FOR HOVEDPROSJEKT "MASSESTRØMSBALANSE FOR MILJØGIFTER I NEDBØRFELTET: HUNNSELVA FORBI RAUFOSS"	37
Vassdragsbeskrivelse	37
Elvestasjoner	37
Deponier	37
Industriutslipp	37

Overvann - trafikkforurensning.....	38
Bakgrunnsavrenning.....	38
Atmosfærisk deposisjon	38
Landbruksforurensning	38
Aktuelle analyseparametre	39
Prøvetakings- og analyseprogram	39
Budsjett	40
LITTERATUR	41
Undersøkelser fra Hunnselva	41
Undersøkelser fra Alna	42
Undersøkelser fra Numedalslågen	43
Undersøkelser fra Glomma	44
Undersøkelser fra Skiensvassdraget.....	44

KONKLUSJON

Vi har stor tro på at gjennomføring av en Massestrømsbalanse for Miljøgifter i et Nedbørfelt vil gi nyttig ny informasjon med hensyn til å identifisere klassiske- og nye kilder til miljøgiftsforurensning, samt å få frem et perspektiv på de enkelte kilders viktighet. Av denne grunn anbefaler vi at prosjektet gjennomføres.

Det beste området hvor et slikt prosjekt kan gjennomføres er etter den foretatte analyse: Raufoss med Hunnselva som resipient.

Prosjektet vil ha nytteverdi både for lokale og sentrale miljømyndigheter. Sentralt er SFT's nytteverdi på et mer prinsipielt plan, noe som fremgår av hovedhensikten trukket opp i SFT's notat av 17/3-94:

"Prosjektets hovedhensikt er å utføre en kontroll i et egnet vassdrag på at de målte/beregnete totaltilførsler (naturlige og menneskeskapte) av et par prioriterte miljøgifter til nedbørfeltet i rimelig grad stemmer overens med de miljøgiftkonsentrasjoner en måler i vassdraget på ulike punkter. Det skal gjøres en analyse av om vår kunnskap om miljøgifttilførsler er fullstendig. Særlig sentralt vil det være å se om det finnes kilder av betydning som vi i dag ikke kjenner til."

Oppstrøms- og nedstrømsmålingene i vassdraget vil utgjøre en "hovedfasit" på om de teoretiske tilførselsberegningene er riktige. Det å kun observere et større eller mindre avvik mellom disse to tilnæringsmåter "og hva så", vil ikke gi tilstrekkelig nytteverdi. Undersøkelsene må legges opp slik at man kan si hvilken tilførselskategori som øyensynlig er feil, eller slik at man eventuelt kan identifisere/peile inn hittil ukjente tilførselskategorier. For å få til dette må det inkluderes en viss måling også i tilførselsberegningene, i alle fall stikkprøver. Dette er i overensstemmelse med SFT's hovedhensikt (se over) der det står "målte/beregnete totaltilførsler".

Nytteverdien vil kunne kategoriseres som følger:

Overføringsverdi

Et viktig poeng er at det distriktet man velger for å gjennomføre massestrømsbalansen har den nødvendige overføringsverdi til andre steder. Er resultatene fra Raufoss bare interessante for Raufoss, eller gir de informasjon som også har relevans andre steder? I denne sammenheng er det viktig at man velger et veldefinert "avløps- og tilførsels"-distrikt som lokalitet for analysen. Velger man en stor by (f.eks. Oslo) eller et stort distrikt (f.eks. Numedalslågen fra Kongsberg til Larvik) mister man muligheten til å brette tilførslene ned på de enkelte kildekategorier pga. kompleksitet i tilførselsbildet. Man må da dele området inn i mindre delfelter, noe som ofte medfører problemer ved at deler av tilførslene føres ut av feltet, og at dette også gjelder en udefinert del av overvannet. I så måte er Raufoss det mest representative området vi har kunnet finne i Norge. Alle kilder havner i Hunnselva. Virksomheten er såpass variert med tungindustri, småindustri, service-næringer, primærnæringer, trafikkert bymessig sentrumsområde, etc., at vi mener resultatene herfra vil ha stor overføringsverdi med hensyn til identifisering av kilder og fordeling av miljøgifttilførsler i andre bymessige områder i Norge.

Kildeperspektiv

Viktig informasjonen vil fremkomme ved at man setter opp et tilførselsbudsjett for de ulike miljøgiftene fra de ulike kilder. Man vil da få et viktig perspektiv over de ulike kilders relative betydning. Dette perspektivet mangler ofte i miljøgiftdebatten, noe som kan være et hinder for optimal tiltaksplanlegging og -implementering.

Industri

Her vil man kunne få en oversikt over hva diffuse utslipp via overflateavrenning, feilkoplinger, og sluk betyr i forhold til prosessrelaterte utslipp. Det er gjerne den siste kategorien man har oversikt

over i SFT's industriarkiv. Ved å legge inn intelligent automatisk prøvetaking, vil man kunne fange opp støtutslipp. Materialet herfra vil også kunne gi SFT nyttige signaler som kan brukes med tanke på revidering av bedriftenes oppgave- og overvåkingsplikt til INKOSYS.

Deponier/fyllinger (inkl. nedlagte gruver)

Her vil man gjennom stikkprøvetaking av sigevann finne ut om størrelsesorden på tilførsler fra denne type kilder, noe det ofte er svært mangelfull kunnskap om.

Atmosfærisk deponisjon

Denne kan trolig estimeres ut fra NILU's erfaringsmateriale, bla. fra Statlig program for forurensningsovervåking. Hvis så ikke kan gjøres vil det være nødvendig å opprette en målestasjon. For mange miljøgifter finnes lite deponisjonsdata, og en målestasjon vil gi nyttig tilleggsinformasjon.

Naturlig Bakgrunnsavrenning

Bakgrunnsavrenningen vil kunne estimeres delvis fra NIVA's undersøkelser ved Bradalsmyra skytefelt (Raufoss A/S), Rognerud et al (1994), delvis fra Hunnselva oppstrøms Raufoss. NGU's undersøkelser av flomsedimenter vil også kunne nyttes. Det vil neppe være aktuelt å opprette egne stasjoner for studier av bakgrunnsavrenning med mindre man finner uforklarlige økninger i noe vassdragsavsnitt.

Kombinasjon av Naturlig bakgrunn og Atmosfærisk deponisjon

Dette vil kunne gi interessante opplysninger om retensjon i terrestriske felter, eller om de virker som "sink or source" for miljøgifter.

Kommunalt avløp

I den grad man begrenser studien til de miljøgifter som man har data på i kommunalt kloakkvann, vil ikke studien frembringe så mye nytt på dette felt. Inklusjon av nye parametre kan være nyttig.

Overvann - trafikkavrenning - diffus avrenning

Dette er et "ullent område" der man kan få fram interessant ny viten gjennom massestrømsprosjektet. I et bymessig område transporteres svært mye av disse kilder til vassdraget via overvannsledningene. Ved et lite, men "intelligent" prøvetakingsopplegg vil man kunne splitte disse kildene og få en antydning om deres relative betydning. Studiene vil koordineres så godt som mulig med SFT's nystartede prosjekt om miljøgifter i overvann.

INNLEDNING

SFT påpeker i brev av 22.03.56 til NIVA behovet for å utføre en kontroll på at de beregnede tilførslene av miljøgifter til et nedbørfelt i rimelig grad stemmer overens med de konsentrasjonene en måler i vassdraget. SFT definerer målet til et eventuelt hovedprosjekt som følgende:

"Gjennom bruk av eksisterende og supplerende undersøkelser for et begrenset antall miljøgifter i et nedbørsområde og eksisterende kunnskap om utslipp fra alle kilder i området, gjøre en analyse av om vår kunnskap er ufullstendig. Resultatet skal være en massestrømsanalyse for et område."

Dette er en komplisert oppgave, og SFT ønsker derfor at NIVA utarbeider et forprosjekt som skal gi grunnlag for å vurdere om et hovedprosjekt bør gjennomføres i 1995/96, og gi nødvendig grunnlag for detaljplanlegging av et hovedprosjekt.

Etter det reviderte programforslag av 30.09.94 skal det utarbeides et forprosjekt etter "metode 2". Denne går i korthet ut på å måle tilskuddet av miljøgifter som tilkommer et vassdrag når det renner forbi et ønsket område (f.eks. et byområde), og sammenlikne dette med beregnede tilførsler fra det samme byområde. Forprosjektet skal finne fram til en lokalitet hvor dette er mulig og med høy grad av sannsynlighet vil gi fornuftige resultater, dvs. resultater som brukes til å styrke det teoretiske beregningsgrunnlaget, avdekke kunnskapshuller, avdekke nye kilder, etc.

Det vil bli utarbeidet enkle kriterier for valg av lokalitet. Dette vil gå på momenter som om det er et veldefinert tilførselsdistrikt, variasjonen i forurensningsskapende menneskelig aktivitet, hydrologiske forhold lokalt, dvs. om lokaliteten ligger ved en fysisk sett "ren" elv eller om den ligger i en elvemunning hvor deler av utslippet går til sjø/innsjø og således er vanskelig å måle. Hvor stor elva er i forhold til den menneskelige aktiviteten er også viktig med tanke på at man skal ha mulighet til å måle forskjeller oppstrøms og nedstrøms. Hvis man ikke har mulighet til dette, f.eks. ved at alle verdier ligger under deteksjonsgrensen for den aktuelle analyse, sier det seg selv at man ikke kan gjennomføre hovedprosjektet etter "metode 2".

METODER OG DATA

I en massestrømanalyse av et vassdrag i det det renner igjennom et nedbørfelt skal summen av tilførsler (lokale og de som tilkommer via hovedvassdraget) balansere retensjonen og ut-transporten. For å unngå unødvendig kompliserende forhold med hensyn til retensjonen, har vi anbefalt at en unngår lokaliteter med større innslag av innsjøer i det aktuelle nedbørfeltet. Innsjøer er effektive retensjonsfeller som det kan være vanskelig å sette opp massestrøm-beregninger for.

Massestrømanalysen må omfatte tilførselberegninger for følgende lokale kilder og prosesser:

- naturlig bakgrunnsavrenning
- atmosfærisk deposisjon
- industri
- kommunalt avløp - overvannsnett
- trafikk
- snøtipping
- gruver (nedlagte og eventuelt igangværende)
- jordbruk
- fyllinger
- retensjon i innsjøer

For noen av disse ovennevnte kildene har man rimelig godt teoretisk beregningsgrunnlag eller innrapporterte data, men for andre må en gjøre mer detaljerte målinger og studier. I det understående vil vi gi en noe nærmere diskusjon av dette.

Naturlig bakgrunnsavrenning

Foruten data fra undersøkelser foretatt ved NIVA er det innhentet opplysninger om bakgrunnsnivåer fra Naturvårdsværket i Sverige (Johansson, 1989 og Borg og Johansson, 1989). For visse mobile elementer kan det imidlertid være vanskelig å skille mellom hva som er naturlig bakgrunnsavrenning (naturtilstanden) og hva som skyldes menneskeskapte forandringer. Eksempelvis kan forsurening av jordsmonnet føre til en utlekking av mobile metallioner som Cd^{2+} , slik at transporten ut av nedbørfeltet er betydelig større enn hva naturlig avrenning og atmosfæriske deponisjoner tilsammen skulle indikere.

Atmosfæriske deponisjoner

I den grad det ikke finnes mål av atmosfæriske deponisjoner i det aktuelle området, vil det kunne bli aktuelt å opprette slike stasjoner. Det er tatt kontakt med NILU om dette. Viktig kontakt her er Kjetil Tørrseth som er ansvarlig prosjektleder for overvåking av langtransportert luft og nedbør. Videre vil Arne Semb og Josef Pacyna være sentrale medarbeidere ved NILU. Atmosfæriske deponisjoner er nødvendig for å beregne avsetning på fri vannflate mellom oppstrøms og nedstrøms stasjoner. I de fleste tilfeller av urbane områder vil dette bidraget trolig være nokså lite.

Industri

Data hentes fra SFTs INKOSYS for konsesjonsbehandlede bedrifter. I tillegg vil det vurderes om andre bedrifter har direkteutslipp som må med i beregningene. Bransje-vurderinger og enkeltbedrifts-vurderinger vil gjøres i den grad det er mulig og kan gi utbytte. SFTs materialstrømanalyser vil også være et nyttig hjelpemiddel i denne sammenheng. For å avgjøre hvorvidt diffus avrenning fra industri er betydningsfull sammenliknet med den prosessrelaterte avrenningen bør en vurdere å gå inn med selektive målinger fra utvalgte virksomheter.

Kommunalt avløp - overvannsnett

Data fra kommunalt avløp vil benyttes. Det vil undersøkes om det er foretatt målinger i det valgte område og i tilfelle benytte måleresultatene, eller/og om datagrunnlaget er godt nok for evt. beregninger. I løpet av 1993 foretok SFT ved Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S en undersøkelse av Miljøgifter i kommunalt avløpsvann. Det ble gjennomført systematisk prøvetaking ved 13 kommunale renseanlegg, bl.a. ved Hvarnes renseanlegg i nedbørfeltet til Numedalslågen (SFT-rapport nr. 93:10). Dette er et mindre anlegg hvor 200 pe er tilknyttet, hvor årlig vannmengde er angitt til 8000 m³ og som hverken har bensinstasjoner eller industri tilknyttet, dvs. et "rent" husholdningsavløp. Om resultater fra øvrige målinger vil kunne benyttes i dette prosjektet vil vurderes. Aquateam har bl.a. også utført en undersøkelse for OVA av kadmiuntilførsler til avløpsnettet i Oslo, hvor utslipp fra ulike kilder er forsøkt kvantifisert. (R. Storhaug og medarb., 1992). Denne undersøkelsen er videreført i det såkalte Kadmium-prosjektet. Målingene i felt er her delt inn i tre hoved-delområder:

- Målinger på spillvann fra husholdninger.
- Målinger på overvannsnettet.
- Målinger på avrenning fra tak/bygårder.

Som en del av kadmiumprosjektet har I. Caspersen ved OVA utarbeidet en rapport som gir en oversikt over utviklingen for kadmium i slam og avløpsvann fra 1970 fram til i dag. I tillegg har SFT gitt NIVA i oppdrag å gjennomføre "Miljøundersøkelser i indre Oslofjord", hvor bl.a. kartlegging av kilder inngår som et av delmålene. Rapport fra denne undersøkelsen er under utarbeiding (Stene-Johansen og medarb., in press.). Om resultatene fra disse prosjekter kan overføres til valgt undersøkelsesområde eller benyttes mer generelt vil måtte vurderes. Nødvendigheten av supplerende

undersøkelser vil også bli vurdert. Aquateam (R. Storhaug) vil være sentral medarbeider i denne delen av et evt. prosjekt.

Trafikk

Det finnes grove estimater for hvor mye forurensning fra veitrafikk som havner i veikantene. Noe baserer seg på utslipp fra bilmotorer, vei og dekkslitasje ved piggdekkbruk, og data om akkumulering i snøkanter i byområder er kommet gjennom undersøkelser av trafikkforurenset snø (Ball et al. 1991, Gjessing et al. 1984, Lygren og Gjessing 1984, Bækken 1993, Bækken 1994). Dataene er imidlertid ikke dekkende for å beskrive tilførslene til vassdrag som drenerer områder med veitrafikk.

Det finnes et utall arbeider som beskriver forurensningskonsentrasjoner i avrenning fra vei, mest utenlandske arbeider og enkelte norske (se Hvitved-Jacobson & Yousef 1991). Avrenningsmengdene av trafikkgenererte forurensninger er lite kvantifisert. Driscoll (1987) og Driscoll et al. (1990) angir en prosedyre anvendt i en undersøkelse for å estimere forurensningstilførsler fra motorveier og resultatene av samme undersøkelse. Det er uklart hvor mye av disse resultatene som er anvendbare for norske forhold.

Vanlige parametere anvendt ved undersøkelser av avrenning fra veier er uorganiske og organiske partikler, pH, klorid, tungmetaller og PAH. Noen parametere er i mindre grad påaktet og sjeldnere målt. Blant disse er vanlige parametere som f.eks. tot. N, tot. P og S. Data fra trafikkforurenset snø i Oslo's gater har også påvist relativt høye konsentrasjoner av penta- og heksaklorbenzen samt PCB (Bækken 1994). De eksakte kildene er ukjente og PCB i forbindelse med veitrafikk er undersøkt i svært liten grad. Ifølge søk i NIVA's og SFT's litteraturlister begrenser det seg til 3-4 publikasjoner. Ved siden av tungmetallene er PAH en viktig parameter i trafikkforurensningen. PAH kommer både fra eksos, veislitasje og dekkslitasje.

Kvantifisering av forurensningsavrenning fra vei og veigrøfter til vann og vassdrag er nesten helt fraværende for nordiske forhold. Her er salting og veislitasje ved piggdekkbruk viktige forurensningsfaktorer. Enkelte spredte og mer eller mindre tilfeldige målinger finnes (Gjessing et al. 1984, Bækken 1994). Vestfold Vegkontor starter imidlertid en målestasjon for veiavrenning i 1995. Det vil der bli muligheter til å ta ut vannføringsproporsjonale prøver for analyse av ulike parametre. Dette gir en unik mulighet til å måle forurensningstilførselen til et vassdrag fra veitrafikk via et definert nedslagsfelt og målt trafikkmengde. Vestfold Vegkontor vil bidra med midler til å sikre gode førdata før trafikken settes på høsten 1995. NIVA vil bidra med egne forskningsmidler i 1995. Et fortsatt måleprogram utover enkle basisdata som f.eks. pH og ledningsevne, vil kreve ytterligere finansieringskilder.

Litteraturoversikter på miljøeffekter av veiavrenning er gitt i Folkesson (1994) og Bækken (1993).

Snøtipping

I mange byer og tettsteder blir det behov for å fjerne snøen fra gater, fortau og parkeringsplasser i løpet av vintersesongen. Snøen vil være mer eller mindre forurenset av veitrafikken avhengig av trafikkbelastningen i området. Snøen fra ulikt trafikkerte veier i Oslo ble undersøkt av NIVA i 1994 og viste at snøkantene var betydelig forurenset av bl.a. en lang rekke tungmetaller og PAH. Det ble estimert mengden av forurensninger dumpet i sjøen (Bækken 1994). Det er ikke kunnskaper om omfanget av snødumping eller størrelsen av forurensningstilførslene til vann via snødumping fra andre steder av landet.

Gruver (nedlagte og evt. igangværende)

Mht til gruveavrenning vil R. T. Arnesen og E. Iversen ved NIVA være viktige kontakter/medarbeidere.

Jordbruk

Bruken av kunstgjødsel, kommunalt slam og visse plantevernmidler vil kunne føre til forhøyede konsentrasjoner av tungmetaller i avrenningen fra jordbruksarealer. Både kunstgjødsel og kommunalt slam inneholder spormengder av kadmium, og er en ikke ubetydelig kilde til anrikning av kadmium på jordbruksarealer (SFT 1991 og 1993). Tidligere praksis med kvikksølv-beising av såkorn kan ha vært en kilde til kvikksølvforurensinger i akvatisk miljø, og man har observert kvikksølv-akkumulering i fisk i innsjøer fra landbruksdistrikter (refs). Bruk av kommunalt slam og visse plantevernmidler kan også medføre spredning av kobber (SFT 1993). Representative tall på avrenning av tungmetaller fra jordbruksområder bør kunne skaffes fra landbruksfaglige forskningsmiljøer.

Fyllinger

En oversikt over registrerte fyllinger finnes i SFTs arkiver, men en har ingen systematiske undersøkelser over avrenningen av miljøgifter fra dem. Her bør en trolig inn med analyser av sivevannet fra aktuelle fyllinger.

Retensjon i innsjøer

Der hvor det finnes innsjøer mellom de to målepunkter (opp- og nedstrøms by-/tettstedsområde) vil det måtte beregnes eventuell retensjon.

MULIGE LOKALITETER

Foreløpig liste over mulige lokaliteter er gitt nedenfor:

- 1) Numedalslågen forbi Kongsberg
- 2) Skienselva forbi Skien
- 3) Hunnselva forbi Raufoss/Hunndalen
- 4) Glomma forbi Sarpsborg
- 5) Alna gjennom Groruddalen

Det kan godt tenkes at vi vil komme til å vurdere flere lokaliteter. Fra alle ovennevnte elver har vi materiale fra tidligere som kan brukes til å vurdere og begrunne lokalitetsvalget.

Kriterier for valg av lokalitet

Hver lokalitet vil bli vurdert ut fra et enkelt sett med kriterier, og vi vil skjønnsvis kategorisere hver lokalitet ut fra de enkelte kriteriene. Vi vil benytte de tre følgende kategorier: mindre god, god, meget god. Lokaliteter som blir bedømt til "mindre god" på et enkelt kriterium må betraktes som uegnet til prosjektet, selv om den skulle oppnå bedre karakterer på andre kriterier.

Lokalitetene vil bli bedømt ut fra følgende kriterier:

- veldefinert tilførseldistrikt
Med dette forstås at de forurensingsskapende kilder og aktiviteter er lokalisert til et vel avgrenset og definerbart nedbørområde, og at utslippene/avrenningen fra dette slippes ut i resipienten innenfor det aktuelle studieområdet. Det er også viktig å unngå lokaliteter som har tilrenning fra andre større elvesystemer/nedbørfelt med forstyrrende variasjoner i forurensingsbelastningen.
- variasjon i forurensingsskapende menneskelig virksomhet
Med dette forstås at lokaliteten skal representere et tettsted/byområde med en variert næringsvirksomhet og industri. Det er SFTs ønske at området som velges skal ha belastning fra

industri, næringsvirksomhet, trafikk, husholdninger (avløp og diffuse kilder), gruve-tipper, fyllinger, langtransporterte avsetninger osv.

- lokale hydrologiske forhold

Lokaliteten bør ikke ligge for nær en elvemunning hvor deler av utslippet går til hav eller innsjø. En slik beliggenhet vil gjøre det vanskelig å ta representative prøver for lokaliteten. Tidevannspåvirkning og brakkvannsinnblanding i elver med utløp til sjøen vil også kunne forstyrre representativiteten i prøvetakingen. Vi er usikre på i hvilken grad saltvannsopptrenging fra elvemunningen vil skape store problemer med prøvetakingen, men på grunn av denne usikkerheten har vi foreløpig valgt å ekskludere slike lokaliteter. Vi vil også vektlegge at resipienten har god blanding av vannmassene ved de aktuelle målestasjonene, slik at temporære og lokale gradienter i fortynningen av forurensingsstoffene unngås.

- vannføring - fortynningsgrad

Vannføringen i elva må stå i et rimelig forhold til utslippet av forurensingsstoffer, slik at man er i stand til å detektere forskjeller oppstrøms og nedstrøms de respektive utlippsområdene og stasjonene.

Valg av parametere

Det er naturlig å ta utgangspunkt i SFTs liste over prioriterte miljøgifter i vann og gjøre et utvalg basert på måletekniske og økonomiske vurderinger. Vi anbefaler derfor at det analyseres på følgende tungmetaller: kvikksølv, bly, kadmium, kobber, nikkel og sink. Alle disse elementene, utenom kvikksølv, kan måles ved hjelp av ICP-MS (inductively coupled plasma mass spectrometry). Dette gir presise målinger, med lav deteksjonsgrense, og det er rimelig å måle på flere elementer samtidig. Man kan derfor utvide gruppen av metaller som bør analyseres, uten at det vil bety store ekstraomkostninger. Hvorvidt det bør måles på organiske mikroforurensinger som PAH og PCB kan diskuteres. Analysene er kostbare.

HUNNSELVA FORBI RAUFOSS

Raufoss tettsted

Vestre Toten kommune strekker seg fra Gran og Hurdal i syd, til Gjøvik i Nord. Kommunen har et areal på 264 kvadratkilometer, og har ca 13300 innbyggere.

Tettstedet Raufoss med 6500 innbyggere er senteret i kommunen. Tettstedet har blandet næringsvirksomhet, jordbruk, industri, og servicenæringer. De viktigste industrier er Raufoss A/S (2400 ansatte), Hydro Aluminium Profiler A/S (220 ansatte), og Toten Transportsentral (200 ansatte).

Den sterkt trafikkerte RV4 mellom Oslo og Gjøvik/Lillehammer går gjennom tettstedet.

Utslippsforhold

Hele tettstedet drenerer til Hunnselva, og felter og delfelter er lett å avgrense. I tidligere tider var Hunnselva sterkt forurenset. Både industriavløp og sanitærawløp blir nå rensert før det slippes ut i elva.

Det kommunale avløpet ledes til Breiskallen Renseanlegg nedstrøms tettstedet. Renseanlegget er dimensjonert for 10 000 pe og har i dag tilknyttet ca 7000 pe, dvs. tettstedet Raufoss og en del av den spredte bebyggelsen rundt.

Breiskallen RA er et mekanisk / kjemisk etterfellingsanlegg som nå fungerer rimelig bra. I anleggets første fase var Hydro Aluminium Profiler koplet inn på anlegget, og driften ved anlegget var betydelig forstyrret av den grunn. Man tror det var det store innholdet av avfettingsmidler i industriavløpet som forstyrret fellingsprosessen.

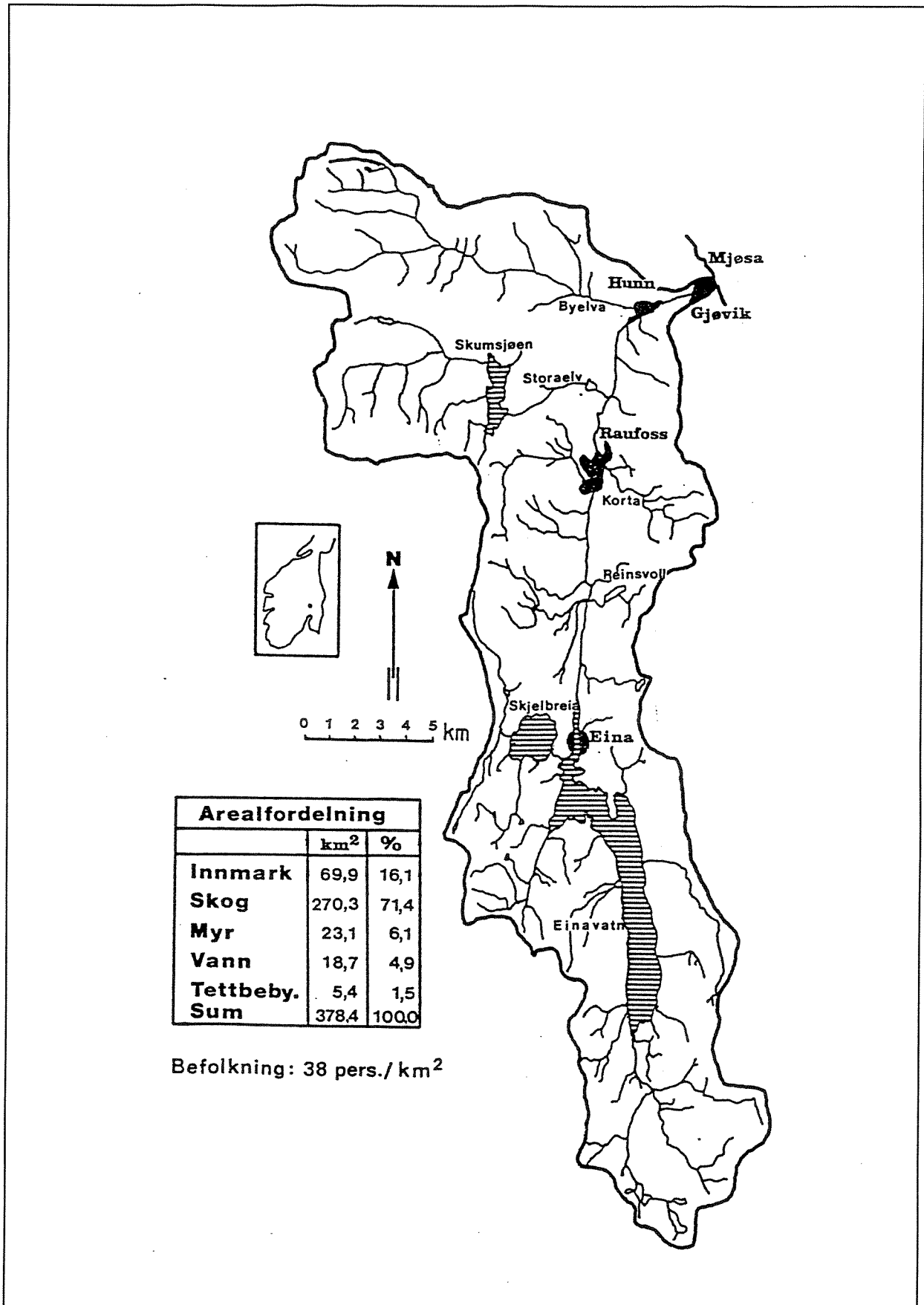
Prosessavløpet fra Hydro Aluminium og Raufoss A/S renses nå i egne renseanlegg før avløpet slippes i elva. Rensingen består dels av kalkfelling, dels av ultrafiltrering, og er ikke uproblematisk. Hydro har søkt om å få slippe sitt avløp inn på det kommunale RA igjen.

Både Raufoss A/S og Hydro Aluminium Profiler A/S rapporterer til SFT's industriarkiv.

Raufoss: Al, Cu, Zn, Cr⁶⁺, Cr²⁺, Ni, CN, og Tot-P

Hydro: Al, Zn, og Cr⁶⁺, Cr²⁺

Både hos kommunen og hos fylkesmannens miljøvernavdeling har de mistanke om at det forekommer diffuse uregistrerte utslipp til Hunnselva fra industrien i området.



Figur 1. Hunnselva's nedbørfelt.

Relevante tidligere målinger fra resipienten Hunnselva

Som nevnt innledningsvis er det en forutsetning for å lykkes med et masstrømsbalanseprosjekt at det kan måles signifikante forskjeller i miljøgiftkonsentrasjoner i resipienten oppstrøms og nedstrøms området som skal inngå i analysen. I 2 av de ovennevnte undersøkelser er det foretatt målinger ovenfor og nedenfor Raufoss, se tabell 1-4.

Det er helt klart at det observeres økninger av konsentrasjonene av tungmetaller i Hunnselva på strekningen forbi Raufoss. Innhold i moseskudd kan omregnes til vannkonsentrasjoner etter modell utviklet av Bengtson og Litner (1981). Det må imidlertid presiseres at mye har skjedd på avløpsfronten i Raufoss i tiden etter at disse målingene er foretatt. Dette gjelder både industrielt avløp og kommunalt avløp. F.eks. var Hydro Aluminium koplet på det kommunale RA på den tiden, mens bedriften nå har eget RA inne på industriområdet. Dette har resultert i at det kommunale RA har fått mye bedre virkningsgrad. Målingene fra nedstrøms Raufoss gjengitt over er foretatt oppstrøms utslippet fra det kommunale renseanlegget. De er ikke korrigert for fortynning fra innkommende vann fra restfeltet, slik at de ikke direkte kan omregnes til tilførsler fra den menneskelige aktiviteten i området.

Tabell 1. Middelerverdier fra vannkvalitetsmålinger foretatt i 1985/86 oppstrøms og nedstrøms Raufoss gjengitt i Iversen og Knutsen (1988).

element	benevning	oppstrøms Raufoss	nedstrøms Raufoss
Aluminium	µg Al/l	79	638
Sink	µg Zn/l	<10	34
Kadmium	µg Cd/l	<0.1	<0.1
Krom (total)	µg Cr/l	<0.5	25
Nikkel	µg Ni/l	<5	<5
Kobber	µg Cu/l	2.5	33

Tabell 2. Middelerverdier fra vannkvalitetsmålinger foretatt i 1986/87 oppstrøms og nedstrøms Raufoss gjengitt i Lien og Lindstrøm (1987).

element	benevning	oppstrøms Raufoss	nedstrøms Raufoss
Aluminium	µg Al/l	60	1173
Sink	µg Zn/l	<10	65
Kadmium	µCd/l	<0.1	-
Krom (total)	µg Cr/l	<0.5	58
Nikkel	µg Ni/l	<5	5.3
Kobber	µg Cu/l	2.8	41

Tabell 3. Middelvrdier fra målinger av metallinnhold i moseskudd foretatt i 1986/87 oppstrøms og nedstrøms Raufoss gjengitt i Lien og Lindstrøm (1987).

element	benevning	oppstrøms Raufoss	nedstrøms Raufoss
Aluminium	µg Al/l	4000	16000
Sink	µg Zn/l	100	459
Kadmium	µg Cd/l		
Krom (total)	µg Cr/l	7	797
Nikkel	µg Ni/l	13	53
Kobber	µg Cu/l	30	1056

Resultater fra befarings 28. november 1994

Som nevnt har det skjedd en god del på avløpssektoren i Raufossområdet i tiden etter siste undersøkelser. For å få et innblikk om det fortsatt kunne måles forskjeller i metallkonsentrasjoner oppstrøms og nedstrøms Raufoss tettsted, ble det tatt 4 stikkprøver fra strategiske steder i elva under befaringsen 28. november 1994 (tabell 4 og 5). Resultatene indikerer at det fortsatt skjer en betydelig økning av flere tungmetallkonsentrasjoner på strekningen forbi Raufoss: bly (44x), kobber (3.8x), sink (>14x), krom (>5), arsen (>1.6x?).

Tabell. 4. Stasjoner i Hunnselva ved befaringsen til området 28.11.94.

stasjoner	stasjonen representerer
oppstrøms Raufoss	Hunnselva ovenfor Raufoss. Ved bru Prøven Industriområde
oppstrøms Breiskallen	Hunnselva nedenfor Raufoss. Inkluderer industriutslipp, diffuse utslipp, og overvann, og eventuell ikke tilkoplede kloakk/kloakklekkasjer. Det kommunale renseanlegg (Breiskallen RA) har utslippet nedstrøms denne stasjonen.
nedstrøms Breiskallen	Nedenfor all menneskelig aktivitet i Raufoss. Inkluderer i tillegg til ovenstående også det kommunale renseanlegget. En betydelig sideelv (anslagsvis av størrelse ca 30% av Hunnselva), Kongelstadelva, munner imidlertid ut like oppstrøms utslippet fra Renseanlegget. Måleverdiene må korrigeres for fortyningseffekt fra Kongelstadelva.
Kongelstadelva	Nødvendig å ha med for å korrigere stasjonen nedstrøms Breiskallen

Tabell 5. Analyseresultater fra befaringen 28.11.94.

variabel	benevning	oppstrøms Raufoss	oppstrøms Breiskallen	nedstrøms Breiskallen	Kongelstad- elva
pH		7.59	7.66	7.50	6.32
Konduktivitet	mS/m	10.8	13.9	11.9	2.83
Turbiditet	FTU	0.34	0.47	0.60	0.58
TOC	mg/l	5.5	5.9	7.1	9.6
Farge	mg Pt/l	27.6	30	39.9	75.6
Kvikksølv	ng Hg/l	<1.0		1.5	
Bly	µg Pb/l	0.02	0.87	0.39	0.23
Kadmium	µg Cd/l	<0.01	<0.01	<0.01	0.02
Kobber	µg Cu/l	0.9	3.4	2.8	0.6
Sink	µg Zn/l	<0.5	7.1	5.8	4.9
Krom	µg Cr/l	<0.5	2.5	1.3	<0.5
Nikkel	µg Ni/l	0.5	0.9	0.8	0.5
Arsen	µg As/l	<0.1	0.16	0.21	0.32
Aluminium	µg Al/l	26.8	35.6	74.6	150.4

Evaluering av Hunnselva forbi Raufoss som lokalitet for massestrømsbalanse-prosjektet

Lokaliteten har et veldefinert tilførseldistrikt og gunstige lokale hydrologiske forhold. Det skulle ikke by på problemer med å velge representative prøvetakingsstasjoner oppstrøms, nedstrøms og innen tilførseldistriktet.

Variasjonen i forurensingsskapende menneskelig virksomhet er god. Området har flere industri-bedrifter som rapporterer til SFTs industriarkiv om utslipp av tungmetaller. Miljømyndighetene både i fylket og i kommunen har mistanke om diffuse utslipp. Den sterkt trafikkerte RV4 Oslo - Gjøvik - Lillehammer går gjennom tettstedet.

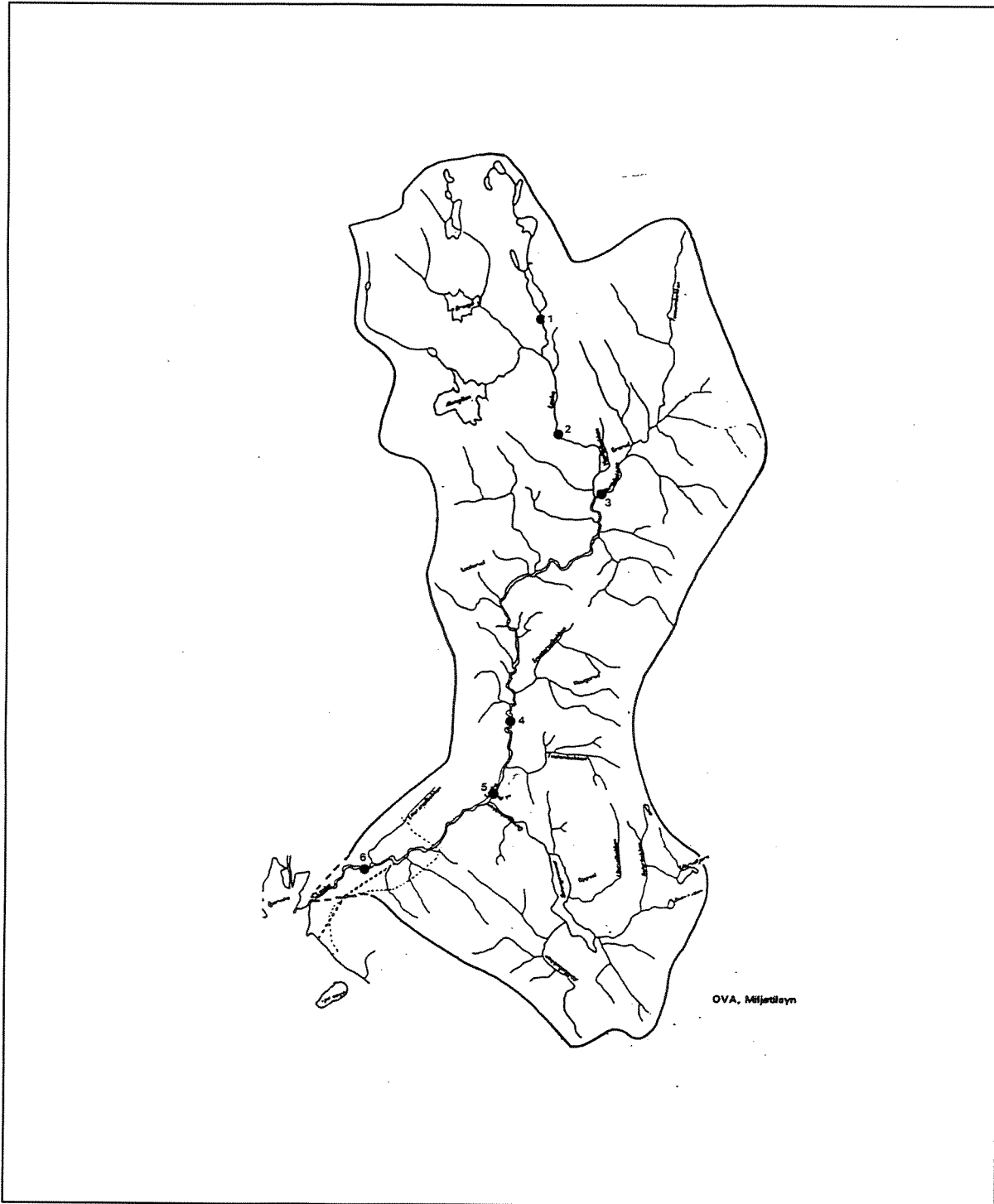
Vannføringen er moderat i forhold til forurensingsbelastningen. Det er tidligere målt klare økninger av konsentrasjonene av tungmetaller i Hunnselva på strekningen forbi Raufoss. Det synes fortsatt å kunne måles signifikante forskjeller i miljøgift-konsentrasjoner oppstrøms og nedstrøms Raufoss, selv om utslippene nå teoretisk skal -være mindre. Deteksjonsgrensene for analysene har dessuten gått ned.

Lokaliteten vurderes å kunne brukes til et massestrømsbalanseprosjekt.

ALNA GJENNOM GRORUDDALEN

Områdebeskrivelse

Alna, som også kalles Loelva, er blant de større og mest forurensede vassdragene i Oslo. Det har sine kilder i Lillomarka, Gjelleråsen og Østmarka, og renner så gjennom den tett befolkede Groruddalen, for å munne ut innerst i Oslo havn (figur 2). Midlere årlig vannføring er omlag 36 mill m³/år. I følge Stene-Johansen (1989) er nedbørfeltets areal 62 km², hvorav 40 km² er bebygget tettsted, 20 km² er skog og 2 km² er jordbruksareal. Anslagsvis bor det 150 000 mennesker i området.



Figur 2. Oversikt over Alnas nedbørfelt. Prøvetakingsstasjonene er inntegnet.

Den bebyggede delen av nedbørfeltet er en mosaikk av bolig- og industriområder, fragmentert på kryss og tvers av et tett vei- og jernbanenett. De viktigste ferdselsårene er :

Hovedveier: E6, RV 4 (Trondheimsveien), RV 163 (Østre Aker vei) og Strømsveien
 Jernbane: Hovedbanen
 T-baner: Grorudbanen, Furusetbanen, Østensjøbanen

Store deler av Alnas løp ligger tett inntil Hovedbanen og Østre Aker vei, og mye av de midtre og nedre delene av Alnas nærområder er regulert til industriarealer. Av større bedrifter og virksomheter som er kartfestet i området bør nevnes: AGA Norgas, Alnabruterminalen, Den Norske Eterfabrikk, Nyland - Statbanenes verksted, Fellesmeieriet, Grorud Jernvarefabrikk, Jotun Fabrikker, Kværner Brug, Nora Mineralvann.

Utslippsforhold

Av tettstedsarealet dekkes noe over halvparten (24 km²) av separate avløpssystem, mens resten er fellessystem (8 km²) eller ikke har offentlig nett (8 km²). Fellessystemene er en eldre type ledningsnett, her renner spillvann og overvann i felles ledning som føres til renseanleggene. I perioder med mye nedbør eller stor avsmelting kan vannføringen i fellessystemene bli så stor at vannet i kummene når opp til overløpet og renner ut i vassdragene.

Separatsystemene er nyere avløps-systemer, hvor spillvann og overvann føres i separate ledninger. Overvannet samles og ledes lokalt til vassdragene eller infiltreres i grunnen, mens spillvannet (kloakk, samt annet vann fra husholdninger og industri) ledes separat til renseanleggene ved Bekkelaget og VEAS. Spillvannsledningene i separatsystemene lagt før 1970 fungerer imidlertid ikke etter hensikten. Spillvann lekker ut igjennom sprekker, dårlige skjøter m.m., og finner veien ned til underliggende overvannsledning som er lagt med utette skjøter. Fra overvannsledningen føres det innlekkede spillvannet direkte til elver og bekker. Alna er det største problemvassdraget for Oslo vann og avløpsverk. Omlag 60% av det kommunale overvannsnettet fra før 1970 har utslipp til dette. En problembeskrivelse og saneringsplan for det kommunale avløpssystemet er gitt i OVA (1992a og b).

I prinsippet skal all industri og næringsvirksomhet i området være knyttet til offentlig spillvann, men uhell og slurv kan føre til forurensinger. Det er etter hva vi vet ingen kjente direkte utslipp til vassdraget, men graving langs vassdraget kan være problematisk på grunn av tilslamming og søl fra gamle oljetanker o.l. Utslipp til overvannet er imidlertid et av de større problemene i dag. Dette kan være fra ulykker, brekkasjer og søl på gårdsplasser til vasking av biler og malingrester. En del bruker også sluk o.l. bevisst til å bli kvitt problemavfall. Kloakkstopper, feilkoblinger og lekkasjer bidrar også med utslipp.

I Groruddalen finnes det en rekke større og mindre eldre fyllplasser og industrideponier som Miljøetaten i Oslo har gjort en omfattende kartlegging av (Rasmussen m. fl. 1992, Rosland 1992). Sigevannet fra disse strømmer i alt vesentlig mot Alna, men i følge Wold (1993) tyder målinger fra Oslo vann- og avløpsverk på at avrenningen inneholder svært lite tungmetaller.

Relevante målinger fra Alna

Oslo vann- og avløpsverk driver en kontinuerlig overvåkning av Oslos vassdrag. Overvåkningen veksler mellom et rutineprogram over fem år, og et intensivprogram over to år. Forskjellen mellom disse er at sistnevnte har en hyppigere prøvetaking, flere prøvetakingsstasjoner langs vassdraget og større bredde i parametervalget. I Alna ble siste intensivovervåkning gjort i 1988 og 1989. Det ble da tatt en ukeblandprøve fra seks målestasjoner i vassdraget ved tre anledninger (før vårflommen, om sommeren og før høstflommen). Stasjonene er plassert slik at de representerer gradienten fra upåvirkede kildeområder til det mest forurensede området like før elva forsvinner i kulvert under byområdene i Oslo. Vi har vist stasjonenes beliggenhet på figur 2, og i tabell 6 presenterer vi noen utvalgte analysedata for tungmetaller. Som det framgår av tabellen er det kun for bly at man tydelig kan spore en gradient i konsentrasjonene fra upåvirkede til påvirkede områder. Personbiltrafikken er trolig en viktig kilde til blyforurensingene, og man kan forvente at problemet nå er noe redusert i og med at blyfri bensin etterhvert dominerer markedet.

Stene-Johansen og Samdal (1994) har studert tilførselen av utvalgte tungmetaller og organiske mikroforurensinger til indre Oslofjord. De konkluderer med at Alna er en betydelig forurensingskilde, som bidrar med omlag 50% av mengden PCB (63 g/år) og 30% av mengden PAH (6,2 kg/år) som tilføres indre Oslofjord via vassdragene. Analyser av sedimentene tyder på at kildene er lokale og særlig ligger i nedre deler av vassdraget.

Resultater fra befaring 05.12.94

I rapportserien til OVA var deteksjonsgrensene for de anvendte analysemetodene av tungmetallene så høye at det ikke ble påvist kvantifiserbare konsentrasjoner. Dette gjalt særlig kvikksølv, nikkel og krom, men også tildels kadmium og bly. Derfor tok NIVA vannprøver fra fire stasjoner i Alna under en befaring 05.12.94 for å se om vi ved mer avanserte analysemetoder kunne påvise ulike konsentrasjoner av tungmetaller langs gradienten. Resultatene er gitt i tabell 7, og de viser at man for kvikksølv, kobber og bly kan spore en klar økning i konsentrasjonsfaktoren ettersom man beveger seg nedover vassdraget (Hg: 5, Cu: 4.0, Pb: 2.6). Den kraftige økningen i turbiditet og pH skyldes trolig leirpåvirkning fra nedre deler av Alnas nedbørfelt.

Tabell 6. Vannkvalitetsmålinger fra Alna. Resultater fra tre ukentlige blandprøver hentet ved seks stasjoner. Stasjonsnummerene er markert på kartet i figur 2. Stasjon 1 er upåvirket av bebyggelse, mens stasjon 6 er sterkt påvirket. Data fra OVA (1989).

dato	variabel	benevning	St.1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6
14.03.89	bly	mg Pb/l	<1.0	2.0	2.0	5.0	4.0	3.0
	kadmium	mg Cd/l	0.2	0.15	0.2	0.3	0.25	0.15
	kobber	mg Cu/l	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02
	sink	mg Zn/l	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05	0.04
17.08.89	bly	mg Pb/l	1.0	1.5	2.0	2.5	3.5	3.0
	kadmium	Cd mg/l	0.3	0.2	0.10	0.1	0.2	0.1
	kobber	Cm mg/l	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
	sink	Zn mg/l	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03	0.03
11.10.89	bly	Pb mg/l	<1.0	<1.0	1.5	1.0	1.0	3.5
	kadmium	Cd mg/l	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2
	kobber	Cm mg/l	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
	sink	Zn mg/l	0.01	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04

Tabell 7. Vannkvalitetsmålinger fra Alna, tatt 05.12.94. Stasjonsnummerene er markert på kartet i figur 2.

variabel	benevning	St.1	St. 3	St. 5	St. 6
pH		6.45	7.90	7.83	7.92
turbiditet	FTU	0.49	2.20	7.80	8.50
TOC	mg C/l	5.3	3.8	4.1	4.8
farge	mg Pt/l	25.7	10.8	12.7	15.4
aluminium	ug Al/l	159.8	36.2	104.6	169.8
arsen	µg As/l	0.32	0.24	0.31	0.35
bly	µg Pb/l	0.17	0.24	0.52	0.45
kadmium	µg Cd/l	0.03	0.04	0.04	0.03
kobber	µg Cu/l	0.7	3.2	2.4	2.8
krom	µg Cr/g	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
kvikksølv	ng Hg/l	1.0			5.0
nikkel	µg Ni/l	<0.5	1.0	0.5	<0.5
sink	µg Zn/l	14.6	9.8	7.6	7.8

Evaluering

Alna har en stor variasjon i forurensingsskapende menneskelig aktivitet. Nedbørområdet er inndelt i en mosaikk av veier, jernbaner, boligfelter og industriområder, man har derfor et vell av potensielle forurensingskilder til vassdraget. Spillvannet fra industri og husholdning, samt store deler av overflateavrenningen fra bebyggede områder, ledes imidlertid i et problematisk kommunalt avløpsnett. Lekkasjer og perioder med overbelastning gjør at spillvann og forurensinger føres ut i Alna på en uoversiktlig måte. Tilførselsdistriktet må derfor karakteriseres som dårlig definert. Det er lite realistisk å tro man skal kunne identifisere ukjente kilder i et slikt diffust utslippsbilde.

De lokale hydrologiske forholdene er gode, og vannføringen såvidt liten at vi kan registrere en klar økning i konsentrasjonen av visse tungmetaller (Hg, Cu og Pb) ettersom vi beveger oss nedover Alna. For andre tungmetaller finner vi ingen systematisk variasjon. Tidligere har det vært målt svært forhøyede konsentrasjoner av organiske miljøgifter (PAH og PCB) i sedimentene i nedre deler av vassdraget.

Det fragmenterte nedbørfeltet, de mange potensielle forurensingskildene og de diffuse utslippene fra et problematisk kommunalt avløpssystem, skaper et komplisert utslippsbilde som det vil være vanskelig å sette opp en troverdig massestrømsanalyse for.

Lokaliteten vurderes ikke egnet til bruk i et massestrømsbalanseprosjekt.

NUMEDALSLÅGEN FORBI KONGSBERG

Områdebeskrivelse

Numedalslågen har sine kilder på Hardangervidda med Normannslågen som det egentlige utspring. Herfra til utløpet ved Larvik har elva en lengde på 342 km og er dermed Norges tredje lengste elv. Numedalslågen har et gjennomsnittsfall på 3.6 m/km, og middelvannføringen er ved munningen ca. 120 m³/s. Fra kanten av Hardangervidda og ned til Hvitvingfoss er elva sterkt regulert for elektrisitetsproduksjon.

Numedalslågen drenerer et nedbørfelt på 5577 km² (fig. 3) og mesteparten av dette område består av fjell, skog og utmark. Den kjemiske sammensetning på avrenningsvannet fra disse områdene er bestemt av berggrunnens sammensetning, løsmasser, jordsmonn og av den vegetasjon vannet passerer før det når vassdraget.

Nord for Kongsberg består berggrunnen vesentlig av harde bergarter med saltfattig avrenningsvann. Løsavsetningene består hovedsakelig av sand og grus fra bre-, elve- og innsjøsedimenter. Andelen av dyrket mark er her svært liten, bare 0.8%. I dette området kan vannet fra naturens side karakteriseres som kalkfattig, svakt surt og med et lavt innhold av salter og organisk stoff.

Like sør for Kongsberg krysser elva den marine grense og går inn i det geologiske området som kalles Oslofeltet. Løsavsetningene består hovedsakelig av gamle havavsetninger, leire og sand. I denne delen av nedbørfeltet er vesentlig mer av arealet dyrket mark (9%), og som dessuten befinner seg i elvas umiddelbare nærhet. I dette området må avrenningsvannet forventes å være noe mer saltholdig og relativt nøytralt. Elva vil naturlig være mer slamførende på strekningen Kongsberg - Larvik pga det lett eroderbare jordsmonnet.

Kongsberg by

Kongsberg kommune strekker seg fra Lardal og Siljan kommuner i sør til Flesberg kommune i nord. Kommunen har et areal på 799.4 km² hvorav 32.4 km² er ferskvann. Kommunen har ca. 21.000 innbyggere.

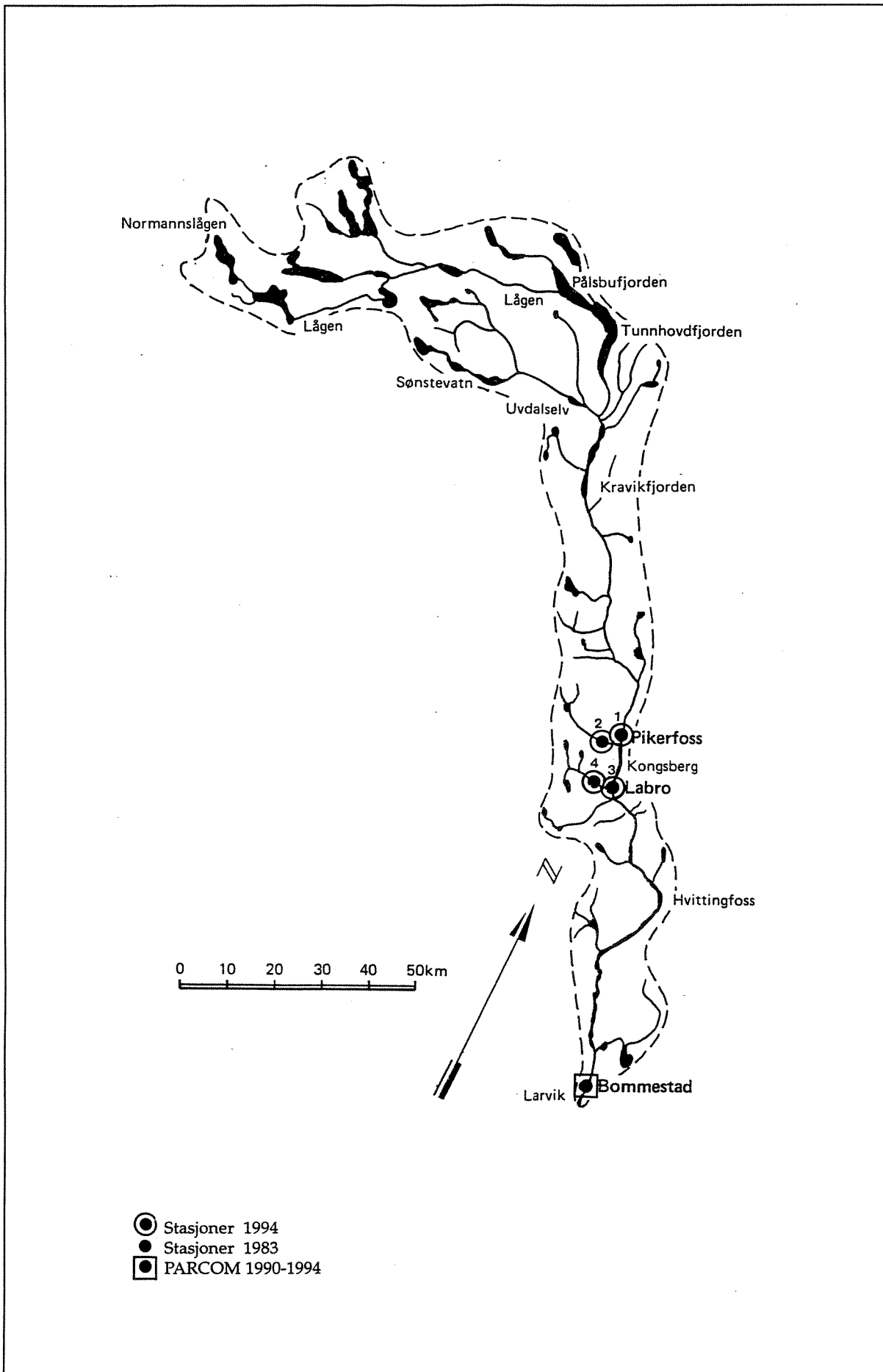
Byen Kongsberg med 15.175 innbyggere (1.1 1993) er senteret i kommunen. Byen har blandet næringsvirksomhet (industri og servicenæringer). Viktige industribedrifter er bl.a. Norsk Forsvarsteknologi, Norsk Jetmotor og Den Kgl. Mynt.

E76 mellom Drammen og Haugesund går gjennom byen. Dessuten følger RV 8 (mellom Larvik og Geilo) Numedalslågen gjennom Kongsberg fra Larvik i sør til Rødberg i nord.

Utslippsforhold

Kongsberg by drenerer til Numedalslågen. Ved hjelp av Kongsberg kommune bør det være mulig å avgrense felt og delfelt. Det meste av avløpsvannet fra bosetning og industri renses før det slippes ut i elva.

Det kommunale avløpet ledes til Sellikdalen renseanlegg som er dimensjonert for 24.000 pe. Det kommunale nettet og renseanlegget har i dag tilknyttet 16.800 p. I tillegg går 4.500 p.e. industrivann til rensing, dvs. at total belastning på renseanlegget utgjør 21.300 p.e. I tillegg renses 1000 m³ slam pr. år som kommer fra et biologisk renseanlegg i Hvitvingfoss. Utover dette har 4.400 p. egne renseløsninger, og 920 p. i rensedistriktet er uten tilknytning, dvs. i praksis slipper ut kloakk mer eller mindre urensset.



Figur 3. Numedalslågen

Tilstanden på ledningsnettet er som normalt for en norsk by. I sentrumsområdene er det lagt fellessystem som er gammelt og tar inn nedbør- og grunnvann og hvor det lekker ut forurensning til grunn og resipienter. I nyere bebygde områder er det separate ledninger for avløpsvannet og for overvann.

Generelt er situasjonen preget av at det eldre ledningssystemet er dårlig og tar inn mye overvann og slipper forurensning til bekker og til Lågen. I perioder med sterk nedbør og/eller snøsmelting blir avløpsledningene tilført mer vann enn de greier å ta unna. Dette fører til oppstuvning og at vannet renner til kontrollerte steder.

Ut fra målinger som er foretatt i 1990 (VIAK-rapport) er det normale lekkasjemengder etter norske forhold på vannledningsnettet, dvs. at ca. 30% av det som tilføres lekker ut.

Kongsberg kommune har omlag 170 km med avløpsrør. Av disse er 50 km lagt etter fellessystemet. Omlag 70 km er spillvannsledning, laget kun for å frakte "brukt" forurenset vann og 50 km med overvannsledninger, laget for rent vann. I tillegg til de kommunalt eide ledningene finnes nesten like mye private ledninger, "stikkledninger".

Sellikdalen RA er et kjemisk renseanlegg. Årlig behandles en vannmengde på 2.950.000 m³. Vannmengden som leveres fra vannverk utgjør 2.600.000 m³ /år. Infiltrasjonsvann-mengde er 170 l/p.d og avrenning pr. p.e. 370 l/p.d. Overløpsvannmengder er oppgitt til 80.000 m³ /år (Grøner, 1993).

Det opplyses i Saneringsplan for Kongsberg kommune (Grøner, 1993) at det ikke er noen utslipp fra industrien som ved normal drift, vil føre til alvorlige forstyrrelser på renseanlegg, ledningsnett eller ødelegge kvaliteten på slammet som skal brukes i landbruket. Slammet analyseres jevnlig på Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni og Zn.

Følgende bedrifter har avtaler med kommunen om utslipp til det kommunale avløpsanlegget: Norsk Forsvarsteknologi, Norsk Jetmotor, Kongsberg Automotiv, M. Vanbergs trykkeri, Kongsberg industri, Rodenstock, Hydranor, Kongsberg Kjøttindustri, Kongsberg Offshore, Dresser Rand Power, Kongsberg-trykk, Stordalen Mineralvannfabrikk, Kongsberg Sykehus, TA, Simrad Albatross, Den Kgl. Mynt, Kommunens tannleger og Tannhelsetjenesten.

Vi er kjent med at bedriften Den Kgl. mynt rapporterer utslipp av Cu, Zn og Ni til SFTs industriarkiv. Denne bedriften har nytt renseanlegg med utfelling. Intet vann går ut uten behandling. Det tilsettes noe olje ved prosessen, ellers er det ren vask av metall. Bedriften har måler på kjølevann fra glødeovn. Dette pluss overvann går ut i Lågen. Olje fra maskiner samles opp og sendes til godkjent leveringssted.

Relevante tidligere undersøkelser fra resipienten Numedalslågen

Det er utført flere undersøkelser i Numedalslågen særlig i forbindelse med Statlig program for forurensningsovervåking, overvåking i regi av fylkesmannens miljøvernavdeling, og evt. reguleringsvirkninger før og etter utbygging av kraftverk. Det er så vidt vi har kunnet bringe på det rene ikke utført målinger av tungmetaller ved noen av disse undersøkelser. Det nærmeste vi har kunnet komme er målinger utført i regi av Kongsberg kommune oppstrøms Kongsberg i 1992 og i forbindelse med elve-tilførselsprogrammet samme år (Holtan og medarb., 1993). Begge måleserier er analysert på ICP-MS og er gjennomsnittstall for 12 prøver som er tatt i løpet av året. Slik sett er de sammenliknbare. Resultatene er fremstilt i tabell 8 og viser klare forskjeller. Her må det imidlertid tilføyes at stasjonen ligger langt nedenfor Kongsberg og at det vil kunne skje en del tilførsler underveis.

Tabell 8. Aritmetisk middel av 12 prøver gjennom året 1992
 Analysert på ICP-MS.
 Oppstrøms Kongsberg = nedenfor tilløp fra Jondalselva
 Nedstrøms (Bommestad) = Bommestad bru før utløp i fjorden.

Stasjon	pH	Kond	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	Ni	As	Al
Oppstrøms Kongsberg	5.8	1.9		0.14	0.04	1.45	4.83	0.21	0.76	0.13	11.4
Nedstrøms (Bommestad)	-	3.9	2.44	8.62	0.30	6.55	44.2	0.85	0.96	0.25	147.2

- = ikke målt

Resultater fra befaring 30. november 1994

For å se om det kunne måles forskjeller i metallkonsentrasjoner oppstrøms og nedstrøms Kongsberg by ble det tatt 4 stikkprøver fra steder i elva som vi mente skulle være strategiske under befaringen den 30. november 1994. Resultatene fremgår av tabell 10 nedenfor. Ut fra denne observasjonsserien er det bare for kvikksølv det er mulig å se en viss forskjell i opp- og nedstrømsprøvene. Medvirkende årsak kan være den meget høye vannføringen i Lågen på observasjonsdagen. En annen grunn kan være at utløpet fra kraftverket til elva antakelig vil være bedre egnet som prøvetakingssted.

Tabell 9. Stasjoner i Numedalslågen ved befaringen til området 30.11. 94.

Stasjon	Stasjonen representerer
Oppstrøms Kongsberg	Numedalslågen nedstrøms tilløp fra Jondalselva
Jondalselva	Jondalselva før utløp i Lågen. Skytefelt i nedbørfeltet.
Nedstrøms Kongsberg	v/inntak for kraftstasjon (Labru)
Kobberverkselva	Kobberverkselva før utløp i Lågen. Representerer evt. avrenning fra tidligere gruvedrift

Tabell 10. Analyseresultater fra befaringen 30.11.94.

Variabel	Benevning	Oppstrøms Kongsberg	Jondalselva	Nedstrøms Kongsberg	Kobberverkselva
pH		6.62	5.98	6.57	6.34
Konduktivitet	mS/m				
Turbiditet	FTU	0.85	1.00	0.60	0.84
TOC	mg/l	3.4	7.2	3.2	5.8
Farge	mg Pt/l	26	65	24	39
Kvikksølv	ng Hg/l	<1.0		1.0	
Bly	µg Pb/l	0.13	0.33	0.13	0.35
Kadmium	µg Cd/l	0.02	0.02	<0.01	0.04
Kobber	µg Cu/l	0.6	0.6	0.5	1.8
Sink	µg Zn/l	3.4	5.9	2.2	11.7
Krom	µg Cr/l	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Nikkel	µg Ni/l	<0.5	1.0	<0.5	1.0
Arsen	µg As/l	<0.1	0.26	<0.1	0.19
Aluminium	µg Al/l	67.0	197.7	62.1	208.4

Evaluering av Numedalslågen forbi Kongsberg som lokalitet for massestrømsbalanseprosjektet

Lokaliteten har et veldefinert tilførselsdistrikt, gode lokale hydrologiske forhold, og en god variasjon i forurensingsskapende menneskelig virksomhet.

Vannføringen er imidlertid svært høy i perioder, og vil kunne gi så høy fortykning av visse forurensingsstoffer at en får problemer med deteksjonsgrensene og presisjonen. I følge måleresultatene fra 1992 er det klare økninger i tungmetallkonsentrasjonene fra oppstrøms Kongsberg og nedover mot utløpet av elva. Det finnes så vidt vi har kunnet bringe på det rene ingen analyser av tungmetaller fra prøver tatt i Numedalslågen forbi Kongsberg (Labru) bortsett fra den ene serien som ble samlet inn ved befaringen den 30. november 1994, og som bare viser en økning for kvikksølv. I følge tallene fra 1992 vurderes lokaliteten å kunne brukes til et massestrømsbalanseprosjekt, i følge observasjonsserien fra 30. f.m. virker den ikke særlig brukbar. Grunnlaget (1 prøve) synes likevel for tynt til foreløpig helt å avskrive Numedalslågen forbi Kongsberg som egnet for prosjektet.

GLOMMA FORBI SARPSBORG

Områdebeskrivelse

Fra sine kilder i Tydal i Sør-Trøndelag til utløpet ved Øra i Fredrikstad er Glommavassdraget 605 km langt, og er Norges lengste vassdrag. I middel er fallet 1:860. Helningen varierer i betydelig grad. Mellom Tynset og Alvdal, på lange strekninger nedenfor Stor-Elvdal og mellom Elverum og Øyeren, er elva stilleflytende. Fallet på slike strekninger kan være bare 1 : 3000. I Østfold, mellom Eidsberg-Glennestangen-Sarpsborg har elva et innsjøaktig preg. Langs de stilleflytende partier er det gjerne store elvesletter som oversvømmes i flomperioder. Gjennomsnittlig årlig flom (ved utløpet av Øyeren) er 2130 m³ /s, men flommene kan bli vesentlig større. I Glomma med Mjøsa og Lågen er det mer enn 20 reguleringer og 35 kraftverk av betydning. Middellavrenningen er ved munningen ca. 710 m³/s.

Nedbørfeltet, medregnet Mjøsa og Gudbrandsdalslågen, er på 41.960 km² (fig. 4), som utgjør 13.0 % av Norges samlede areal. Av dette omfatter Glommas nedbørfelt alene 25.499 km² (7.9 %).

Jordbunnen langs den nordlige delen av vassdraget består av glacifluviale avsetninger, mens marine avleiringer dominerer nedenfor Elverum. Det er i de lavereliggende områder - under den marine grense at jordbruket får den største arealmessige betydning.

I de nordlige deler, ned til Alvdal, består berggrunnen hovedsakelig av bergarter fra kambro-silur-tiden - fyllitter. Mellom Alvdal og Rena er sparagmitter det dominerende innslag. Nedstrøms Rena er grunnfjell mest fremtredende.

Sarpsborg by

Før kommunesammenslåingen (1.1 1992) grenset Sarpsborg i sør til Tune og Skjeberg kommuner og i nord til Tune og Varteig kommuner. Kommunen hadde da et areal på 9.7 km² hvorav 1.8 km² ferskvann. Etter sammenslåingen inngår foruten tidligere Sarpsborg kommune (ca. 12.000 innb.), Tune (ca. 17.000 innb.), Skjeberg (ca. 12.000 innb.) og Varteig (ca. 23.000 innb.) kommuner (tilsammen ca. 46.000 innb.)

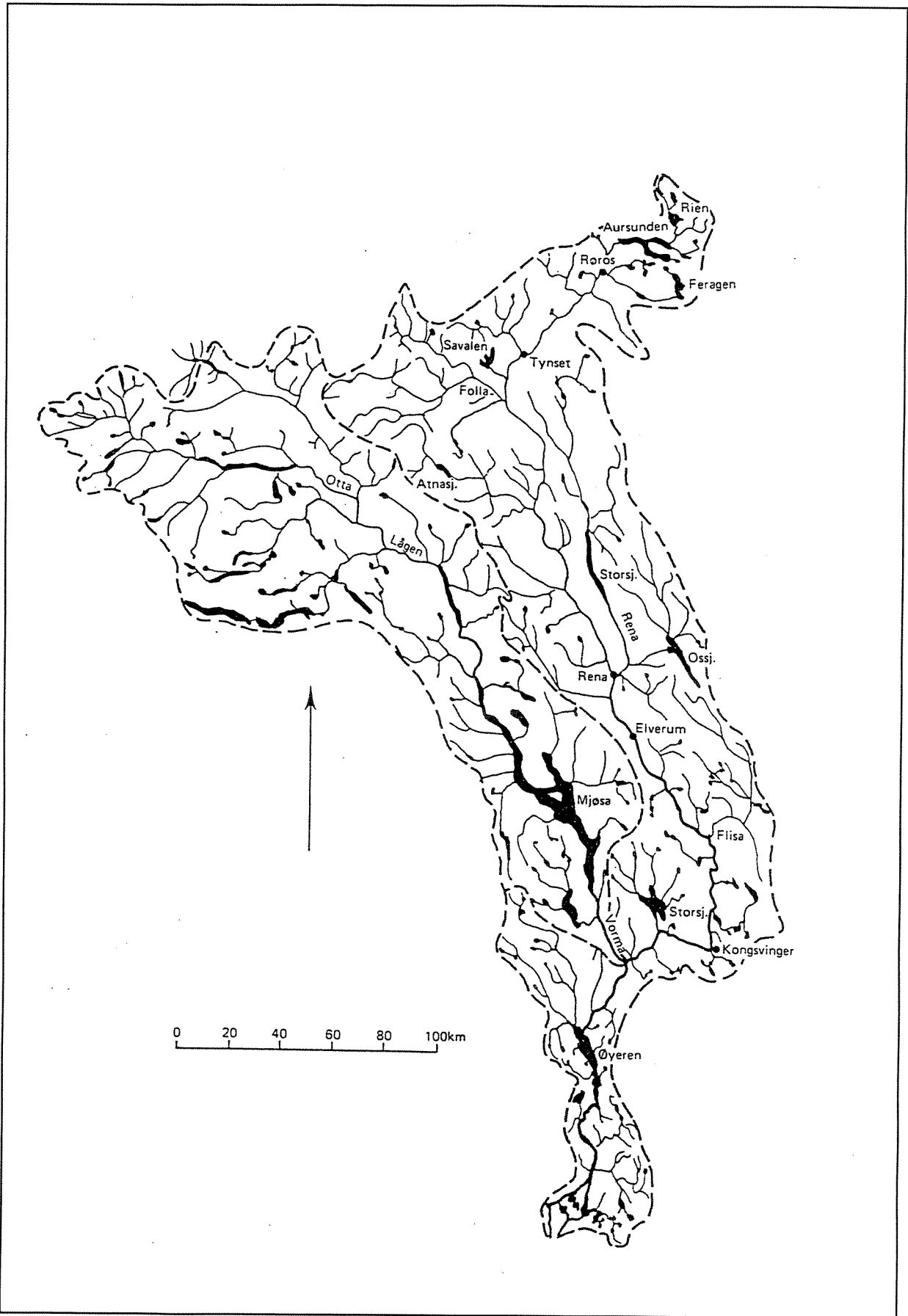
Byen/tettbebyggelsen Sarpsborg med 38.518 innbyggere (1.1 1993) er senteret i kommunen. Byen har blandet næringsvirksomhet (jordbruk, industri- og servicenæringer). Viktige industribedrifter er bl.a. Borregaard og Hafslund.

RV E6 og flere andre sterkt trafikkerte veier går gjennom området.

Utslippsforhold

Sarpsborg by drenerer til Glomma. Ved hjelp av Sarpsborg kommune bør det kunne være mulig å avgrense felt og delfelt. Det meste av avløpsvannet fra bosetningen renses før det slippes ut i elva.

Det meste av det kommunale avløpet fra selve Sarpsborg ledes til Alvim renseanlegg som er et mekanisk-kjemisk renseanlegg, dimensjonert for 60.000 p.e., mens 56.500 p.e. er tilknyttet. I tillegg går deler av avløpet fra de tidligere kommuner til h.h.v. Løkkemyra R.A (biologisk-kjemisk anl.), Jelsnes (mekanisk-biologisk anl.), Isefoss (mekanisk-kjemisk anl.) og Brunsbydalen (mekanisk-biologisk anl.). Sarpsborg kommune har ingen fullstendig oversikt over industribedrifter-/reanseanordninger/utslippstall, men rimelig bra oversikt over de bedrifter som slipper ut miljøgifter-/tungmetaller.



Figur 4. Glomma

Relevante tidligere undersøkelser fra resipienten Glomma

Det er gjennom årene utført flere undersøkelser i Glomma, også hvor måling av tungmetaller inngår. Til dels er disse undersøkelser av eldre dato og analysemetodene som tidligere ble benyttet er vanskelige å sammenlikne med de vi bruker i dag. Vi har likevel valgt å ta med resultater fra en del måleserier i perioden 1978 til 1993, og som gir et bilde av situasjonen ved de forskjellige målesteder i Glomma, tabell 11.

Tabell 11. Aritmetisk middel av prøver fra 1978-1988, fra 1983 (=Δ), fra 1978-1980 (= *) og fra 1993.

** Analyseverdier til dels under deteksjonsgrensen.

Sted	År	Kobber µg Cu/l	Sink µg Zn/l	Bly µg Pb/l	Kadmium µg Cd/l	Kvikksølv ng Hg/l
Glåmos	1978-1980	5.1	25	1.0	-	-
Røstefoss	1984	18.0	50	1.1*	0.18	-
Billingmo/ Høyegga	1985-1986	11.1	23	1.3*	0.16	-
Elverum	1978-1980	3.2	13	0.8	-	-
Gjølstadfoss	"	4.7	15	1.0	-	-
Funnefoss	"	3.7	10	0.8	-	-
Vorma	"	3.9	10	0.8	-	-
Bingsfoss	1988	2.6	10	0.9*	<0.14	-
Øyeren		-	-	-	-	-
Sarpsfoss	1986-1987	2.6	31	0.7Δ	0.121**	-
Sarpsfoss	1993	2.2	5.5	0.55	0.04	3.0

- : ikke målt

Resultater fra befarings 14. desember 1994

For å se om det kunne måles forskjeller i metallkonsentrasjoner oppstrøms og nedstrøms Sarpsborg by ble det tatt 4 stikkprøver fra steder i elva som vi mente skulle være strategiske under befarings den 14. desember 1994. Resultatene fremgår av tabell 13 nedenfor. Ut fra denne observasjonsserien er det for alle tungmetaller bortsett fra nikkel (like verdier) og aluminium (høyere oppstrøms) klare forskjeller for alle parametre i opp- og nedstrømsprøvene.

Tabell 12. Stasjoner i Glomma ved befarings til området 14.12. 94.

Stasjon	Stasjonen representerer
Oppstrøms Sarpsborg	Ovenfor Sarpsfossen/Sarpsborg by
Nedstrøms Sarpsborg	ved Greåker (nedstrøms renseanlegg)
Visterflo	før utløp i Glomma
Valle	Glomma etter samløp med Visterflo

Tabell 13. Analyseresultater fra befaringen 14.12.94.

Variabel	Benevning	Oppstrøms Sarpsborg	Nedstrøms Sarpsborg	Visterflo	Valle
pH		6.98	6.96	6.97	6.97
Konduktivitet	mS/m	5.27	96	87.4	81.3
Turbiditet	FTU	6.5	8.7	29	8.8
TOC	mg/l	4.0	4.3	6.1	4.6
Farge	mg Pt/l	26.9	27.3	39.9	28.2
Kvikksølv	ng Hg/l	2.5	4.0		
Bly	µg Pb/l	0.39	0.45	1.11	0.86
Kadmium	µg Cd/l	<0.01	0.04	0.13	0.20
Kobber	µg Cu/l	1.4	1.9	2.3	2.2
Sink	µg Zn/l	4.3	5.2	8.2	14.6
Krom	µg Cr/l	<0.5	0.7	1.9	1.1
Nikkel	µg Ni/l	<0.5	<0.5	1.0	0.9
Arsen	µg As/l	0.15	0.7	<0.1	<0.1
Aluminium	µg Al/l	328.2	288.3	509.6	322.3

Evaluering av Glomma forbi Sarpsborg som lokalitet for massestrømsbalanseprosjektet

Lokaliteten har et veldefinert tilførselsdistrikt, og en meget god variasjon i forurensingsskapende menneskelig virksomhet.

Vannføringen kan imidlertid i perioder bli så høy at man kan få problemer med deteksjonsgrensen og presisjonen i analysene av visse forurensingsstoffer. Den høye vannføringen kan også bidra til å kamuflere viktige lokale utslipp. De lokale hydrologiske forhold er heller ikke av de beste. Glomma nedenfor Sarpsborg er påvirket av tidevann og har opptrenging av brakkvann langs bunnen. Visterflo, som renner inn i lokaliteten nedenfor Greåker, kan skape problemer med hensyn til blandingen av vannmassene ved kritiske målesituasjoner. Det kan her være vanskelig å få tatt representative prøver.

Lokaliteten vurderes som mindre egnet til bruk i et massestrømsbalanseprosjekt.

SKIENSVASSDRAGET FORBI SKIEN

Områdebeskrivelse

SkienSVassdraget har et nedbørfelt på ca. 10.800 km². Vassdraget har to hovedgrener: Øst-Telemarksvassdraget og Vest-Telemarksvassdraget. Disse møtes i Norsjø og drenerer via Skienselva til Frierfjorden ved Porsgrunn (fig. 5).

Både Øst- og Vest-Telemarksvassdraget har sine utspring på Hardangervidda. Vassdragene er sterkt regulert.

SkienSVassdraget ligger i den sørnorske grunnfjellformasjon. Berggrunnen består hovedsakelig av kvartsitt, gneis og granitt. Bergartene er tungt løselige i vann, noe som bidrar til at vannet i vassdraget er saltfattig.

Øvre marin grense i området er på 153 m.o.h. Dvs. at marin leire er vanlig langs hoveddalsføret til noe ovenfor Heddalsvatn. Tykke løsmasse-avsetninger avsatt av istidens breer og elver finnes fortrinnsvis i dalførene. Forøvrig er området dekket av et tynt lag med bunnmorene eller består av snaufjell.

SkienSVassdraget forbi Skien

Skien kommune strekker seg fra Porsgrunn kommune i sør-øst til Sauherad og Kongsberg kommuner i nord-vest. Kommunen har et areal på 778.9 km² hvorav 56.9 km² er ferskvann. Kommunen har ca. 45.000 innbyggere.

Byen Skien med 29.807 innbyggere (1.1 1993) er senteret i kommunen. Byen har blandet næringsvirksomhet (industri og servicenæringer) Viktig industribedrift er bl.a. Union Bruk.

Sterkt trafikkerte veier går langs begge sider av elva.

Utslippsforhold

Skien by drenerer til SkienSVassdraget. Ved hjelp av Skien kommune bør det være mulig å avgrense felt og delfelt. Det meste av avløpsvannet fra bosetningen i selve byen renses før det slippes ut i elva.

Det meste av det kommunale avløpet fra selve byen ledes til Elstrøm renseanlegg som er dimensjonert for 24.500 p.e. mens 13.090 p.e. er tilknyttet. Videre føres deler av avløpet til Knardalsstrand som er et interkommunalt anlegg (Skien-Porsgrunn). Dette anlegget er dimensjonert for 56.100 p.e. mens 35.507 p.e. er tilknyttet. At deler av avløpet pumpes ut av feltet er en ulempe med hensyn til å sette opp en massestrømsbalanse som skal kunne kontrolleres med oppstrøms- og nedstrøms målinger.

Begge anlegg er kjemiske. Elstrøm R.A. slipper ut i Hjellevatnet, Knardalsstrand nedstrøms kommunegrensen mellom Skien og Porsgrunn.

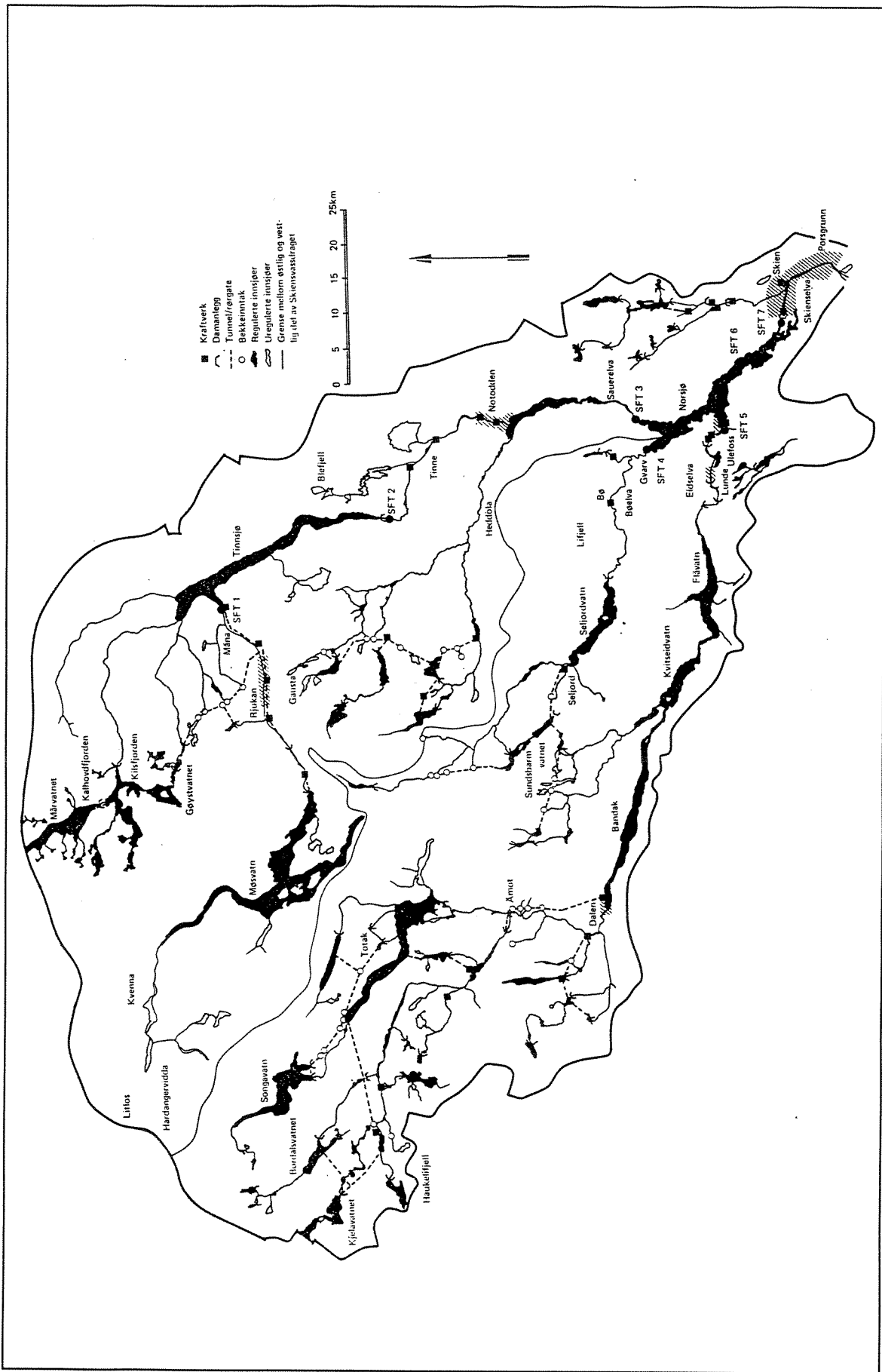


Fig. 5 Skien vassdraget

Relevante undersøkelser fra resipienten Skiensvassdraget

Det er utført flere undersøkelser i Skiensvassdraget særlig i forbindelse med Statlig program for forurensningsovervåking, undersøkelser i regi av fylkesmannens miljøvernavdeling, og evt. reguleringsvirkninger før og etter utbygging av kraftverk. Det er så vidt vi har kunnet bringe på det rene ikke utført målinger av tungmetaller ved noen av disse undersøkelser. Det nærmeste vi har kunnet komme er målinger utført i regi av elvetilførselsprogrammet (1990-1994). Denne målestasjonen er plassert i Klosterfoss, dvs. ved utløp av Hjellevatnet og er ikke representativ for situasjonen oppstrøms byen og viser heller ikke situasjonen nedstrøms godt nok. Vi har likevel tatt med en årsserie (1992) fra dette måleprogrammet, tabell 14. Det er videre utført mange undersøkelser i nedre del av elva, i Frier- og Gunnekleivfjorden. Rapporter fra en del av disse undersøkelser er bestilt, men foreløpig ikke mottatt.

Tabell 14. Aritmetisk middel av 12 prøver gjennom året 1992 v/Klosterfoss = utløp Hjellevatnet.

Stasjon	pH	Kond.	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	Ni	As	Al
Skottfoss											
v/Klosterfoss	-	2.28		0.33	0.03	0.61	6.49	0.56	0.53	0.11	-
Nedstrøms Union											

- = ikke målt

Resultater fra befaringen 20. november 1994

For å se om det kunne måles forskjeller i metallkonsentrasjoner oppstrøms og nedstrøms Skien by ble det tatt 3 stikkprøver fra steder i elva som vi mente skulle være strategiske under befaringen den 20. desember 1994. Resultatene fremgår av tabell 16 nedenfor.

Tabell 15. Stasjoner i Skiensvassdraget ved befaringen til området 14.12. 94.

Stasjon	Stasjonen representerer
Skottfoss	Skiensvassdraget oppstrøms Skien (utløp Norsjø)
v/Klosterfoss*	Utløp Hjellevatnet
Nedstrøms Union	Nedstrøms Union bruk og selve bykjernen
Nedstrøms Skien	"Grensen" mellom Skien og Porsgrunn

* Prøvene herfra er innhentet 8.12.94

Tabell 16. Analyseresultater fra befaringen 14.12.94.

Variabel	Benevning	Skottfoss	v/Klosterfoss	Nedstrøms Union	Nedstrøms Skien
pH		6.41		6.47	6.70
Konduktivitet	mS/m	2.08	2.31	9.24	200
Turbiditet	FTU	0.35		0.52	0.51
TOC	mg/l	1.8		2.2	7.0
Farge	mg Pt/l	15.4		15.6	13.8
Kvikksølv	ng Hg/l	<1	<0.1	<1	
Bly	µg Pb/l	0.05	1.01	0.1	0.30
Kadmium	µg Cd/l	0.013	0.09	0.025	0.084
Kobber	µg Cu/l	0.2	0.5	0.5	0.6
Sink	µg Zn/l	2.5	3.2	4.3	3.5
Krom	µg Cr/l	<0.5		<0.5	<0.5
Nikkel	µg Ni/l	<0.5		<0.5	0.7
Arsen	µg As/.	0.12		<1	<1
Aluminium	µg Al/l	45.5		51.6	51.6

Evaluering av Skiensvassdraget forbi Skien som lokalitet for massestrømsbalanse-prosjektet

Skiensvassdraget har et forholdsvis veldefinert tilførselsdistrikt og en god variasjon i forurensings-skapende menneskelig virksomhet. Vannføringen er imidlertid stor (298 m³/s) og kan skape problemer med deteksjonsgrensen og presisjonen i analysene av forurensingsstoffene. Dette vil vi få svar på når data fra Skien kommune er nøyere gjennomgått og analyseresultater foreligger.

Det at deler av det kommunale avløp ledes ut av feltet til Knardalstrand vanskeliggjør å kontrollere en teoretisk massestrømsbalanse med oppstrøms- nedstrømsmålinger.

Saltvannsopptrenging i nedre deler av resipienten (opp til Skien) skaper mindre gunstige lokale hydrologiske forhold mht. prøvetaking, og vi vil derfor ikke anbefale lokaliteten benyttet i et massestrømsbalanseprosjekt

KONKLUSJON -EVALUERING

Vi har stor tro på at gjennomføring av en *Massestrømsbalanse for Miljøgifter i et Nedbørfelt* vil gi nyttig ny informasjon med hensyn til å identifisere klassiske og nye kilder, samt å få frem et perspektiv på de enkelte kilders viktighet. Av denne grunn anbefaler vi at prosjektet gjennomføres. Se forøvrig avsnittet nedenfor om forventet nytteverdi.

Valg av resipient

Vi gir her en oppsummering av hvorledes vi har vurdert de ulike lokalitetene. Som det framgår av tabell 17 oppfyller Hunnselva forbi Raufoss og Numedalslågen ved Kongsberg samtlige kriterier. De andre lokalitetene faller ut på grunn av dårlig definert tilførseldistrikt (Alna), ugunstige lokale hydrologiske forhold (saltvannsoptrenging i nedre deler av resipienten, Glomma og Skiensvassdraget), og for høy vannføring (Glomma).

Med hensyn til Numedalslågen er vi som før nevnt noe usikre på forholdene omkring deteksjonsgrensene på grunn av høy vannføring, men vi føler at vi foreløpig ikke har godt nok grunnlag til å ekskludere den ut fra dette kriteriet. Hunnselva fremstår som den tryggeste lokaliteten å gå videre med. Det eneste moment som trekker litt ned på valget av Hunnselva er at Raufoss har noe mindre variert industri og næringsvirksomhet enn de andre lokalitetene. De har imidlertid 2 store metallbearbeidende industribedrifter, slik at mht. tungmetaller bør det være tilfredsstillende. Moderat diversitet i forurensningsbildet vil på den annen side kunne forenkle oppsettet av en massestrømbalanse, da det vil være betydelig enklere å identifisere ukjente kilder innenfor et slikt område.

Vi anbefaler derfor at Hunnselva forbi Raufoss velges som resipient for hovedprosjektet.

Tabell 17. Vurdering av lokalitetenes egnethet. Lokaliteter som blir bedømt til "mindre god" på ett eller flere kriterier er uegnet til en massestrømanalyse.

kriterium	Hunselva v. Raufoss	Alna	Glomma v. Sarpsborg	Numedalslågen v. Kongsberg	Skiensvassdraget v. Skien
veldefinert tilførseldistrikt	meget god	mindre god	god	meget god	god
variasjon i forurensnings-skapende menneskelig virksomhet	god	meget god	meget god	god	god
lokale hydrologiske forhold	meget god	meget god	mindre god	meget god	mindre god
vannføring- fortynningsgrad	meget god	meget god	mindre god	god	god

Valg av miljøgifter

Valg av resipient vil påvirke valg av miljøgifter som skal inngå i massestrømsbalansen. I Hunnselva forbi Raufoss skjer økningen i miljøfarlige metallkonsentrasjon først og fremst med hensyn til:

Aluminium, kvikksølv, bly, kobber, sink, krom og arsen.

Med unntak av kvikksølv, bly og arsen rapporterer de viktigste bedriftene utslipp av de andre elementene til SFT's industriarkiv. Det er aktuelt å analysere prøvene for metaller ved hjelp av ICP-MS, en metode som gjør at man får flere metaller for samme prisen. Det er derfor aktuelt å ta med noen flere metaller enn de ovennevnte. Det bør bemerkes at blant de ovennevnte metaller får man ikke kvikksølv på ICP-MS.

Med hensyn til organiske mikroforurensninger vil det være aktuelt å vurdere PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) og PCB (polyklorerte bifenyler). Disse analysene er imidlertid dyre, ca kr 2600-2800 per analyse.

I tillegg til disse må det tas et minimum av generelle vannkvalitetsparametre, pH, Konduktivitet, Turbiditet, Farge og TOC. Aktuelle parametre er sammenstilt i tabell 18.

Tabell 18. Miljøgifter som er aktuelle i et massestrømsbalanseprosjekt i Raufoss

Parametre	Benevning	Deteksjons grense	Analysepris
<i>Generell vannkval.</i>			
pH	pH		45
Konduktivitet	Kond	0.05 mS/m	45
Turbiditet	Turb	0.05 FTU	45
Farge	Farge	1 mgPt/l	45
Total Organisk Carbon	TOC	0.2 mg/l	180
<i>Metaller</i>			
Kvikksølv	Hg	1.0 ng/l	450
Bly	Pb	0.01 ug/l	
Kadmium	Cd	0.01ug/l	
Kobber	Cu	0.1 ug	
Sink	Zn	0.2 ug/l	
Krom	Cr	0.5 ug/l	600
Nikkel	Ni	0.5 ug/l	
Arsen	As	0.1 ug/l	
Beryllium	Be	0.01ug/l	
Aluminium	Al	1 ug/l	
<i>Organiske mikroforurensninger</i>			
Polycykliske Aromatiske Hydrokarboner	PAH	0.2 ng/l	2600
Poly Clorerte Biphenyler	PCB	0.05 ng/l	2800
Analysepakke			6810

Forventet nytteverdi

Prosjektet vil ha nytteverdi både for lokale og sentrale miljømyndigheter. Lokalt er miljøforvaltningen, både på kommunalt og fylkesnivå, svært interessert i at et hovedprosjekt kjøres i deres område. Begrunnelsen er at de har mistanke om diffuse utslipp av miljøgifter. De har nytte av å få oversikt over miljøgifttilførselen i sitt område. Sentralt er SFT's nytteverdi på et mer prinsipielt plan, noe som fremgår av hovedhensikten trukket opp i SFT's notat av 17/3-94:

"Prosjektets hovedhensikt er å utføre en kontroll i et egnet vassdrag på at de målte/beregnete totaltilførsler (naturlige og menneskeskapte) av et par prioriterte miljøgifter til nedbørfeltet i rimelig grad stemmer overens med de miljøgiftkonsentrasjoner en måler i vassdraget på ulike punkter. Det skal gjøres en analyse av om vår kunnskap om miljøgifttilførsler er fullstendig. Særlig sentralt vil det være å se om det finnes kilder av betydning som vi i dag ikke kjenner til."

Oppstrøms- og nedstrømsmålingene i vassdraget vil utgjøre en "hovedfasit" på om de teoretiske tilførselsberegningene er riktige. Det å kun observere et større eller mindre avvik mellom disse to tilnæringsmåter "og hva så", vil ikke gi tilstrekkelig nytteverdi. Undersøkelsene må legges opp slik

at man kan si hvilken tilførselskategori som øyensynlig er feil, eller slik at man eventuelt kan identifisere/peile inn hittil ukjente tilførselskategorier. For å få til dette må det inkluderes en viss måling også i tilførselsberegningene, i allefall stikkprøver. Dette er i overensstemmelse med SFT's hovedhensikt (se over) der det står "målte/bregnede totaltilførsler".

Nytteverdien vil kunne kategoriseres som følger:

Overføringsverdi

En hovedmålsetting ved prosjektet er å se om det finnes vesentlige tilførselskilder enn de man i dag er klar over når det gjelder forurensning fra miljøgifter. Et viktig poeng er at det distriktet man velger for å gjennomføre massestrømsbalansen har den nødvendige overføringsverdi til andre steder. Er resultatene fra Raufoss bare interessante for Raufoss, eller gir de informasjon som også har relevans andre steder? I denne sammenheng er det viktig at man velger et veldefinert "avløps- og tilførsels"-distrikt som lokalitet for analysen. Velger man en stor by (f.eks. Oslo) eller et stort distrikt (f.eks. Numedalslågen fra Kongsberg til Larvik) mister man muligheten til å brette tilførslene ned på de enkelte kilder pga. kompleksitet i tilførselsbildet. Man må da dele området inn i mindre deler, noe som ofte medfører problemer ved at deler av tilførslene pumpes ut av feltet, og at dette også gjelder en udefinert del av overvannet. I så måte er Raufoss det mest representative området vi har kunnet finne i Norge. Alle kilder havner i Hunnselva. Virksomheten er såpass variert med tungindustri, småindustri, service-næringer, primærnæringer, trafikkert bymessig sentrumsområde, etc., at vi mener resultatene herfra vil ha stor overføringsverdi med hensyn til identifisering av kilder og fordeling av miljøgifttilførsler i andre bymessige områder i Norge.

Kildeperspektiv

Viktig informasjon vil fremkomme ved at man setter opp et tilførselsbudsjett for de ulike miljøgiftene fra de ulike kilder. Man vil da få et viktig perspektiv over de ulike kilders relative betydning. Dette perspektivet mangler ofte i miljøgiftdebatten, noe som kan være et hinder for optimal tiltaksplanlegging og -implementering.

Industri

Her vil man kunne få en oversikt over hva diffuse utslipp via overflateavrenning, feilkoplinger, og sluk betyr i forhold til prosessrelaterte utslipp. Det er gjerne den siste kategorien man har oversikt over i SFT's industriarkiv. Ved å legge inn intelligent automatisk prøvetaking, vil man kunne fange opp støtutslipp. Materialet herfra vil også kunne gi SFT nyttige signaler som kan brukes med tanke på revidering av bedriftenes oppgaveplikt til INKOSYS.

Deponier/fyllinger (inkl. nedlagte gruver)

Her vil man gjennom stikkprøvetaking av sigevann finne ut om størrelsesorden på tilførsler fra denne type kilder, noe det ofte er svært mangelfull kunnskap om.

Atmosfærisk deposisjon

Denne kan trolig estimeres ut fra NILU's erfaringsmateriale, bla. fra Statlig program for forurensningsovervåking. Hvis så ikke kan gjøres vil det være nødvendig å opprette en målestasjon. For mange miljøgifter finnes lite deposisjonsdata, og en målestasjon vil gi nyttig tilleggsinformasjon.

Naturlig Bakgrunnsavrenning

Bakgrunnsavrenningen vil kunne estimeres delvis fra NIVA's undersøkelser ved Bradalsmyra skytefelt (Raufoss A/S), Rognerud et al (1994), delvis fra Hunnselva oppstrøms Raufoss. NGU's undersøkelser av flomsedimenter vil også kunne nyttes. Det vil neppe være aktuelt å opprette egne stasjoner for studier av bakgrunnsavrenning med mindre man finner uforklarlige økninger i noe vassdragsavsnitt.

Kombinasjon av Naturlig bakgrunn og Atmosfærisk deposisjon

Dette vil kunne gi interessante opplysninger om retensjon i terrestriske felter, eller om de virker som "sink or source" for miljøgifter.

Kommunalt avløp

I den grad man begrenser studien til de miljøgifter som man har data på i kommunalt kloakkvann, vil ikke studien frembringe så mye nytt på dette felt. Inklusjon av nye parametre kan være nyttig.

Overvann - trafikkavrenning - diffus avrenning

Dette er et "ullent område" der man kan få fram interessant ny viten gjennom massestrømsprosjektet. I et bymessig område transporteres svært mye av disse kilder til vassdraget via overvannsledningene. Ved et lite, men "intelligent" prøvetakingsopplegg vil man kunne splitte disse kildene og få en antydning om deres relative betydning.

PROGRAM FOR HOVEDPROSJEKT "MASSESTRØMSBALANSE FOR MILJØGIFTER I NEDBØRFELTET: HUNNSELVA FORBI RAUFOSS"

Vassdragsbeskrivelse

Kart over Hunnselva er gitt i Fig.1.

Hunnselva kommer fra Einavannet som har sine kilder ved Lygnasetter i Gran kommune på Hadeland. Vassdraget renner nordover og munner ut i Mjøsa i Gjøvik sentrum. Midlere vannføring i Hunnselva's nedre del (NVE-stasjon) er ca 5.5 m³/s. Oppstrøms Raufoss er elva relativt ren, mens nedenfor Raufoss er den betydelig forurenset.

To små sidevassdrag renner sammen med Hunnselva i Raufoss sentrun, Veltmannaelva fra vest og Korta fra øst. Avløpet fra det kommunale renseanlegget for Raufoss (Breiskallen RA) slippes ut i Hunnselva like nedstrøms samløpet med Storaelva (eller Kongelstadelva som den også kalles). For mer informasjon om området se side 9.

Elvestasjoner

Det vil være nødvendig med følgende elvestasjoner for å få et budsjett på tilskuddet som vassdraget får på sin veg forbi Raufoss:

- 1) Hunnselva oppstrøms Raufoss
- 2) Korta oppstrøms Raufoss
- 3) Veltmannelva oppstrøms Raufoss
- 4) Hunnselva nedstrøms Raufoss, men oppstrøms Breiskallen
- 5) Kongelstadelva
- 6) Hunnselva nedstrøms Breiskallen

Deponier

Det er registrert 15 deponier med mer eller mindre mistanke om innhold av miljøgifter. Av disse bør man se nøyer på 7 stykker:

Skundbergtomta
 Bradalsmyra
 Slamdeponiet Raufoss AS
 Diverse områder Raufoss AS
 Hydro Aluminium - grunn under presse nr 1
 Raufoss AS - Grunn under bygning 206 og 273
 Raufoss AS - PCB-lager

Avrenning fra Bradalsmyra er undersøkt av NIVA (Rognerud og medarb. 1994), og dette vil trolig være tilstrekkelig for å kunne beregne tilskuddet herfra.

Industriutslipp

SFT's industriarkiv får oppgaver over metallutslipp fra Raufoss AS og fra Hydro Aluminium Profiler AS.

Raufoss: Al, Cu, Zn, Cr⁶⁺, Cr²⁺, Ni, CN, og Tot-P

Hydro: Al, Zn, og Cr⁶⁺, Cr²⁺

Bedriftene har nylig renoverert avløpsledningsnett slik at det meste nå skal samles og renses før det slippes ut i elva. Det er imidlertid fortsatt mistanke om betydelige diffuse utslipp. Det finnes også andre industriområder i Raufoss som bør vurderes med tanke på diffuse utslipp, f.eks. verkstedet til Toten transport, Prøven Industriområde, etc.

I tillegg til de industriutslippene som måles, må vi derfor regne med å ha 5-10 stikkprøvepunkter fra diffuse industriavløp, uten at vi på nåværende tidspunkt kan plassere disse spesifikt.

Overvann - trafikkforurensning

Overvann fra byområdet tas ned i overvannsnettet og ledes for en stor del direkte til resipienten. Andre deler ledes til Breiskallen renseanlegg. Overvannet vil også i perioder med stor nedbør kunne inneholde noe kloakkvann.

Vi må minst ha 2 stikkprøvestasjoner for å måle tilførselen via overvannsnettet.

I tillegg vil vi ha 1 stasjon som spesifikt måler trafikk- og gateforurensning ved at vi monterer en prøvetaker under et gatesluk med definert nedbørfelt.

Bakgrunnsavrenning

Oppstrømsstasjonene i Hunnselva, Korta, Kongelstadelva, samt tidligere undersøkelser i Bradalsmyrområdet vil tjene som mål på naturlig bakgrunnsavrenning.

Atmosfærisk deposisjon

Det er transportforskjellen mellom oppstrøms- og nedstrømsstasjonene i Hunnselva som skal deles opp på de ulike kilder. En liten del av dette vil være nedfall på den frie elveoverflate. NILU har ingen stasjon i Raufoss. De beregningene de kan gjøre i området vil være modellberegninger representative for langtransporterte deposisjoner, mens det som tilføres elva i større grad vil være oppvirket støv fra nærområdet. De anbefaler derfor at vi plasserer en målestasjon strategisk nede i elvedalen. Deposisjoner ellers vil være inkludert i de andre målestasjonene.

Landbruksforurensning

Det er lite landbruksarealer mellom oppstrøms- og nedstrømsstasjonene i elvene. Oppstrømsstasjonene fanger derimot opp avrenning fra betydelige korndyrkingsarealer. Landbruket nytter imidlertid ikke noen av de aktuelle miljøgiftene i sin virksomhet. De bruker sprøytemidler som må betraktes som miljøgifter når de kommer ut i vann, men ingen av disse vil slå ut på noen av analysene som inngår i dette programmet. Kunstgjødsel er litt forurenset av kadmium, men såpass lite at det neppe kan føre til målbare avrenninger. Det har gjennom 50-80 år vært benyttet kvikksølvbeiset såkorn, noe som kan spores i forhøyete konsentrasjoner av kvikksølv i gammel rovfisk i jordbruksstrøk. Trolig skyldes dette utslippene fra møllene som foretok beisingen og ikke avrenning fra arealene. Einasjøen og Skjelbreia fungerer dessuten som effektive sedimenteringsbassenger. Vi foreslår derfor å se bort fra landbruksforurensninger ved oppsetting av massestrømsbalansen i Raufossområdet.

Aktuelle analyseparametre

Tabell 18 gir en oversikt over parametre som vanligvis inngår i generelle miljøgiftundersøkelser.

Tabell 18. Parametre som vanligvis inngår i miljøgiftundersøkelser

Parametre	Benevning	Deteksjons grense	Analysepris
<i>Generell vannkval.</i>			
pH	pH		45
Konduktivitet	Kond	0.05 mS/m	45
Turbiditet	Turb	0.05 FTU	45
Farge	Farge	1 mgPt/l	45
Total Organisk Carbon	TOC	0.2 mg/l	180
<i>Metaller</i>			
Kvikksølv	Hg	1.0 ng/l	450
Bly	Pb	0.01 ug/l	
Kadmium	Cd	0.01ug/l	
Kobber	Cu	0.1 ug	
Sink	Zn	0.2 ug/l	
Krom	Cr	0.5 ug/l	600
Nikkel	Ni	0.5 ug/l	
Arsen	As	0.1 ug/l	
Beryllium	Be	0.01ug/l	
Aluminium	Al	1 ug/l	
<i>Organiske mikroforurensninger</i>			
Polycykliske Aromatiske Hydrokarboner	PAH	0.2 ng/l	2600
Poly Clorerte Biphenyler	PCB	0.05 ng/l	2800
Analysepakke			6810

Etter møte i SFT 2. februar ble man enig om bare å ta med den såkalte ICP-pakken på metaller, dvs. bly, kobber, kadmium, sink, krom, nikkel, arsen, beryllium og aluminium. Full massestrømsanalyse vil bare bli gitt for de 5 miljøgiftene kobber, sink, krom, nikkel, aluminium, dvs. stoffer som industrien i området rapporterer til SFT.

Prøvetakings- og analyseprogram

I tabell 19 har vi samlet stasjoner, prøvetakings- og analyseprogram i henhold til det man ble enige om på møtet i SFT den 2. februar.

Tabell 19. Prøvetakings- og analyseprogram ved massestrømsbalanse i Raufoss, elementer etter ICP-pakke (bly, kobber, kadmium, sink, krom, nikkel, arsen, beryllium og aluminium).

Målestasjon Kategori	Ant. stasj.	Antall prøvetakinger	Antall prøver	Analyse-kostnad ICP elementer
Elvestasjoner	6	26	156	93600
Diffuse industriutslipp	8	12	96	57600
Avrenning fra deponier	7	4	28	16800
Overvann trafikkforurensninger	3	12	36	21600
Bakgrunnsavrenning	0			
Atmosfæriske deposisjoner	1	12	12	7200
Landbruksforurensning	0			
Sum	25	66	328	196800

Budsjett

Tabell 20 gir et retningsgivende totalbudsjett for en slik massestrømsbalanse i Raufossområdet.

Tabell 20. Budsjett for massestrømsbalanse for miljøgifter i Raufossområdet fordelt på 1995 og 1996.

Aktivitet	Kroner 1995	Kroner 1996	Kroner totalt
Feltarbeid	145000	20000	165000
Analyser	140000	60000	200000
Sammenstilling av data, dataanalyse		75000	75000
Beregning av tilførsler fra ulike kildekategorier		75000	75000
Rapportering		60000	60000
Diverse utgifter, møter med oppdragsgiver, uforutsett, etc	5000	5000	10000
Totalt	290000	295000	585000

Prosjektet slik det er satt opp her er et minimumforslag, både med hensyn til parametre, antall prøvetakinger og prøvetakingspunkter. Prosjektet er beregnet å vare halvannet år, hvorav det første året er feltarbeid, kjemiske analyser og innsamling av data. Det siste halve året vil bli viet til data-analyser av samt rapportering.

LITTERATUR

- Ball, D. J., Hamilton, R.S. and Harrison, R.M. 1991. The influence of highway-related pollutants on environmental quality.- I: Highway pollution, Studies in Environmental Science 44.
- Borg, H. & K. Johansson, 1989: Metal fluxes to Swedish forest lakes. Water, Air and Soil Pollution 47: 427-440.
- Bækken, T. 1993. Miljøvirkninger av vegtrafikkens asfalt og dekkslitasje. NIVA-rapport 2874.
- Bækken, T. 1994. Trafikkforurenset snø i Oslo. NIVA-rapport 3131.
- Driscoll, G. 1987. Design procedure to estimate pollutant loading from highway stormwater runoff.
- Folkesson, L. 1976. Bly, särskilt av gasbly, i den terrestram miljön. Upplagring och ekologiska effekter. Litteraturöversikt. - Statens naturvårdsverk PM 794. Solna.
- Gjessing, E., Lygren, E., Andersen, S. Berglund, L., Carlberg, G., Efraimsen, H., Källqvist, T. & Martinsen, K. 1984a. Acute toxicity and chemical characteristics of moderately polluted runoff from highways.- Science of the Total Environ. 33:225-232.
- Gjessing, E., Lygren, E., Bergling, L., Gulbrandsen, T. & Skaane, R. 1984b. Effect of highway runoff on lake water quality.- Science of the Total Environ. 33:245-257.
- Hvitved-Jacobsen, T. and Yousef, Y.A. 1991. Highway runoff quality, environmental impact and control. - I: Highway pollution, Studies in Environmental Science 44.
- Johansson, K. 1989: Metals in sediment of lakes in Northern Sweden. Water, Air and Soil Pollution 47: 441-455.
- Lygren, E. & Gjessing, E. 1984. Highway pollution in a Nordic climate.- NIVA-rapport 1603.
- Pollutant Loadings and Impacts from Highway Stormwater Runoff. Volume 4. Research Report Data Driscoll-ED; Shelley-PE; Strecker-EW.
- SFT. 1991. Materialstrømsanalyse for kadmium. SFT-rapport TA-803/1991.
- SFT. 1993a. Forbruks- og utslippstall.
- SFT 1993b. Miljøgifter i kommunalt avløpsvann. SFT-rapport nr 93:10.
- SSB 1993: SSB-Avløp. Fylkesrapport 1992. Seksjon for ressursregnskap og miljø, Statistisk Sentralbyrå.

Undersøkelser fra Hunnselva

Hunnselva og utslipp til denne har vært undersøkt ved mange anledninger, bl.a. etter oppdrag fra SFT (Statlig program for forurensningsovervåking). I det nedenstående gis en liste over litteratur vi hittil har samlet.

Berdal-Strømme: Saneringsplan for kloakk i Vestre Toten kommune (bestilt, men ikke mottatt ennå).

- Berdal-Strømme: Undersøkelse av avløpsnett hos Raufoss A/S (bestilt, men ikke mottatt ennå).
- Bergmann-Paulsen, B.... Undersøkelse av avløpet fra slakterier, Delrapport I: Vestoppland Slakteri A/L. NIVA-rapport O-62089, OR-0097.
- Bergmann-Paulsen, B..... Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Hunnselva. NIVA-rapport O-59155, OR-0047.
- Iversen, E.R., og C.H. Knutsen 1989: Utslipp til Hunnselva fra Raufoss A/S. NIVA-Rapport VA 2/89, O-88099, OR-2223.
- Kjellberg, G. 1983: Rutineundersøkelser i nedre del av Hunnselva 1982., Statlig program (SFT)-Overvåkingsrapport 104/83, NIVA-rapport O-8000224/Lnr. 1549.
- Kjellberg, G. 1984: Rutineundersøkelser i nedre del av Hunnselva 1983. Statlig Program (SFT)-Overvåkingsrapport nr 157/84, NIVA-rapport O-8000224/Lnr. 1648.
- Kjellberg, G. 1989: Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa og dens nedbørfelt i 1988. Statlig program (SFT) Overvåkingsrapport 369/89, NIVA rapport O-8000203, OR-2277.
- Kjellberg, G. 1991: Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport for 1990. Statlig program (SFT) Overvåkingsrapport 458/91, NIVA-rapport O-8000203, OR-2587.
- Kjellberg, G. 1992: Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport for 1991. Statlig program (SFT) Overvåkingsrapport 490/92, NIVA-rapport O-8000203, OR-2762.
- Kjellberg, G. 1993: Tiltaksorientert overvåking av Mjøsa med tilløpselver. Årsrapport for 1992. Statlig program (SFT) Overvåkingsrapport 520/93 (TA-943/1993)., NIVA-rapport O-8000203, OR-2914.
- Kjellberg, G. og S. Rognerud 1985: Tiltaksorientert overvåking i Hunnselva 1984. Statlig Program (SFT) Overvåkingsrapport nr. 203/85., NIVA-rapport O-8000224/Lnr. 1789.
- Kveisengen, J.I., Ø. Mundheim, og B. Hals. : Kartlegging av avløp fra A/S Raufoss Ammunisjonsfabrikker. NIVA-rapport O-70067, Lnr.o.0292.
- Lien, L., og E.A. Lindstrøm, 1988: Tiltaksorientert overvåking av Hunnselva 1985-87. Statlig program (SFT)-Overvåkingsrapport 302/88., NIVA-rapport O-8000224, OR-2976.
- Rognerud, S. 1988: Fosfortransport til Mjøsa i perioden 1973-1987. Statlig program (SFT) Overvåkingsrapport 336/88, NIVA-rapport O-86053, OR-2170.
- Wathne, Bente M. 1988. MOBILLAB-NIVA. Et hjelpemiddel for overvåking av norske vassdrag. En vellykket utprøving i Hunnselva. NIVA-rapport E-87728, OR-2162.

Undersøkelser fra Alna

Oslo kommune, ved vann- og avløpsvesenet har driver kontinuerlig overvåking av Alna.

- Caspersen, I. 1993. Kadmiumtilførsler fra OVA til VEAS. Oslo vann og avløpsverk. Kadmiumprosjektet og Handlingsplan for Industrikontroll. Rapport nr. 1/93. 9s. + bilag.
- Caspersen, I. 1993. Kadmiumtilførsler til Bekkelaget fra 1970 og fram til 1992. Oslo vann og avløpsverk. Kadmiumprosjektet og Handlingsplan for Industrikontroll. Rapport nr. 3/93. 9s. + bilag.
- Johnsen, A. C. 1993. Strategidokument for industrikontroll. Oslo vann og avløpsverk. Kadmiumprosjektet og Handlingsplan for Industrikontroll. Rapport nr. 2/93. 54 s.
- OVA. 1990. Vassdrag i Oslo. 1988. Hovedrapport. Oslo vann- og avløpsverk. Rapport. 62 s. + vedlegg.

- OVA. 1992a. Avløpsnett i Oslo. Saneringsplan 1992. Del I. Oslo vann- og avløpsverk. Rapport. 70 s.
- OVA. 1992ba. Avløpsnett i Oslo. Saneringsplan 1992. Del II. Oslo vann- og avløpsverk. Rapport. 19 s.
- Rasmussen, T. Fr. m. fl. 1992. Forundersøkelse om jordforurensinger i Oslo - En byplanmessig, juridisk og toksikologisk vurdering av jordforurensingen innenfor byggesonen i Oslo. Oslo kommune, Miljøetaten.
- Rosland, D. D. og S. Stene-Johansen. 1989. Analyse av forurensingstilførslene til indre Oslofjord. Fagrådet for vann- og avløpsteknisk samarbeid i indre Oslofjord. NIVA-rapport O-87160. 85 s.
- Stene- Johansen, S. 1989. Befaring og undersøkelse av vassdragsmålestasjoner i tilløpsvassdrag til indre Oslofjord. Delrapport 1. NIVA-rapport O-87158. 28 s.
- Stene- Johansen, S. og J. E. Samdal. 1994. Miljøundersøkelser i indre Oslofjord - Kartlegging av kilder. NIVA-rapport O-921312. 79 s.
- Storhaug, R., S. Bakke og B. Paulsrud. 1992. Kadmiumtilførsler til avløpsnett i Oslo. En materialstrømsanalyse basert på eksisterende data og forslag til plan for videre arbeid. Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S. Rapport. 27 s.
- Wold, T. 1991. Vassdrag i Oslo. Årsrapport 1989. Oslo vann- og avløpsverk. 99 s
- Wold, T. 1993. Vassdrag i Oslo. Årsrapport 1992. Oslo vann- og avløpsverk. 155 s.

Undersøkelser fra Numedalslågen

Numedalslågen har vært undersøkt ved flere anledninger, f.eks. i forbindelse med SFTs overvåking og i forbindelse med kraftverksutbygging. Vannets konsentrasjon av tungmetaller inngikk så vidt vi har kunnet bringe på det rene ikke i noen av disse undersøkelser. Enkelte av rapportene tar vi likevel med i litteraturoversikten da de inneholder generelle opplysninger om vassdraget og som det kan være nødvendig å ta hensyn til ved endelig vurdering. I elvetilførselsprogrammet inngår tungmetaller, og som viser relativt høye konsentrasjoner i de fleste prøver (månedlige fra 1990 - 1994). Her er bare resultatene fra 1992 tatt med og derfor bare den ene rapporten fra denne serien.

- Berge, D. 1984. Rutineovervåking i Numedalslågen 1983. Statlig program (SFT). Overvåkingsrapport 150/84, NIVA-rapport O-8000206, L.nr. 1626. 23 s.
- Grøner 1993. Kongsberg kommune. Saneringsplan. Avløpssystemet.
- Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. og T. Hopen 1993. Paris Convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1992. A. L.nr. 2964. 137 s.
- Johansen, S.W., Bækken, T. og E.-A. Lindstrøm 1992. Vannkvalitetsundersøkelse i Numedalslågen i forbindelse med Statkrafts søknad om ny konsesjon for Noreverkene og forslag til nytt manøvreringsreglement. L.nr. 2813. 55 s.
- Kleven, G. 1994. Forurensningsregnskap for Vestfold. Fylkesmannen i Vestfold, Miljøvernavdelingen. Rapport nr. 3/94. 67 s. + vedlegg.
- Lindstrøm, E.-A. 1987. Reguleringsvirkninger i Numedalslågen ved Pikerfoss kraftverk og I/S Skollenborg kraftverk. Etterundersøkelse av begroingsamfunnet i 1985. L.nr. 1983. 31 s.

Undersøkelser fra Glomma

Glommavassdraget har vært undersøkt ved mange anledninger, bl.a. i forbindelse med SFTs overvåking og i forbindelse med kraftverksutbygging. Vannets konsentrasjon av tungmetaller inngår bare i noen av disse undersøkelser. Enkelte av rapportene tar vi likevel med i litteraturoversikten da de inneholder generelle opplysninger om vassdraget og som det kan være nødvendig å ta hensyn til ved endelig vurdering. I elvetilførselsprogrammet inngår tungmetaller, og som viser relativt høye konsentrasjoner i de fleste prøver (månedlige fra 1990 - 1994). Her er bare resultatene fra 1992 tatt med og derfor bare den ene rapporten fra denne serien.

Helleberg, I. 1992. Handlingsplan Glomma. Hovedrapport. R-09. Fylkeshuset. 154 s. + bilag.

Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. og T. Hopen 1993. Paris Convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1992. A. Principles, results and discussion. B. Data report. NIVA-rapport O-90001. L.nr. 2964. 137 p.

Holtan, Hans, 1990. Handlingsplan Glomma, Glommavassdraget. Forurensningsutvikling - Tidstrender. NIVA-rapport O-89248. L.nr. 2430. 56 s.

Holtan, Hans, 1991. Forurensningene i Glomma 1989-1990. Forurensningsbudsjett, forurensningsgrad, vurderinger og prognoser. NIVA-rapport O-90083/90156. L.nr. 2546, 65 s.

Lindblad, Vidar, 1994. Utslippskontroll av kloakkrenseanlegg i Østfold, Årsrapport for 1993. Rapport nr 8/94. Fylkesmannen i Østfold, Miljøvernavdelingen.

Richter, Aase, 1993. Kontroll av slamkvalitet. Tungmetaller og næringssalter. Årsrapport 1993. Rapport nr. 7/94. ISBN nr. 82-7395-092-1.

Undersøkelser fra Skiensvassdraget

Skiensvassdraget har vært undersøkt ved flere anledninger, f.eks. i forbindelse med SFTs overvåking og i forbindelse med kraftverksutbygging. Vannets konsentrasjon av tungmetaller inngår bare i enkelte av disse undersøkelser. Enkelte av rapportene tar vi likevel med i litteraturoversikten da de inneholder generelle opplysninger om vassdraget og som det kan være nødvendig å ta hensyn til ved endelig vurdering. I elvetilførselsprogrammet inngår tungmetaller, og som viser relativt høye konsentrasjoner i de fleste prøver (månedlige fra 1990-1994). Her er bare resultatene fra 1992, og en serie fra 1993 tatt med og derfor bare to rapporter fra denne serien.

Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. og T. Hopen 1993. Paris Convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1992. A. Principles, results and discussion. B. Data report. NIVA-rapport O-90001. L.nr. 2964. 137 p.

Holtan, G., Berge, D., Holtan, H. og T. Hopen 1994. Paris Convention. Annual report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1993. A. Principles, results and discussion. B. Data report. NIVA-rapport O-90001. L.nr. 3162. 138 p.

Skien kommune, Teknisk sektor 1994. Notat vedr. kontroll av utslipp til ulike resipienter. 7 s.

SFT, 1994. Årsrapport 1993. SFTs kontrollseksjon i nedre Telemark. 22 s.

Tjomsland, T., Berge, D., Berglind, L. og P. Brettum 1983. Rutineovervåking i Telemarkvassdraget 1982. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport nr. 74/83. L.nr. 1479. 42 s.

Østlandskonsult, 1994 Skien kommune. Saneringsplan for avløpssystemet. O.nr. 478.048. 11 s.

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2802-0