

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: O-85138 E-87684	Undernr:
Løpenr.: 2839	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	Østlandsavdelingen Flute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 76 653	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47 5) 32 56 40 Telefax (47 5) 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	---	---	--

Rapportens tittel: Avrenning fra jordbruksområder i Maridalen 1989-1991	Dato: 15.1.1993	Trykket: NIVA 1993
	Faggruppe: VRF/VASSDRAG	
Forfatter(e): Gjertrud Holtan Hans Holtan	Geografisk område: Oslo	Antall sider: 41
		Opplag: 50

Oppdragsgiver: Oslo Vann- og avløpsverk (OVA), Kjemiseksjonen Norsk institutt for vannforskning (NIVA)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	---

Ekstrakt:

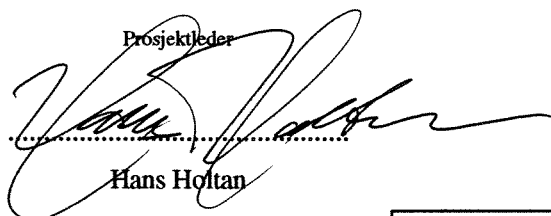
I perioden 1989-1991 foretok NIVA en enkel undersøkelse av mulig avrenning til Maridalsvatnet fra omkringliggende jordbruksområder via Skjerven- og Lautabekk. Jordbruksdriften i Maridalen er modernisert i tråd med den generelle utvikling i jordbruket. Etter at husdyrholdet ble forbudt i 1967 drives det i vesentlig grad med kornproduksjon. I følge undersøkelsesresultatene var gjennomsnittlig konsentrasjon i Skjerven- og Lautabekk ovenfor utløp i Maridalsvatnet h.h.v. 16 og 18 µg P, 985 og 880 µg N/l, dvs. i rimelig overensstemmelse med teoretisk beregnet årsbudsjett på h.h.v. 13 og 47 kg P, 560 og 2015 kg N. De høyeste konsentrasjoner av Tot-P, Tot-N og tørrstoff ble funnet i prøver som ble innhentet etter kraftige regnskyl. Selv om gjennomsnittsverdiene både for fosfor, nitrogen og tørrstoff var høyere i 1990 enn i 1989 og 1991 var materialtransporten lavere, og gir et bilde av vannføringens og dermed nedbørens betydning for stofftransporten. Mht. Maridalsvatnet, antyder teoretisk beregnet stofftap av P og N fra arealer og nedbør, årlige tilførsler i størrelsesorden ca 1,5 t P og 75 t N, hvorav andelen fra jordbruket utgjør ca 10-11%.

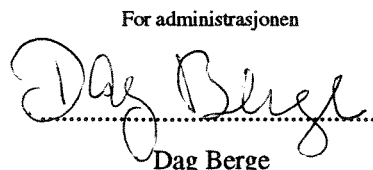
4 emneord, norske

1. Maridalen
2. Jordbruksavrenning
3. Næringssalter
4. Part. susp. mat.

4 emneord, engelske

1. Maridalen
2. Agriculture runoff
3. Nutrients
4. Part. susp. matter

Prosjektleder

Hans Holtan

For administrasjonen

Dag Berge

ISBN 82-577-2210-3

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

OSLO

0-85138/E-87684

AVRENNING FRA JORDBRUKSOMRÅDER I MARIDALEN

1989 - 1991

Oslo, desember 1992

Prosjektleder: Hans Holtan

Medarbeidere : Gjertrud Holtan

Lida Henriksen

Brynjar Hals

Gunnar Severinsen

Børge Sletaune (OVA)

FORORD

Fra og med 1985 har Oslo kommune ved Vann- og avløpsverket (OVA) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA) hatt en samarbeidsavtale om overvåking av Maridalsvatnet. Etter at vedtatt program var gjennomført i perioden 1985 - 1988, ønsket kommunen at det fra 1989 - 1991 skulle foretas en enkel undersøkelse av forurensningstilførsler til innsjøen via kanalisert jordbruksbekk (Skjervnebekken), og dessuten fra jordbruksområder som drenerer til Lautabekken.

Mens prøveinnsamling både i 1989 og 1990 ble påbegynt i april og avsluttet h.h.v i november og september, ble det i 1991 også innhentet "vinterprøver", dvs. i mars (1 gang) og i desember (2 ganger). Totalt er det i perioden 1989 - 1991 foretatt prøveinnsamling ca. 30 ganger, hvorav 13 ganger i 1991. De innsamlede prøvene er analysert ved NIVAs kjemilaboratorium.

Ingeniør Brynjar Hals og cand.scient. Gjertrud Holtan har vært ansvarlige for feltarbeidet. B. Hals har dessuten i samråd med overing. Børge Sletaune (OVA), montert limnigraf i Skjervnebekken, hatt ansvaret for denne og for utarbeiding av hydrologiske data. Avd.-sekretær Lida Henriksen og cand.scient. Gunnar Severinsen har hatt ansvaret for h.h.vis lagring av tallmaterialet på EDB og EDB-teknisk bearbeiding. Resultatene er presentert i tabeller og figurer og kort kommentert i rapporten.

G. Holtan har skrevet programmet for undersøkelsen og utarbeidet rapporten. Cand.real. Hans Holtan har vært NIVAs ansvarlige prosjektleder. Han har bidratt med bestemmelse av prøvetakingsstasjoner, gjennomlesning og kommentarer til rapporten.

Halvparten av undersøkelsen er finansiert av Oslo kommune, den andre halvparten av NIVAs interne forskningsmidler.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	2
INNHOLDSFORTEGNELSE	3
SAMMENDRAG	4
1. INNLEDNING	7
1.1. Målsetning	7
1.2. Områdebeskrivelse	7
2. MATERIALE OG METODER	12
2.1. Prøvetakingsstasjoner og prøvetakingsfrekvens	12
2.2. Analyser	13
3. RESULTATER OG DISKUSJON	13
3.1. Nedbør og avrenning	13
3.2. Vannkvalitet	17
Fosfor	17
Nitrogen	23
Suspendert partikulært materiale	27
4. AREALFORDELING - TEORETISK BEREGNET TILFØRSEL SAMT MATERIALTRANSPORT	31
5. LITTERATUR	36
6. VEDLEGG	37

SAMMENDRAG

Fra april til h.h.v. nov. 1989, sept. 1990, og fra mars til des. 1991, har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) foretatt en enkel undersøkelse for Oslo Vann- og Avløpsverk (OVA) av stofftransporten til Maridalsvatnet via 2 jordbruksbekker. Undersøkelsen ble påbegynt i 1989 og avsluttet i 1991. 1989- og 1990-resultatene er tidligere presentert i årsrapporter, men resultatene fra hovedstasjonene inngår også i denne rapporten.

Maridalen ligger i Oslo kommune, ca. 7-8 km nord for Oslo sentrum. Den sentrale delen utgjøres av Maridalsvatnet. Dalen er en gammel jord- og skogbruksbygd med 24 gårdsbruk. Totalt er det idag ca. 2600 dekar fulldyrka jordbruksarealer i Maridalen. Jordbruksdriften er modernisert i tråd med den generelle utvikling i jordbruket.

I 1967 ble det innført kraftige restriksjoner på gårdsdrift og boligbygging i forbindelse med bruken av Maridalsvatnet som drikkevannskilde. Bl.a. ble husdyrhold, unntatt hester, forbudt, og hovedsakelig erstattet med åkerdrift (kornproduksjon), som antas å være sterkere utsatt for stofftap enn beitemark. Høstpløying og fjerning av vegetasjon fra randsonene langs elver/innsjøer, antas også å kunne føre til økt erosjon.

Vintrene 1989 - 1991 var snøfattige, og i de fleste sommermånedene var det mindre nedbør enn normalt. Resultatene er derfor antakelig noe avvikende i forhold til normale forhold.

På grunn av lav sommervannføring, ble de fleste prøver i 1989, samlet inn i perioden august - november, dvs. i forbindelse med høsting og pløying. Det var lav sommervannføring også i 1990, men i juli måned noe høyere enn året i forveien. Det ble derfor da samlet inn prøver om våren (etter bearbeiding av jorda), og flere ganger i juli måned. I tillegg ble det i 1991 samlet inn prøver om vinteren, 1 gang i mars og 2 ganger i desember. Prøvene ble analysert på tørrstoff og næringssaltene forskjellige fraksjoner, da tilgjengeligheten for algevekst er avhengig av tilstandsformen.

Som i 1989 og 1990 viste 1991-resultatene at de høyeste konsentrasjoner både av total-fosfor, total-nitrogen og tørrstoff ble funnet i prøver som ble tatt etter kraftige regnskyll. Gjennom undersøkelsesperioden fra 1989 til 1991 varierte Tot-P-innholdet i prøvene fra 2 - 29 µg/l (skogavrenning) og fra 5 - 47 og 84 (åkeravrenning) i h.h.v. Skjerven- og Lautabekk. For Tot-N-innholdet i prøvene var variasjonsbredden fra 190 - 1280 µg/l (skogavrenning), fra 190 - 4760 µg/l

(Skjervenbekk) og fra 465 - 2600 $\mu\text{g/l}$ (Lautabekk). Variasjonsbredden for tørstoffinnholdet i prøvene fra de samme stasjoner var fra 0.4 - 58.4 mg/l (skogavrenning), 1.3 - 29.6 og 0.4 - 17.4 (åkeravrenning) i h.h.v. Skjerven- og Lautabekk. Gjennomsnittall for de samme parametre og stasjoner var 7.3 $\mu\text{g P}$, 420 $\mu\text{g N}$ og 5.2 mg STS/l (skogavrenning), 16.0 $\mu\text{g P}$, 985 $\mu\text{g N}$ og 4.6 mg STS/l (Skjervenbekk), 18.0 $\mu\text{g P}$, 880 $\mu\text{g N}$ og 3.8 mg STS/l (Lautabekk).

Gjennomsnittlig varierte ortofosfat, som er direkte tilgjengelig for algevekst, i samme område som i 1989 og 1990, fra vel 30 % (skogavrenning) til omkring 40 % (avrenning fra åker) av Tot-P i prøvene. Nitratinnholdet i de fleste prøver var høyt gjennom de 3 sesonger og varierte gjennomsnittlig fra vel 55 % (skogavrenning) til ca. 70 % (åkeravrenning) av Tot-N. I gjennomsnitt bestod ca. 80 % av tørstoffet i prøvene av uorganisk materiale, og ca. 20 % av organisk stoff.

Mens måleresultatene i 1989 og 1991 tyder på at Lautabekk er noe mindre erosjonsutsatt enn Skjervenbekk, som er kanalisert, var 1990-konsentrasjonene både av P, N og STS i Lautabekk høyere enn i Skjervenbekk nedenfor kanalen. En av årsakene til dette kan være at kanalen er blitt nokså gjengrodd, noe som antakelig gjør dette område mindre utsatt for erosjon. Aktiviteten ved Hauger gård (plenjordproduksjon) kan også være medvirkende årsak til de i perioder høye stoffkonsentrasjoner i Lautabekk (se nedenfor).

I alle prøver (1989) fra bekken som drenerer et område hvor det foregår plenjordproduksjon (st. 2B Hauger), var konsentrasjonene av tørstoff og næringssalter langt høyere enn ved øvrige prøvetakingssteder. Med gjennomsnittlig konsentrasjon på 33 mg tørstoff/l og 90 $\mu\text{g P/l}$ var disse verdiene i 1989 ca. 10 ganger høyere enn tilsvarende tall for Skjerven- og Lautabekk, ovenfor utløp i Maridalsvatnet. Gjennomsnittlig nitrogenkonsentrasjon på 4235 $\mu\text{g N/l}$ var ca. 5 ganger høyere. Materialet kan tyde på at denne kilden kan være et betydelig bidrag til Lautabekkens transport av næringssalter.

Resultatene for alle prøver viste at det kan være store variasjoner i konsentrasjonene både mellom stasjonene (skogavrenning/åkeravrenning), innen det enkelte år og fra år til år. Selv om gjennomsnittsverdiene både for fosfor, nitrogen og tørstoff var høyere i 1990 enn i 1989 og 1991, var materialtransporten lavere, og gir et bilde av vannføringens betydning for stofftransporten. Særlig hadde april-vannføringen i de 3 årene avgjørende betydning.

Teoretisk beregnet tilførsel pr. år utgjør for Skjervnebekken ca. 13 kg P og ca. 560 kg N, for Lautabekken ca. 46 kg P og 2015 kg N. Dette gir gjennomsnittskonsentrasjoner i de to bekker på 19.7 $\mu\text{g P/l}$ og 848 $\mu\text{g N/l}$ (Skjervnebekken) og 22.0 $\mu\text{g P/l}$ og 955 $\mu\text{g N/l}$ (Lautabekken). De aritmetiske middelveier av næringssaltanalysene fra undersøkelsesperioden 1989-1991 var på h.h.v. 16.0 og 18.0 $\mu\text{g P}$ og 985 og 880 $\mu\text{g N/l}$. Resultatene kan tyde på at de beregnede fosfor- og også nitrogentilførsler til Lautabekken var noe høye og nitrogentilførslene til Skjervnebekken noe lave for et gjennomsnittså. Det er vanskelig å sammenlikne de målte verdier med de teoretiske, fordi de teoretiske beregninger viser et årsgjennomsnitt (normalår), mens måleresultatene er fra en bestemt periode. På denne bakgrunn må måleresultatene og de teoretiske verdier kunne sies å stemme overens i rimelig grad. Undersøkelsen er for enkel til at tallene kan sies å være almenlydige. Resultatene bør likevel uten for stor usikkerhet kunne overføres til samme typeområder

I tillegg til overnevnte har vi utarbeidet en enkel oversikt over beregnede tilførsler til Maridalsvatnet av P og N fra arealer og nedbør. Beregningene antyder at innsjøen fra disse kilder på årsbasis tilføres ca. 1.5 tonn P og 75 tonn N, hvorav bidraget fra jordbruket antas å utgjøre ca. 10 %. Ved å benytte differansen mellom måleresultatene i Skjervnebekken opp- og nedstrøms åkerarealet, har vi beregnet tilførslene av P og N fra jordbruket til Maridalsvatnet på en annen måte. For P varierte denne fra 90 til 240 kg/år, for N fra 1820 til 6900 kg/år, med gjennomsnitt på h.h.v. 140 kg P og 4600 kg N/år. Ut fra overnevnte kan det antas at fosforavrenningen fra jordbruket til Maridalsvatnet i et normalår kan ligge i område 150 til 200 kg P, noe som vil tilsvare kloakkvann fra 250 til 300 personer. For nitrogen vil et anslag være mer usikkert. I tillegg vil innsjøen tilføres noe fra menneskelige aktiviteter, som bosetning og friluftsliv. Tallene er usikre, men virker rimelig korrelert med observasjoner i innsjøen og gir et bilde av situasjonen.

Å utarbeide et mer fullstendig forurensningsbudsjett for vassdraget har ikke vært mulig innenfor dette prosjektet, men vil etter vår mening være interessant og svært nyttig. I denne forbindelse kan vi nevne den forestående vannverksvurdering (Idekonkurranse) for Oset. Vi antar at en grundig gjennomgang av forurensningssituasjon-/produksjon i nedbørfeltet, samt en perspektivanalyse av hvordan denne vil utvikle seg vil være av stor nytte. Resultatet av en slik analyse vil etter vår mening kunne være et viktig grunnlag ved valg av prosessteknisk utbygging på Oset.

1. INNLEDNING

1.1 Målsetning

Maridalsvatnet tjener som drikkevannskilde for Oslo. Det er derfor knyttet strenge restriksjoner til alle former for aktiviteter både i selve innsjøen og i nedbørfeltet.

Utslipp både fra punktkilder og diffuse kilder i jordbruket kan ha betydning for vannkvaliteten i enkelte vassdrag. Stoffmengden som når fram til vassdrag fra diffuse kilder som åker, skog m.m. er vanskelig å bestemme. Jordbruksdriften i Maridalen er modernisert i tråd med den generelle utvikling i jordbruket. Etter at husdyrdrift ble forbudt, drives det i vesentlig grad med kornproduksjon. Åker antas å være sterkere utsatt for stofftap enn beitemark. Høstpløying og fjerning av vegetasjon fra randsone langs elver/innsjøer antas generelt sett å kunne føre til økt erosjon. Forbruket av kunstgjødsel har økt betydelig i den siste 40-årsperioden, mens fosforinnholdet i kunstgjødsele er blitt redusert siden midten av 80-årene. Foreløpig er det ikke presentert data fra vassdragsundersøkelser som viser en entydig økning i materialtransporten i vassdrag, og som kan anvendes for Maridalen. Målsetningen med undersøkelsen har vært å belyse overnevnte forhold.

1.2 Områdebeskrivelse

Maridalen ligger i Oslo kommune, ca. 7-8 km N for Oslo sentrum, og strekker seg fra Brekke og Kjelsås i sør til Nordbråten og Sakariasbråten i nord (fig. 1). Den sentrale delen utgjøres av Maridalsvatnet (3.7 km², 149 m.o.h.). Dalen er en gammel jord- og skogbruksbygd med 24 gårdsbruk. 18 av gårdene eies av Oslo kommune og 6 er privateide. Vegetasjonen rundt gårdene er svært kulturpåvirket. Landskapet har beholdt mye av sitt opprinnelige preg, og gir et godt bilde av forholdene omkring Oslo før byutviklingen satte i gang for fullt.

Det meste av Maridalsvatnets nedbørfelt ligger i Nordmarka og består av forskjellige vulkanske bergarter som bl.a. biotitt-granitt og ekeritt, og med størst forekomst av nordmarkitt. Dette er tungt løselige bergarter som gir lite tilførsler av næringsalter til elver og innsjøer. Imidlertid er selve Maridalen for det meste dekket av marin leire og grus fra israndavsetninger. Marin grense ligger her på 214 m over nåværende havnivå. Det finnes betydelige arealer med marine leiravsetninger. Disse utgjør i dag det meste av den dyrkbare jorda i dalen.

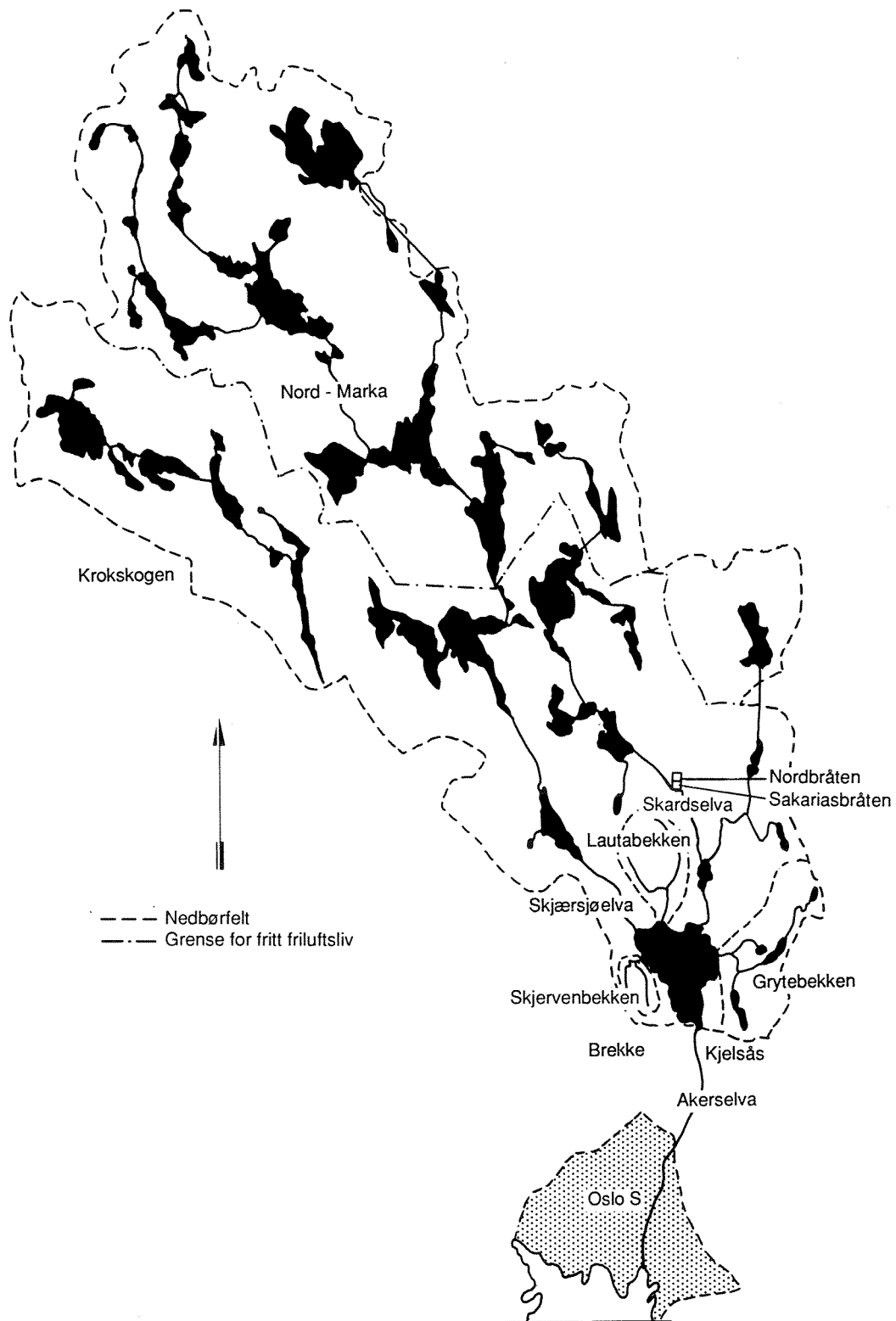


Fig. 1. Maridalssvatnet med nedbørfelt. Bekker som er behandlet i rapporten fremgår av figuren.

I 1967 ble det innført restriksjoner på gårdsdrift og boligbygging i forbindelse med bruken av Maridalsvatnet som drikkevannskilde. Bl.a. ble alt husdyrhold, unntatt hester, forbudt på kommunens bortforpaktede bruk. Den tradisjonelle driftsformen med husdyrbruk og fôrproduksjon forsvant og ble erstattet med kornproduksjon.

Av Maridalsvatnets samlede nedbørfelt på ca. 252 km² drenerer ca. 247 km² til elver og større bekker og ca. 1 km² direkte til innsjøen. Oppstrøms Maridalsvatnet er nedbørfeltet i stor grad dekket av gran-skog. Jordbruksarealet ligger i selve dalen, og for en stor del i nær-områdene til innsjøen. Totalt er det idag ca. 2600 dekar fulldyrka mark i Maridalen.

I nærområdet til Maridalsvatnet består nedbørfeltene til de undersøkte bekker, Skjervnebekken (fig. 2) og Lautabekken (fig. 3) på h.h.v. ca. 1.1 og 3.5 km², hovedsakelig av dyrka mark (åker), og kan karakteriseres som dreneringssystemer for jordbruksarealer.

Langs kanalen (Skjervnebekken) er kântvegetasjonen fjernet i en strekning på ca. 150 m. Forøvrig består vegetasjonen ved st. 1A (oppstrøms kanal og jordbruksareal - bakenfor Låkeberget parkeringsplass, fig.2) av såkalt lågurtgranskog. Tresjiktet her er dominert av gran, busksjiktet er dårlig utviklet, og feltsjiktet består hovedsakelig av gaukesyre, blåbærlyng og legeveronica. Mellom st. 1A og utløp kanal - her kalt "Vegetasjonsbekk" - (st. 1B, fig. 2) består kântvegetasjonen av gråor-istervierkratt, hvor tre- og busksjikt er dominert av gråor, bjørk og vierarter, og feltsjiktet av mjødurt, hvitveis, enghumleblom, bekkeblom og myrfiol. (Oretreet hører bl.a. til de vekster som tar opp nitrogen fra luften, noe som kan føre til høyere næringsinnhold i jorda og i neste omgang i vannet). Ovenfor åkeren drenerer bekken (fra Kudalen, st. 1c, fig. 2), samme type områder som st. 1A (Skjervnebekken oppstrøms kanal og "Vegetasjonsbekk"). Nedenfor skog/kratt er bekken kanalisert og renner før utløp i kanalen gjennom rør ("Rørbekk", st. 1C, fig. 2). Nedenfor Maridalsveien (st. 1D, fig. 2) er det et smalt vegetasjonsbelte mellom åker og bekk, hovedsakelig bestående av ore-, selje- og vierbusker samt et kulturpåvirket feltsjikt med arter som timotei, engkvein, engsyre, grasstjerneblom, mari-kåpe, ryllik og løvetann. Oppstrøms Maridalsvatnet (st. 1E, fig. 2) drenerer bekken et belte av bjerk, og renner gjennom et område med såkalt fukteng før utløp i Maridalsvatnet. Vegetasjonen i utløpsoset ble i 1980 betegnet som kraftige sumpplantebelter (Rørslett og Lydersen, 1980), og ser ikke ut til å ha endret karakter i perioden.

Oppstrøms stasjon 2A (Lautabekken, fig. 3), er det et smalt belte av gråor-heggeskog (busk- og tresjikt) mellom bekken og jordbruksarealene. I feltsjiktet fins bl.a. bekkeblom, bregner og brennesle. Ovenfor det oppdyrkede arealet består vegetasjonen hovedsakelig av blåbær- og småbregnegranskog. Før utløpet i Maridalsvatnet har Lautabekken dannet et delta hvor vegetasjonen er klassifisert som rik fukteng og går over i fattig starrsump nærmest innsjøen. Ute i vannet finnes elvesnelle og tjønnakssamfunn. St. 2B (fig. 3), bekk/grøft ved Hauger gård drenerer åkerareal, som går over i blåbærlyng- og småbregne- granskog.

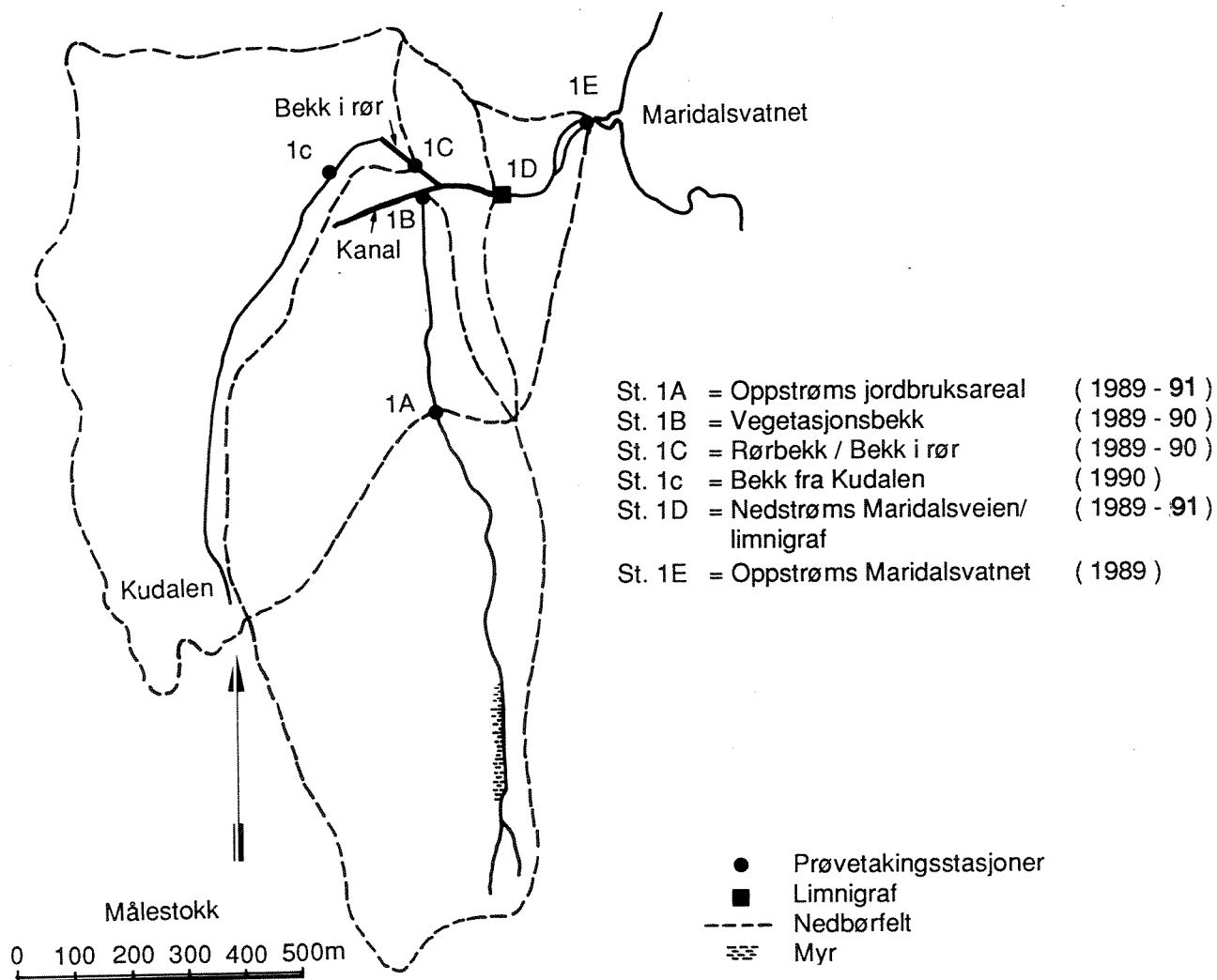


Fig. 2. Skjervenbekk med nedbørfelt og prøvetakingsstasjoner i 1989-91 (kanalisert jordbruksbekk i Maridalen)

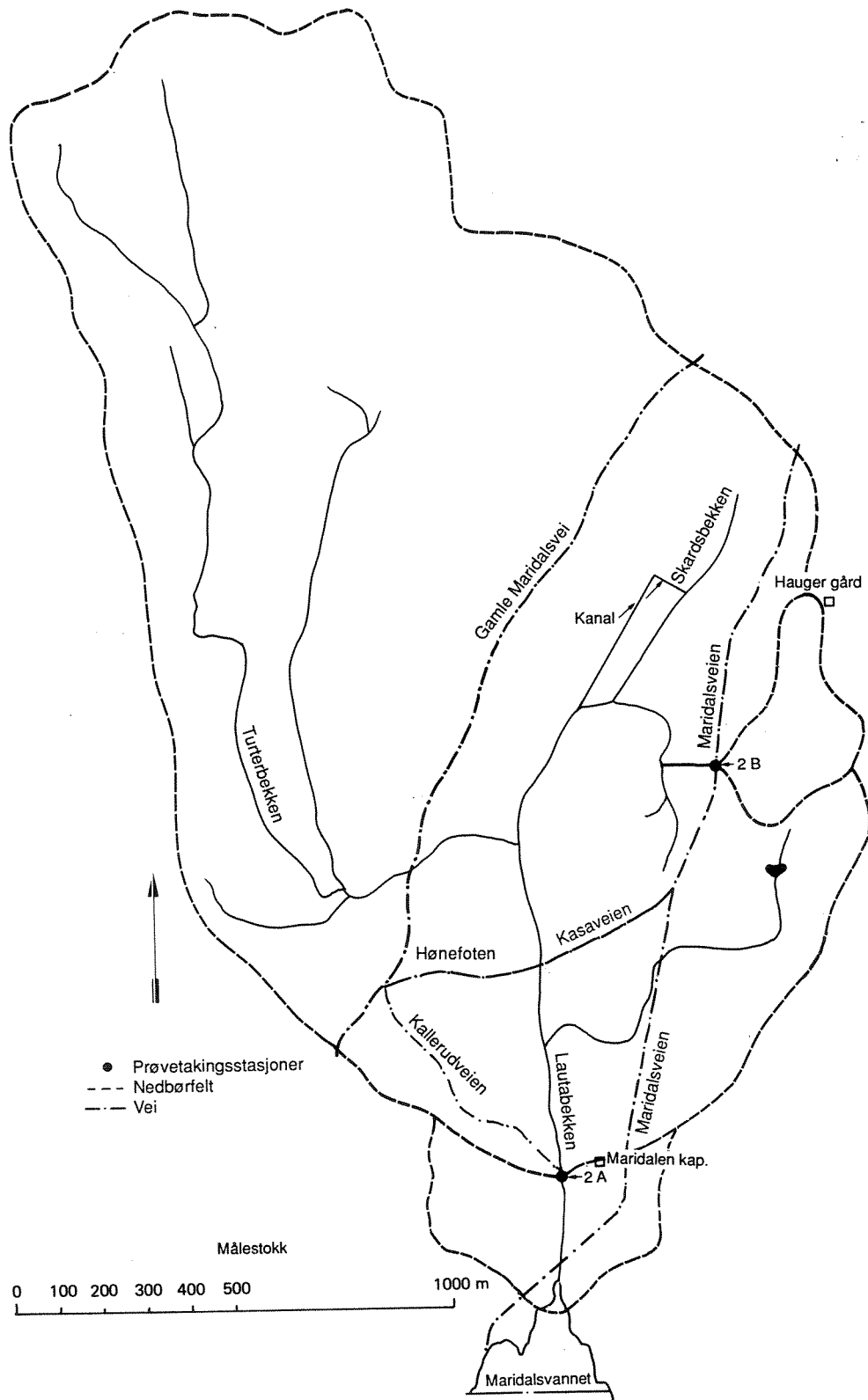


Fig. 3. Lautabekken med nedbørfelt og prøvetakingsstasjoner i 1989-91.
 St. 2A = Lautabekken ved Maridalen kapell (1989-91)
 St. 2B = Tilløpet ved Hauger gård (bare i 1989)

2. MATERIALE OG METODER

2.1 Prøvetakingsstasjoner og prøvetakingsfrekvens

Ifølge programmet er det blitt samlet inn prøver i Skjervnenbekken (kanalen), opp- og nedstrøms jordbruksarealene, under forskjellige nedbørforhold, samt etter bearbeiding av jorda (pløying, harving, gjødsling og høsting). På samme tid er det samlet inn prøver fra Lautabekken oppstrøms utløpet i Maridalsvatnet og i 1989 også fra bekk som drenerer noe av lokaliseringssområdet til "jordprodusent", ved Hauger gård. Prøvetakingsstasjonene er vist i fig. 2 og 3. For å kunne beregne stofftransporten via kanalen, var det nødvendig å måle vannføringen. Limnigraf er derfor montert.

For å få et inntrykk av avrenningsforholdene om vinteren ble det i 1991 foretatt prøvetaking i mars og desember måned. Både i 1989 og 1990 ble de første prøveseriene innhentet i april, dvs. før bearbeiding av jorda på Skjervnen gård. (Så vidt vi har kunnet bringe på det rene praktiserer gårdbrukerne i Maridalen hovedsakelig høstpløying.) Neste innsamling av prøver foregikk alle 3 år i mai, dvs. etter harving, gjødsling og såing. På grunn av lite nedbør i månedene juni og juli 1989, var Skjervnenbekken tørrlagt i denne perioden. I 1990 var det mulig å samle inn prøver også om sommeren, men vannføringen var liten. Øvrige prøvetakinger ble i 1989 og 1990 foretatt som planlagt, i forbindelse med regnvær eller bearbeiding av jorda. For bedre å kunne dokumentere stofftransporten i vegetasjonsperioden var det i 1991 planlagt å samle inn prøver med 2 - 3 ukers intervaller. I den grad dette var mulig ble programmet gjennomført, men som foregående år var bekkene i perioder tørrlagt, eller det var for lite vann til at det kunne tas representative prøver. Særlig var dette tilfelle fra medio august til medio september, og særlig på stasjonen oppstrøms kanalen i Skjervnenbekken. Mens prøvetakingsperioden i 1989 og 1990 ble avsluttet h.h.v. i november og september, ble det i 1991 i tillegg samlet inn prøver 2 ganger i desember. Totalt fra 1989 - 1991 er det innhentet prøver vel 30 ganger, hvorav 13 ganger i 1991.

Som grunnlag for vegetasjonsangivelse har vi benyttet "Vegetasjonskart over Maridalen" (Oslo helseråd, 1986) og Rustans og Brongers rapport "Maridalen. Botanisk undersøkelse av verneverdier" (1984), samt observasjoner i felt.

Nedbørdata for Maridalsoset er innhentet fra Meteorologisk institutt, Blindern, og avrenningstall for Grytebekken fra Norges vassdrags- og energiverk (NVE).

2.2 Analyser

Prøvene er analysert på tørrstoff, gløderest og næringssaltene forskjellige fraksjoner. Analysemetodikken fremgår av tabell II i Vedlegg.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Nedbør og avrenning

Fig. 4 viser månedlige nedbørsummer for Maridalsoet (173 m.o.h.) i 1989 - 1991, dessuten normalnedbør i perioden 1930 - 1960. Fig. 5 viser daglige nedbørsobservasjoner ved Maridalsoet, som ligger nær undersøkelsesområdet og i omtrentlig samme høyde over havet. Ved normal vannstand ligger Maridalsvatnet 149 m.o.h.

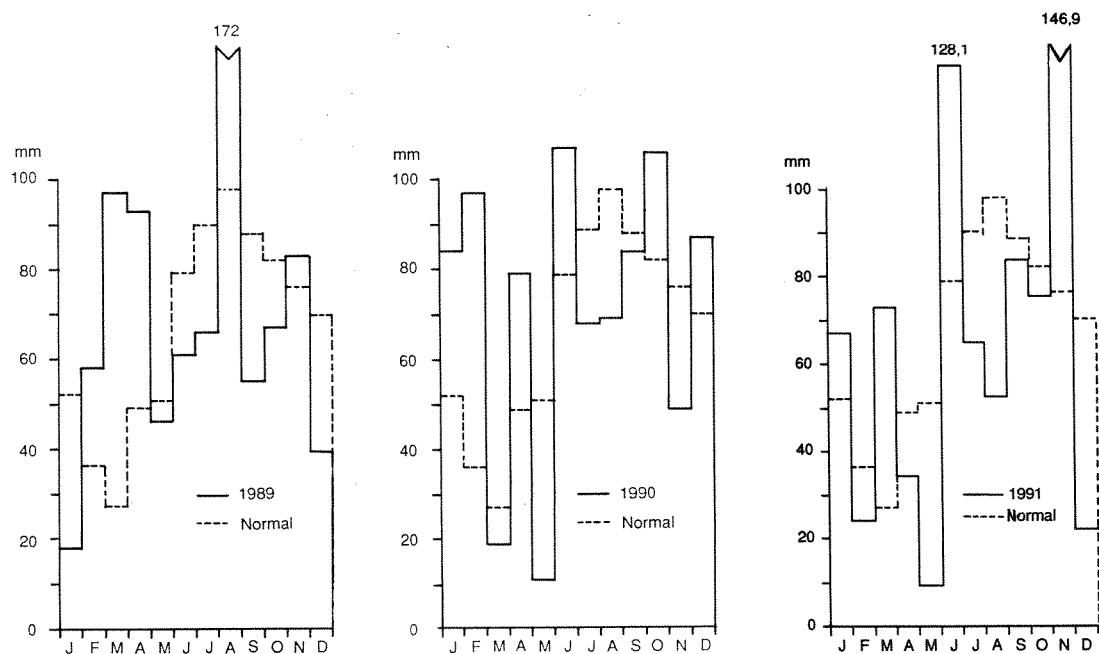


Fig. 4. Maridalsoet. Månedlig nedbør 1989 - 1991, samt normalnedbør i perioden 1930-60 (mm).

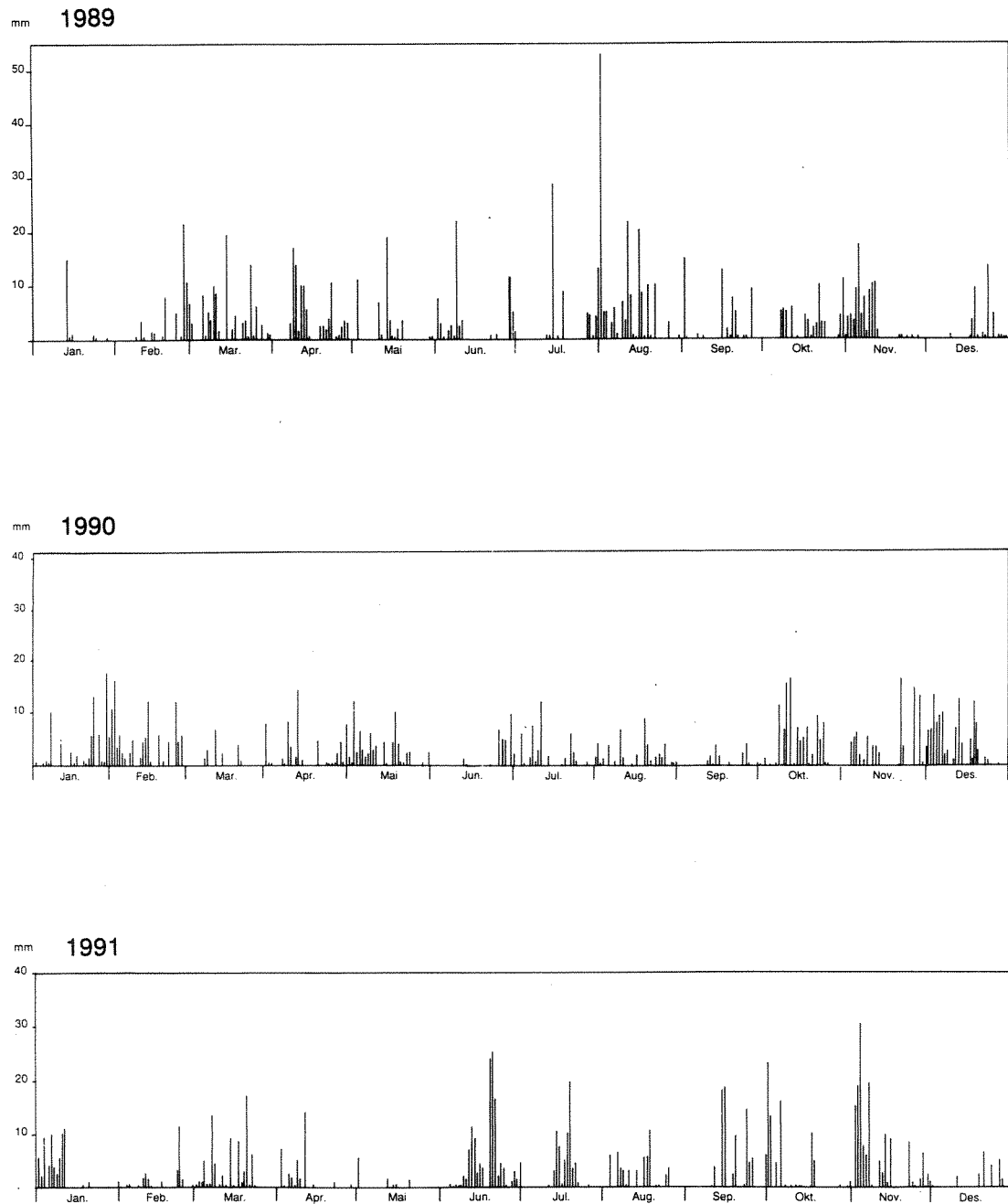


Fig. 5. Maridalset. Dødnedbør 1989 - 1991 (mm)

Resultatene viser at det i alle tre år falt noe mer nedbør enn normalt, h.h.v. 855 mm i 1989, 860 i 1990 og 1991, i forhold til normalen, 798 mm. Bortsett fra juni måned i 1990 og 1991, var det imidlertid i sommermånedene, mai - august, mindre nedbør enn normalt, noe som førte til at det utover sommeren ble lite vann i bekker og elver (se nedenfor).

I Grytebekken som drenerer til Maridalsvatnet på østsiden av innsjøen og som i størrelse (7.63 km²) best kan sammenliknes med de undersøkte bekker, har det vært foretatt kontinuerlige vannføringsmålinger siden 1967. Tabell 1 viser middel-, maksimums- og minimumsvannføring for månedene mai - august i perioden 1967 - 1989 samt tilsvarende verdier for årene 1989 - 1991.

Tabell 1. Vannføring i Grytebekken. Middel-, maks- og min-verdier (NVE, 1991)

Periode		Middel	Maks.	Min.
1967-89	Mai	0.300 m ³ /s	0.660 m ³ /s	0.030 m ³ /s
1989	"	0.078 "	0.160 "	0.028 "
1990	"	0.024 "	0.067 "	0.008 "
1991	"	0.043 "	0.108 "	0.010 "
1967-89	Juni	0.060 m ³ /s	0.220 m ³ /s	0.010 m ³ /s
1989	"	0.026 "	0.480 "	0.012 "
1990	"	0.025 "	0.060 "	0.008 "
1991	"	0.099 "	0.579 "	0.006 "
1967-89	Juli	0.070 m ³ /s	0.240 m ³ /s	0.001 m ³ /s
1989	"	0.009 "	0.108 "	0.001 "
1990	"	0.042 "	0.160 "	0.012 "
1991	"	0.047 "	0.108 "	0.015 "
1967-89	Aug.	0.090 m ³ /s	0.470 m ³ /s	0.0 m ³ /s
1989	"	0.167 "	0.506 "	0.043 "
1990	"	0.028 "	0.082 "	0.012 "
1991	"	0.011 "	0.021 "	0.003 "

Som tabellen viser var vannføringen lavere enn normalt om sommeren fra 1989-91, bortsett fra månedene aug. 1989 og juni 1991. Ifølge NVEs observasjoner var gjennomsnittlig årsvannføring for perioden 1967 - 1989 0.13 m³/s, mens den for 1989 var 0.131, for 1990 0.125 og for 1991 0.108 m³/s, dvs. omkring det normale på årsbasis de to første årene og noe lavere i 1991. Vannføringen i Lautabekken er forsøkt beregnet ved hjelp av data fra Grytebekken. Avrenningsforholdene i to bekker/elver vil aldri være absolutt like. Bl.a. fører de to innsjøene i Grytebekkens nedbørfelt til en viss utjevning av vannføringen. Begge felt er imidlertid uregulert og drenerer hovedsakelig samme type område. Derfor mener vi det er forsvarlig å benytte observasjoner herfra som beregningsgrunnlag.

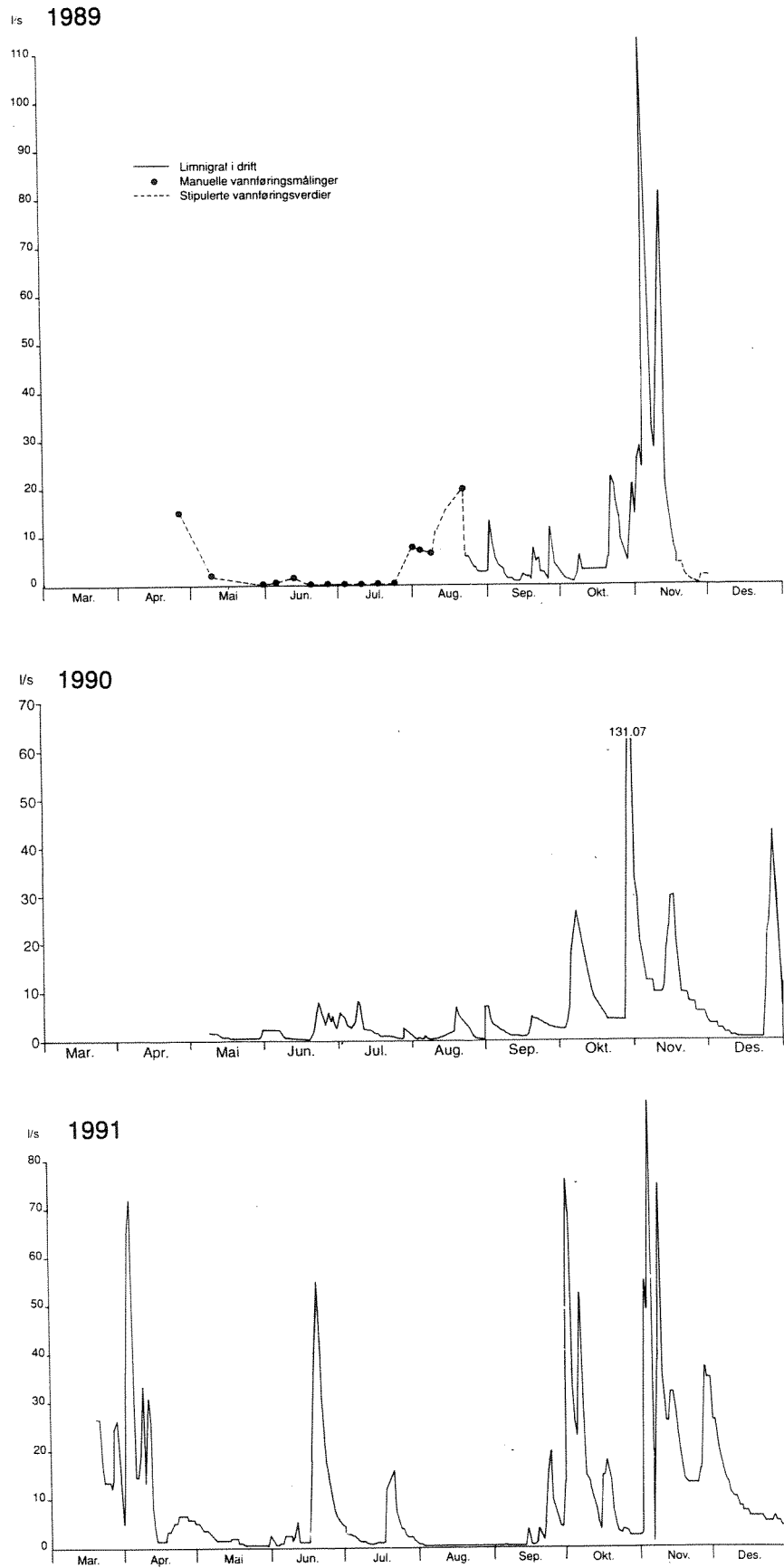


Fig. 6. Skjervbekken. Målt vannføring 1989-1991 (l/s)

Daglig vannføring i Skjervenbekken, nedstrøms Maridalsveien, fra mai til desember for årene 1989-1990, og fra mars til desember i 1991 fremgår av fig. 6. Selv om vannføringen om sommeren 1990 og 1991 var noe høyere enn i 1989, var det i bekken også da i perioder svært lite vann eller den var praktisk talt tørr. Dette har bl.a. sammenheng med lite nedbør både i mai måned og fra juli til september begge år.

3.2 Vannkvalitet

Vannkvaliteten på de enkelte stasjoner er undersøkt ved analyser av forskjellige fraksjoner av næringssaltene fosfor og nitrogen samt tørrstoff og organisk materiale. Tilførsel av næringssalter (fosfor og nitrogen) til vann og vassdrag har betydning i forurensnings-sammenheng, og i innlandsvassdrag er det fosforet som har størst betydning. I områder spesielt under den marine grense, kan anleggs- og jordbruksvirksomhet medføre stor tilførsel av erosjonsmateriale, dvs. partikler.

Resultater fra undersøkelsen er presentert i figurform med kommentarer i tekstdelen av rapporten, samt i tabeller i Vedlegg.

Fosfor (fig. 7A-B, tabell 2 i tekstdel og I i Vedlegg)

Avhengig av kilde og opprinnelse foreligger fosforet i vann i forskjellige former eller fraksjoner. Vi skiller mellom:

Løst fosfor (LP)

- Løst reaktivt fosfor (LRP) vil i praktisk sammenheng betraktes som vannets innhold av ortofosfat.
- Løst ikke reaktivt fosfor (LIRP) er differansen mellom LP og LRP.

Partikulært fosfor (PP) er differansen mellom Tot-P og LP.

Totalfosfor (Tot-P) omfatter både løst og partikulært fosfor, og oppnås når ufiltret prøve analyseres etter oppslutning.

Mens nedbøren fra januar til første halvdel av mars i 1991 hovedsakelig falt som snø eller sludd, var det på årets første prøvetakingsdag (den 20.3) og foregående døgn kraftige regnskyl. Det ble da målt høye fosforkonsentrasjoner i alle prøver. Som i 1989 og 1990 ble det i 1991 innhentet en prøveserie i mai (10.5) etter harving og såing. Det var oppholdsvær både under prøvetaking, foregående uke og også svært tørt i siste halvdel av april. Fosforinnholdet i prøvene var lavt og i samme nivå (5-6 µg/l).

Mens måleresultatene i de fleste prøver oppstrøms åkerarealet i Skjervnbekken (st. 1A og 1c, fig. 2) både i 1989 og 1990 var lave og svært stabile, varierte Tot-P-konsentrasjonen i 1991-prøvene (st. 1A) fra 3 til 29 $\mu\text{g/l}$, og var ved 2 anledninger (den 21.6 og 11.11) høyere enn nedstrøms-verdiene (st. 1D, fig. 2).

I tillegg til 1989-stasjonene i Skjervnbekken ble det som nevnt ovenfor i 1990 samlet inn prøver fra "Kudalsbekken" (st. 1c), i et område som drenerer skog og myr (oppstrøms Rørbekk, st. 1C). Dette for å undersøke om vannet fra tilsvarende stasjon i Skjervnbekken (1A) kunne være påvirket av mulig avrenning fra parkeringsplassen i nærheten. Fosforkonsentrasjonene herfra var lave og i samme nivå som ved overnevnte stasjon i Skjervnbekken, og varierte i de fleste prøvene fra begge stasjoner omkring 5 $\mu\text{g/l}$, noe som må anses å være naturlige bakgrunnsnivåer. Det er derfor vanskelig å forklare de til dels høye fosforkonsentrasjonene som ble funnet i 1991-prøvene med mulig påvirkning fra parkeringsplassen. Medvirkende årsak kan evt. være stor tilførsel av humus. Selv om de fleste prøver ble innhentet i forbindelse med regnvær var det ofte lite vann i bekken oppstrøms åkerarealet, og vanskelig å ta representative prøver.

De høyeste verdier i 1991 ble som i 1989 og 1990 funnet i prøver som ble innhentet i forbindelse med kraftige regnskyll, og viste som foregående år i de fleste tilfeller en stigende tendens nedover i bekken. Ved prøvetakingen den 30. september 1991 var jorda pløyd opp og lå brakk. Som i 1989 og 1990 var forskjellen mellom prøvetakingsstasjonene opp- og nedstrøms åkerarealet mest markert på denne tiden, og økte i 1991 fra 15 til 40 $\mu\text{g P/l}$. Økningen har for en stor del sammenheng med jordbruksdriften (erosjon).

Prøvene fra Lautabekken varierte hovedsakelig på samme måte som i Skjervnbekken, og i samme område som i 1989. Konsentrasjonene var noe lavere enn i 1990, og lavere enn ved Skjervnbekkens utløp i Mari-dalsvatnet. Prøvene fra tilløpet ved Hauger (st. 2B, fig. 3) fulgte det samme variasjonsmønsteret ved undersøkelsen i 1989, men konsentrasjonene var langt høyere og av en helt annen størrelsesorden. Denne stasjonen ble sløffet i 1990 og 1991.

I alle 1989- og 1990-prøvene fra stasjonene oppstrøms åkerarealet (avrenning fra skog) utgjorde konsentrasjonene av løst fosfor (ortofosfat + LIRP) 50 % eller mer av det totale fosforinnholdet. Gjennomsnittlig var 1989- og 1990-konsentrasjonene av løst fosfor høyere enn PP-konsentrasjonene ved alle prøvetakingspunktene (tabell 2). I 1991 var gjennomsnittet noe lavere og varierte fra 34 ved st. 1A (skogavrenning), til 46-48% ved stasjonene med åkeravrenning, h.h.v.

Skjervnebekk, st. 1D og Lautabekk, st. 2A. Særlig hadde vinterserien avgjørende betydning for dette forholdet. Ved å utelate denne blir gjennomsnittet som tidligere år, dvs. i overkant av 50% i prøvene fra de to stasjonene med åkeravrenning, men lavere (ca. 40%) ved st. 1A. Foruten i vinterserien ble det i 1991 bl.a. funnet høye konsentrasjoner av PP den 21.6 og i en del av prøvene tatt utover høsten (f.eks. 30.9), hvor prøvene til dels inneholdt mer PP enn LP. Dette har sammenheng med erosjon fra åkerarealet på grunn av sterk nedbør disse dager.

I de fleste 1989- og 1990-prøvene var mer enn 50 % av det løste fosforet ortofosfat, dvs. direkte tilgjengelig for algevekst. I 1991 var dette tilfelle for ca. halvparten av prøvene. Hvorvidt den prosentvise algetilgjengelige fosforandel er høyere, er ikke undersøkt.

Måling av biologisk tilgjengelig fosfor (bio-P) ved hjelp av algester er utført av flere forskere. Bl.a. har Bradford og Peters (1987) undersøkt den biologiske tilgjengeligheten av fosfor fra innsjøer og elver og fant at gjennomsnittlig 37% av Tot-P og 80 % av løst P var tilgjengelig, men at variasjonen var stor mellom enkeltprøver. Ved undersøkelse foretatt av Krogstad og Løvstad (1989) ble effekten av fosfor i jordpartikler for alger i vann funnet å være 25 - 50%, mens Berge og Källqvist (1990) fant en gjennomsnittlig tilgjengelighetsprosent på 37% ved analyse av avrenningsvann fra korndyrkingsarealer (erosjon). Sistnevnte undersøkelse viste at alt det løste fosforet (LP) + 10% av det partikulære fosforet (PP) fra åkeravrenning i snitt, var tilgjengelig for algevekst. Enkelte ganger var opptil 25% av PP tilgjengelig.

Gjennomsnittlig varierte ortofosfat som prosent av Tot-P i 1991-prøvene fra 31 % ved st. 1A (avrenning fra skog) til ca. 38 % (st. 1D, oppstrøms Maridalsvatnet og st. 2A, Lautabekken, som begge drenerer åkerareal). Gjennomsnitt for de 3 årene var for de samme stasjonene h.h.v. 31 og 41 %. Undersøkelsen er enkel, men resultatene virker rimelig korrelert med overnevnte arbeider.

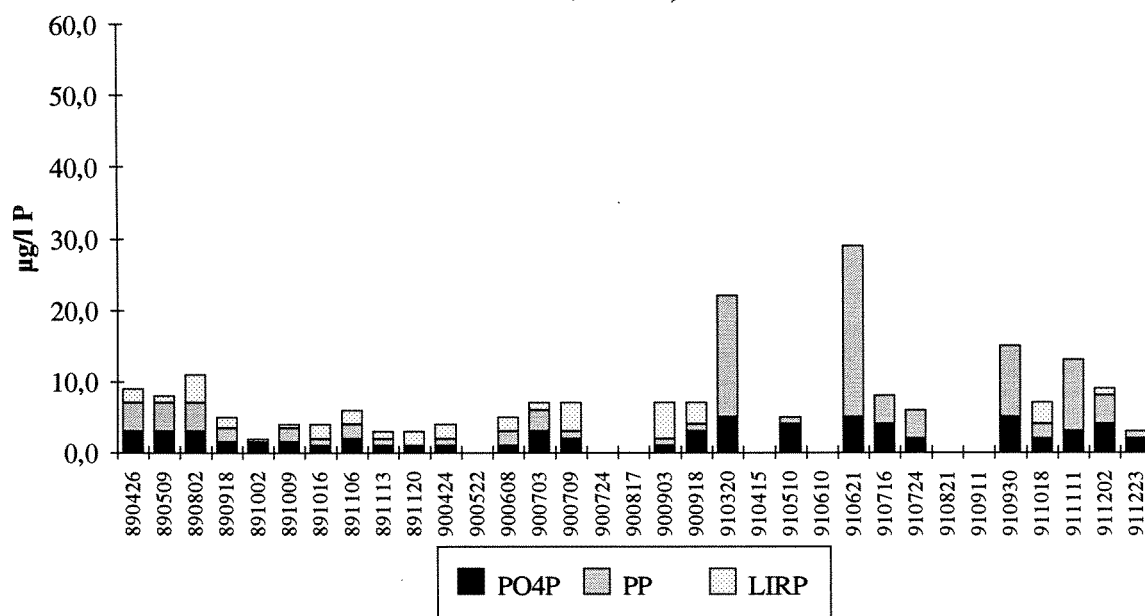
M.h.t. avrennings-bidraget fra jordbruksarealet i nærområdene til Maridalsvatnet, har vi antatt at differansen mellom måleresultatene i prøver fra Skjervnebekken, h.h.v. opp- og nedstrøms åkerarealet, gir rimelige verdier for denne type avrenning. På dette grunnlaget var gjennomsnittlig jordbruksavrenning i 1989, 1990 og 1991 h.h.v. 5, 14 og 5 µg P/l. Omregnet til årstilførsler blir dette 3.5 (1989), 9.5 (1990) og 3.5 (1991) kg P/år. Dvs. at bidraget fra jordbruksarealet i

dette nedbørfeltet, som utgjør ca. 9% av bekkens totale areal (kap. 4), var h.h.v. 49, 69 og 30 % av de totale tilførsler herfra til Maridalsvatnet. Gjennomsnitt for perioden var 5.5 kg P/år, dvs. 50 % av tilførslene fra Skjervenbekken.

Tabell 2. Totalfosfor og løst fosfor. Gjennomsnittsverdier, variasjonsbredde og % LP av TOT-P i analyseresultater fra 1989 - 1991.

Stasjon	Totalfosfor µg/l	Variasjonsbredde µg/l	Løst fosfor µg/l	Variasjonsbredde µg/l	%
1A 1989	5.5	2 - 11	3.4	2 - 7	62
1A 1990	6.2	4 - 7	4.6	3 - 6	74
1A 1991	11.7	3 - 29	4.0	2 - 5	34
1B 1989	7.2	4 - 14	4.0	2 - 8	56
1B 1990	33.3	10 - 78	16.3	6 - 53	49
1c 1990	5.3	3 - 9	3.7	2 - 6	70
1C 1989	6.7	3 - 12	3.4	2 - 5	51
1C 1990	7.2	5 - 13	4.0	2 - 9	55
1D 1989	9.8	5 - 20	5.1	3 - 10	52
1D 1990	20.2	8 - 47	11.3	4 - 24	55
1D 1991	16.7	5 - 40	7.8	3 - 22	47
1E 1989	10.6	6 - 21	5.9	4 - 10	59
2A 1989	9.0	5 - 18	6.4	3 - 14	71
2A 1990	33.9	6 - 84	18.8	3 - 45	55
2A 1991	10.9	6 - 21	5.3	3 - 9	49
2B 1989	88.8	10 - 580	60.5	7 - 430	68

Oppstrøms kanal (St. 1A)



Nedstrøms limnigraf (St. 1D)

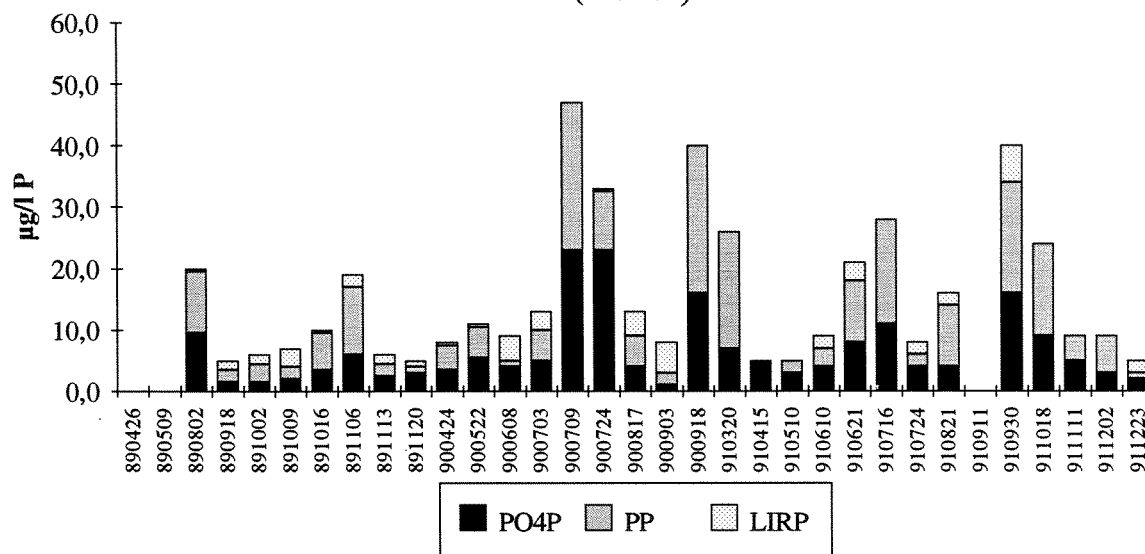


Fig. 7A. P-fraksjoner i prøver fra stasjonene i Skjervenbekken 1989-91.
(Hel søyle = Tot-P)

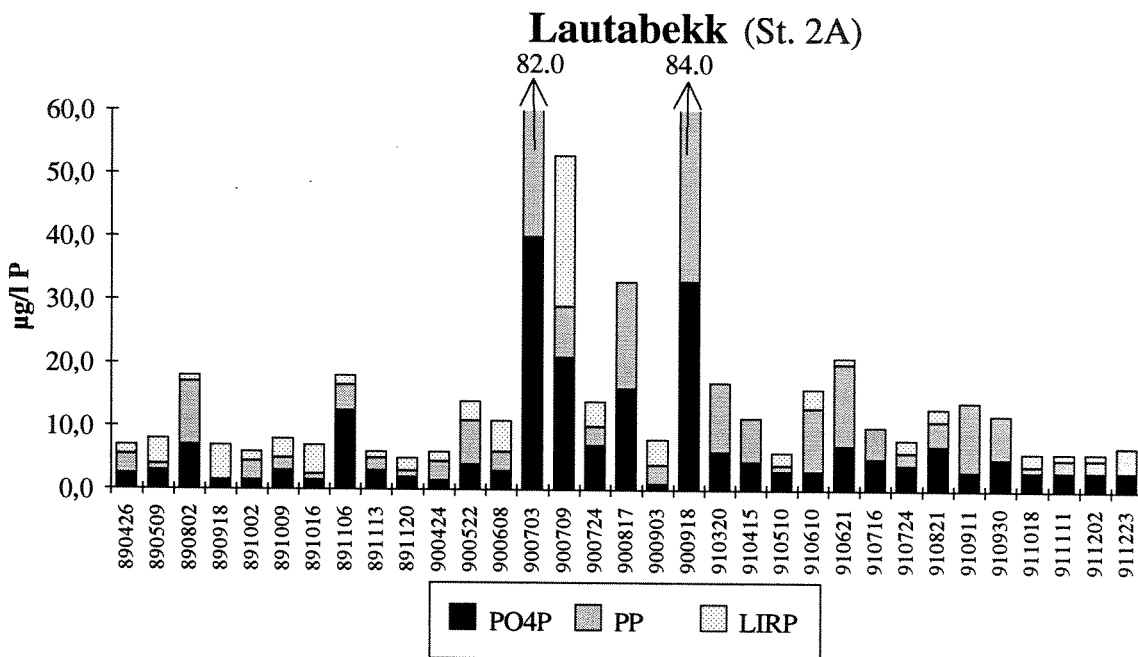
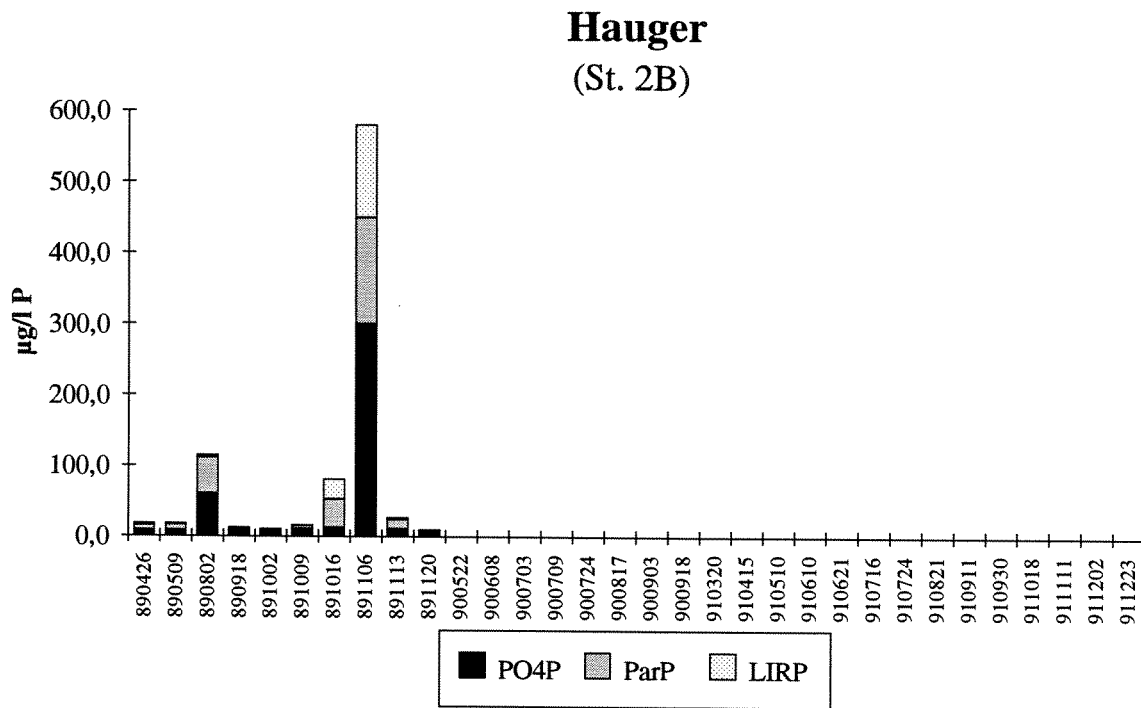


Fig. 7B. P-fraksjoner i prøver fra stasjonene i Lautabekken 1989-91.
(Hel søyle = Tot-P)

Nitrogen (fig. 8A-B, tabell 3 i tekstdel og I i Vedlegg)

I naturen forekommer nitrogen i uorganiske og organiske forbindelser. De uorganiske formene inkluderer nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$), nitritt ($\text{NO}_2\text{-N}$), ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) og molekylært nitrogen (N_2). Naturlig forekommende organiske nitrogenforbindelser oppstår som mellomprodukt ved nedbrytning av proteiner og som ekskresjonsprodukter i bl.a. frie forbindelser, aminosyrer og enzymer. Nitrat og ammoniumforbindelser er de viktigste uorganiske nitrogenforbindelser i vann.

Atmosfæren er den største naturlige nitrogenkilde (hele 78% av luftens gasser er nitrogen). Nitrogenforbindelser tilføres i betydelig grad atmosfæren ved bruk av fossilt brensel (kull, olje osv.), f.eks. er biltrafikken en viktig kilde. Husdyrgjødsel og kunstgjødsel gir også et bidrag. Nedbørens innhold av nitrogenforbindelser har økt betydelig i løpet av de siste tre år. Nitrogen tilføres det biologiske system primært ved biologisk fiksering av molekylært nitrogen.

Gjennomsnittsverdier og variasjonsbredde for total nitrogen og nitrat fra undersøkelsesperioden, samt prosentandel nitrat av Tot N, for de forskjellige stasjonene, fremgår av tabell 3.

Nitrogenforbindelser har mindre affinitet til partikler enn fosfor. Dette innvirker bl.a. på variasjonsmønsteret. Gjennomsnittlig varierte konsentrasjonen av total-nitrogen i 1991-prøvene fra 444 $\mu\text{g N/l}$ oppstrøms åkerarealet (st. 1A) til 948 $\mu\text{g N/l}$ i Skjervnbekken (nedenfor limnigraf, st. 1D, tabell 3). Nitrat hadde omtrent samme variasjonsmønster som total-nitrogen. De relativt lave nitratverdiene (f.eks. 21 $\mu\text{g N/l}$, st. 1D i juni og 1A i juli, tabell 1A, Vedlegg) har sammenheng med forbruk av nitrat i vegetasjonsperioden. I prøvene som er representative for skogavrenning (st. 1A) var gjennomsnittlig nitratinnhold av total-nitrogen i 1991, 51 %, dvs. et noe lavere nitratinnhold enn det som ble påvist i prøver fra denne stasjonen de to foregående år, men i samme nivå som i Kudalsbekken (st. 1c) i 1990. Forøvrig var variasjonene større ved alle stasjoner i 1991 enn det som ble funnet i 1989 og 1990. Gjennomsnittlig nitratinnhold i 1991-prøvene fra Skjervnbekken (st. 1D) var på 78% og i Lautabekken (st. 2A) 73 %, dvs. høyere enn i 1990 og i samme nivå som i 1989 for begge stasjoner. Undersøkelsen i 1990 pågikk bare i sommerperioden, mens det i 1989 og 1991 ble innhentet prøver utover høsten, og i 1991 også om vinteren. Middelverdiene for 1989 og 1991 er derfor mer representative enn 1990-verdiene som årsmiddelkonsentrasjoner av nitrogen i vannet. Undersøkelsen er for enkel (for få prøver) til at tallene kan sies å være almenngyldige, men bør uten for stor usikkerhet kunne overføres til samme typeområder.

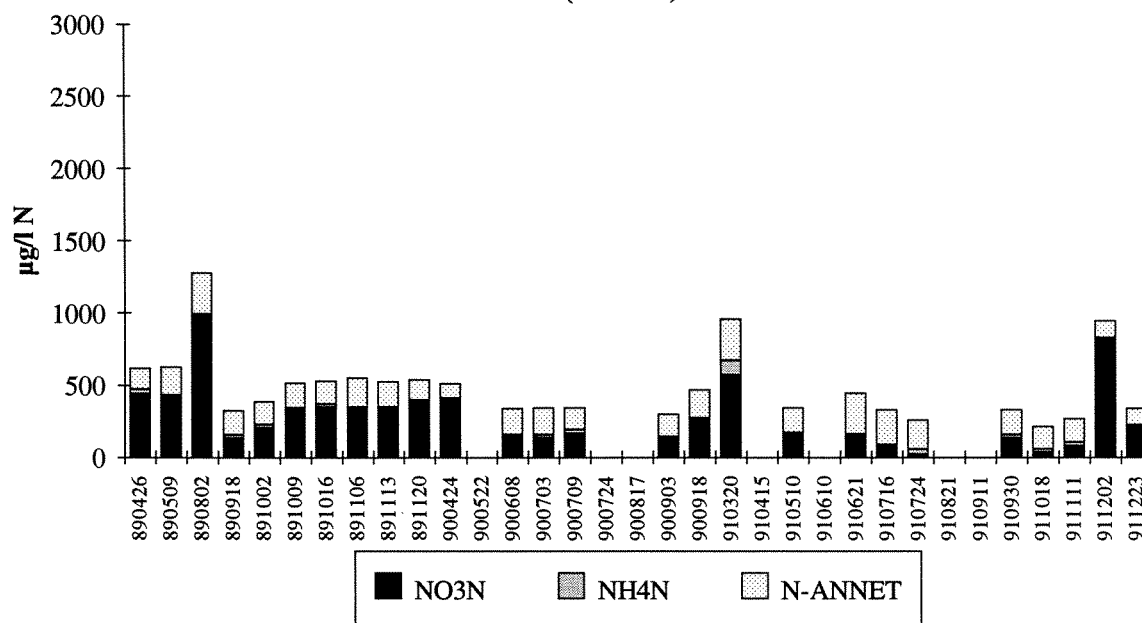
I 1991 ble de høyeste konsentrasjoner av total-nitrogen og nitrat både i Skjervnbekken (st. 1A) og Lautabekken (st. 2A) målt den 21.6, hvor prøvetaking foregikk i forbindelse med et kraftig regnskyll. Det ble da også målt høye konsentrasjoner av fosfor. Utover dette ble det målt høye nitrogen- og nitratkonsentrasjoner i alle prøver i vinterserien (den 20.3), og som i 1989 og 1990 i andre prøveserier innhentet ved regnvær/avrenning. Ved tilløpet fra Hauger (st. 2B, 1989) var nitro- genkonsentrasjonene svært høye i forhold til analyseresultatene ved øvrige stasjoner. Det har vist seg i andre områder (Uhlen og Lundekvam, 1988) at utvasking av nitrogen, særlig nitrat er større fra åpen åker enn fra grasarealer, særlig fordi jorda i første tilfelle i lange perioder om høsten og også om våren, blir liggende uten plantedekke (brakk). Selv om jorda gjødsles om våren antas kilden i dette område hovedsakelig å være kunstgjødsel.

Gjennomsnittlig nitrogenavrenning til Maridalsvatnet fra jordbruks- arealet i nedbørfeltet til Skjervnbekken er beregnet som for fosfor (s. 19) til ca. 70, 265 og 195 kg for årene 1989, 1990 og 1991, dvs. ca. 180 kg/år, og som utgjør 35 % av tilførselene herfra.

Tabell 3. Totalnitrogen og nitrat. Gjennomsnittsverdier, variasjons- bredde og % NO₃ av tot-N i analyseresultater fra 1989- 1991.

Stasjon	Totalnitrogen µg/l	Variasjonsbredde µg/l	Nitrat µg/l	Variasjonsbredde µg/l	%
1A 1989	590	326 - 1280	390	134 - 975	66
1A 1990	385	299 - 513	207	133 - 395	54
1A 1991	444	215 - 959	224	21 - 815	51
1B 1989	770	515 - 1060	575	350 - 820	75
1B 1990	708	407 - 1240	485	174 - 910	69
1c 1990	263	192 - 425	134	45 - 270	51
1C 1989	385	222 - 572	245	98 - 415	64
1C 1990	372	201 - 609	241	67 - 455	65
1D 1989	785	503 - 1190	615	340 - 985	78
1D 1990	1221	311 - 4760	787	130 - 2700	65
1D 1991	948	188 - 3730	736	21 - 3250	78
1E 1989	950	675 - 1500	760	495 - 1310	80
2A 1989	825	597 - 1270	600	360 - 955	73
2A 1990	999	552 - 2600	639	360 - 1600	64
2A 1991	818	465 - 1700	603	315 - 1325	73
2B 1989	4235	1820 - 6000	3660	1450 - 5800	86

Oppstrøms kanal (St. 1A)



Nedstrøms limnigraf (St. 1D)

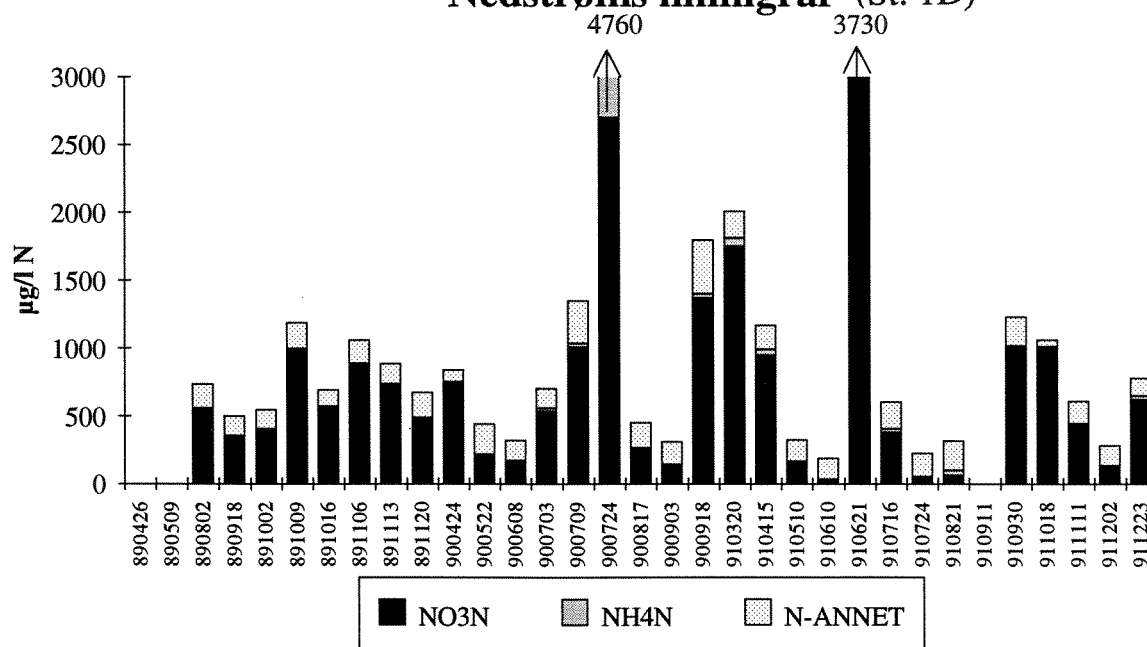


Fig. 8A. N-forbindelser i prøver fra stasjonene i Skjervnbekken 1989-91.
(Hel søyle = Tot-N)

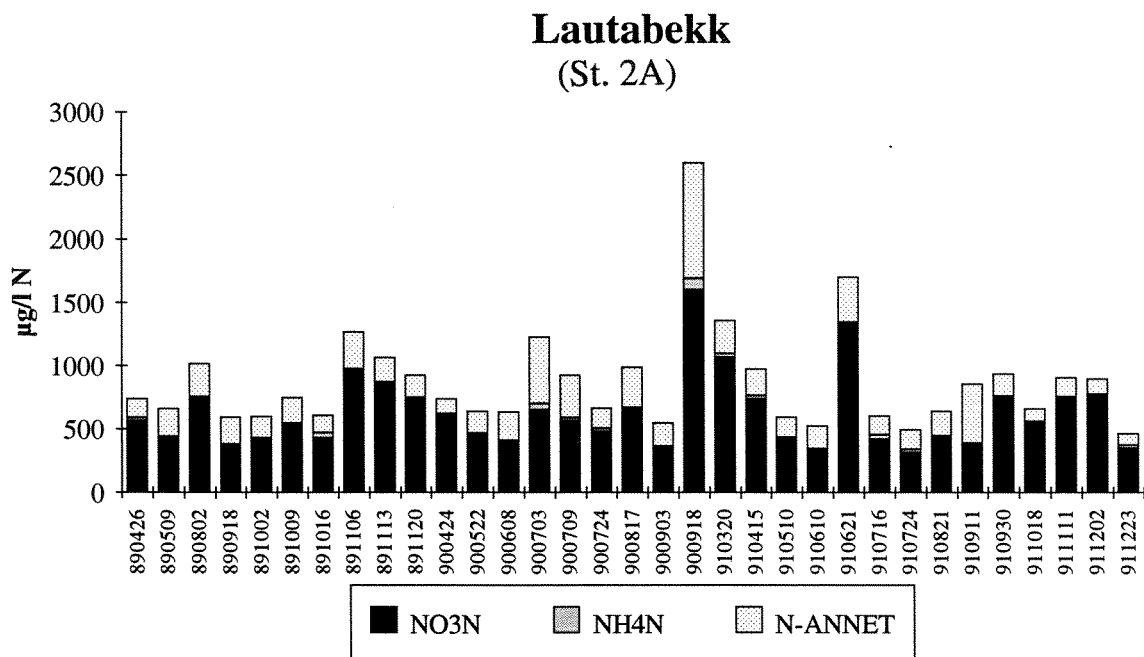
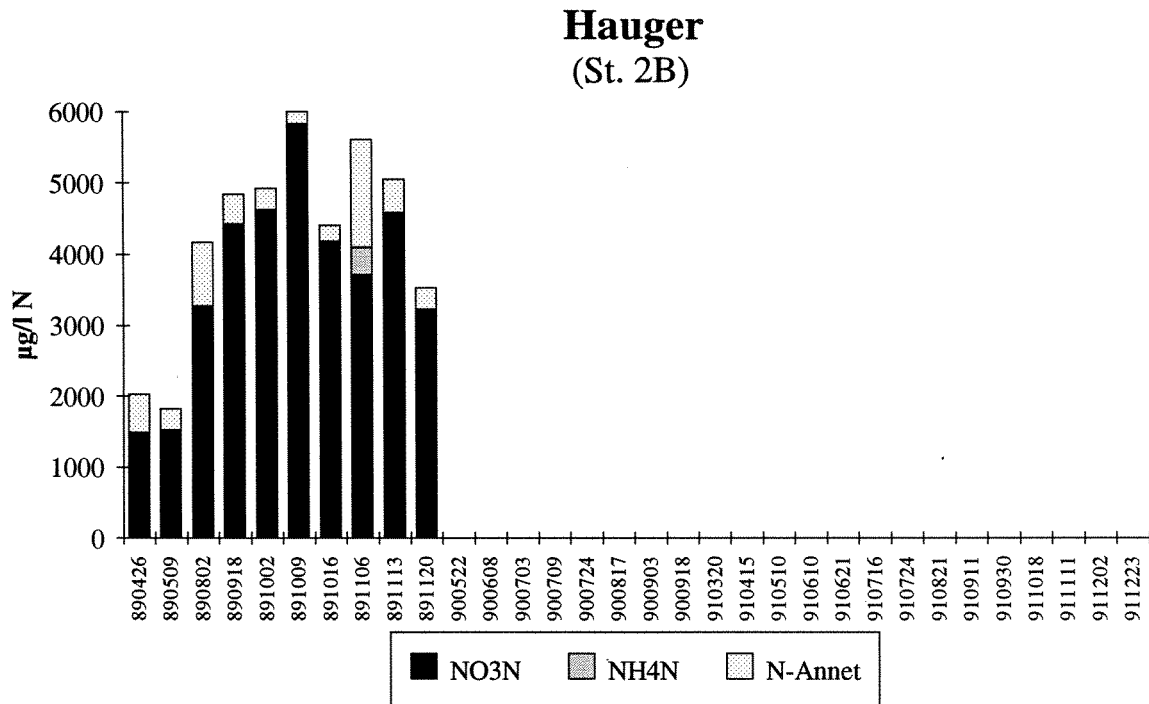


Fig. 8B N-forbindelser i prøver fra stasjonene i Lautabekken 1989-91.
(Hel søyle = Tot-N)

Suspendert partikulært mat. (fig. 9A-B, tabell 4 i tekstdel og I i Vedl.)

Det partikulære (uorganiske og organiske) materialet som finnes i vannet omfatter alle partikler i vannmassene, medregnet planktoniske levende organismer (plante- og dyreplankton, bakterier m.m.). Tilslamming eller økt konsentrasjon av partikulært materiale i et vassdrag oppstår som følge av direkte utslipp av kommunalt og industrielt avløpsvann, ved tilførsel av erosjonsmateriale fra landbruksområder, f.eks. ved bakkeplanering, og som følge av anleggsvirksomhet i eller langs vassdrag (vei, forbygning, grustak, damanlegg etc.).

Under kraftige regnskyl og ved flomvannføringer, kan transporten av suspendert materiale være meget stor, særlig i vassdrag som drenerer jordbruksområder under den marine grense. Dette nedsetter i vesentlig grad vannets brukbarhet og influerer på organismene i vannet. Stor produksjon av plante- og dyreplankton gir også vannet et økt partikkelinnhold.

Gjennomsnittsverdier og variasjonsbredde for totalt innhold av partikulært materiale (tørrstoff) og organisk materiale i prøvene fra undersøkelsesperioden er vist i tabell 4. Gløderestanalysene (uorganisk materiale) fremgår av tabell I i Vedlegg.

Tørrstoffinnholdet var lavt i de fleste prøver alle de 3 årene 1989-1991. I 1989 og 1990 var det generelle bildet at konsentrasjonene økte mot utløpet av Skjervenbekken (i kanalen og oppstrøms Maridalsvatnet), som er mest utsatt for erosjon. I 1991 var tørrstoffinnholdet i vel halvparten av prøvene høyere oppstrøms, noe som er vanskelig å forklare. De høyeste konsentrasjonene ble målt i vinterserien og i prøver innhentet ved kraftige regnskyl (erosjon). Dette er i overensstemmelse med øvrige parametre og tidligere år. Hovedsakelig var det partikulært uorganisk materiale i disse prøvene. Gjennomsnittlig varierte dette som i 1989 og 1990 fra ca. 60 (Lautabekken, den 21.8) til mer enn 90% av det totale tørrstoffinnholdet (23.12, alle prøver). Mens resultatene i 1989 tydet på at Lautabekken var mindre erosjonsutsatt enn de nederste prøvetakingspunktene i Skjervenbekken, var tørrstoffkonsentrasjonene i 1990-prøvene fra Lautabekken høyere enn i Skjervenbekken nedenfor kanalen. Det ble da antydnet at en av årsakene til dette kunne være at kanalen etter hvert er blitt nokså gjengrodd, noe som antakelig gjør dette område mindre utsatt for erosjon. I 1991 var tørrstoffkonsentrasjonene i vel halvparten av prøvene fra Lautabekken noe lavere enn i Skjervenbekken. Særlig var dette tilfelle i vinterserien og i prøvene innhentet utover høsten, og kan ha sammenheng med om/når jorda bearbeides (pløyes).

Det ble bare innhentet prøver fra st. 2B (avrenningsvann fra plenjordprodusent) i 1989. Som for øvrige parametre var tørrstoffkonsentrasjonene herfra svært høye særlig i regnvær og av en helt annen størrelsesorden enn i prøvene fra de andre stasjonene. Gjennomsnittlig var ca. 10 % av tørrstoffinnholdet i prøvene herfra organisk materiale.

Tabell 4. Tørrstoff og organisk materiale. Gjennomsnittsverdier, variasjonsbredde og % org. mat. av tørrstoff i analyse-
resultater fra 1989 - 1991.

Stasjon	Tørrstoff mg/l	Variasjonsbredde mg/l	Org.materiale mg/l	Variasjonsbredde mg/l	%
1A 1989	1.7	0.4 - 5.0	0.4	0.1 - 0.7	23
1A 1990	3.1	0.6 - 11.8	0.6	0 - 1.7	20
1A 1991	10.8	1.3 - 58.4	1.4	0.1 - 6.8	13
1B* 1989	1.7		0.1		6
1c 1990	7.3	0.7 - 29.0	2.7	0.3 - 10.6	37
1C* 1989	3.2		0.5		16
1D 1989	3.5	1.3 - 6.5	0.6	0.2 - 1.2	16
1D 1990	4.7	1.6 - 15.9	1.2	0.3 - 5.3	26
1D 1991	6.1	1.7 - 29.6	0.9	0.4 - 3.4	15
1E 1989	4.2	1.5 - 6.5	0.7	0.2 - 1.4	16
2A 1989	2.1	0.4 - 4.0	0.6	0.1 - 1.4	29
2A 1990	6.2	1.2 - 17.4	1.3	0.3 - 3.4	21
2A 1991	3.0	0.8 - 11.8	0.8	0.1 - 2.9	27
2B 1989	33.3	1.7 - 206.0	3.4	0.2 - 20.0	10

* 1 prøve.

I tillegg til overnevnte analyser ble det i 1989 og 1990 i de fleste prøver fra Skjervenbekken (st. 1D) analysert for innhold av totalt organisk karbon (TOC) og kjemisk oksygenforbruk (COD_{mn}). I 1991 ble alle prøver analysert for disse parametre samt for oppløst organisk karbon (DOC). Analysene inngår i et annet prosjekt og er utført for å få en bedre forståelse av forskjellige typer organisk materiale. Analyseresultatene fremgår av tabell I i Vedlegg, men vil ikke kommenteres her.

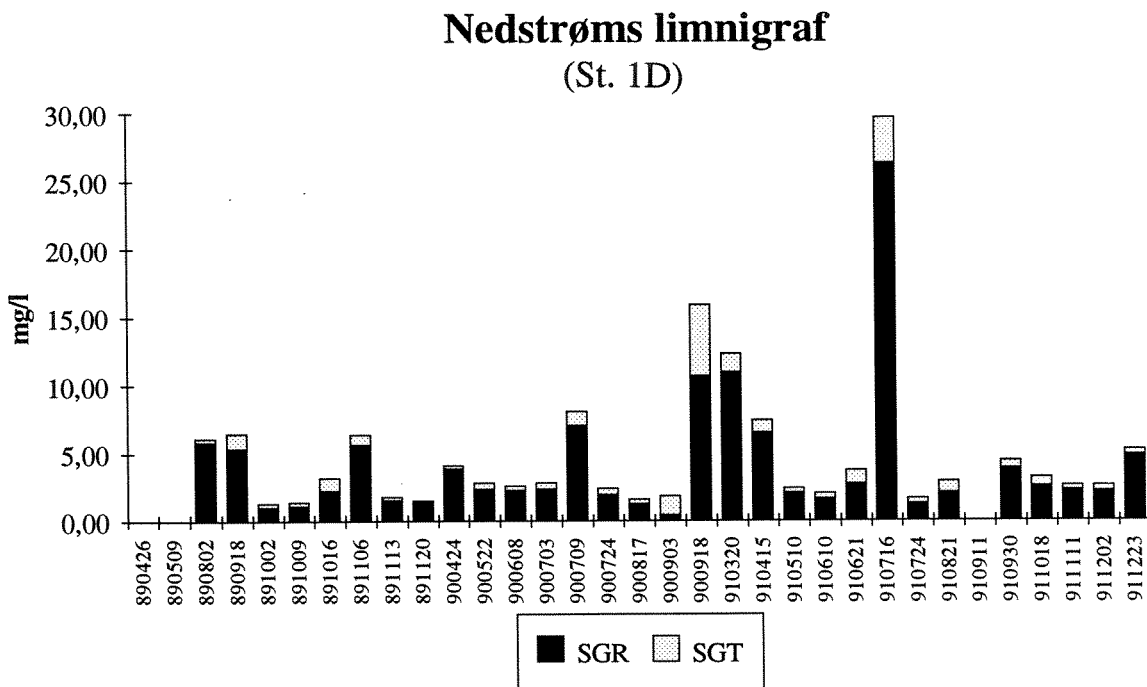
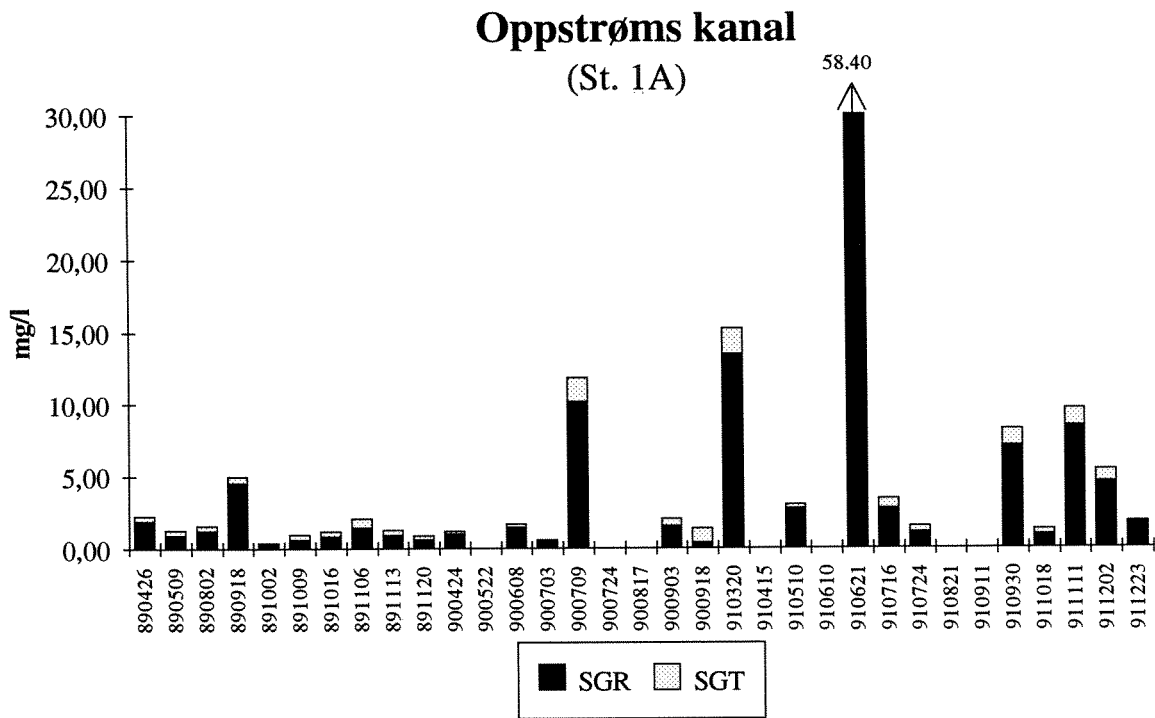


Fig. 9A. Suspendert part. mat. i prøver fra Skjervnbekken 1989-91.
(Hel søyle = Tørrstoff)

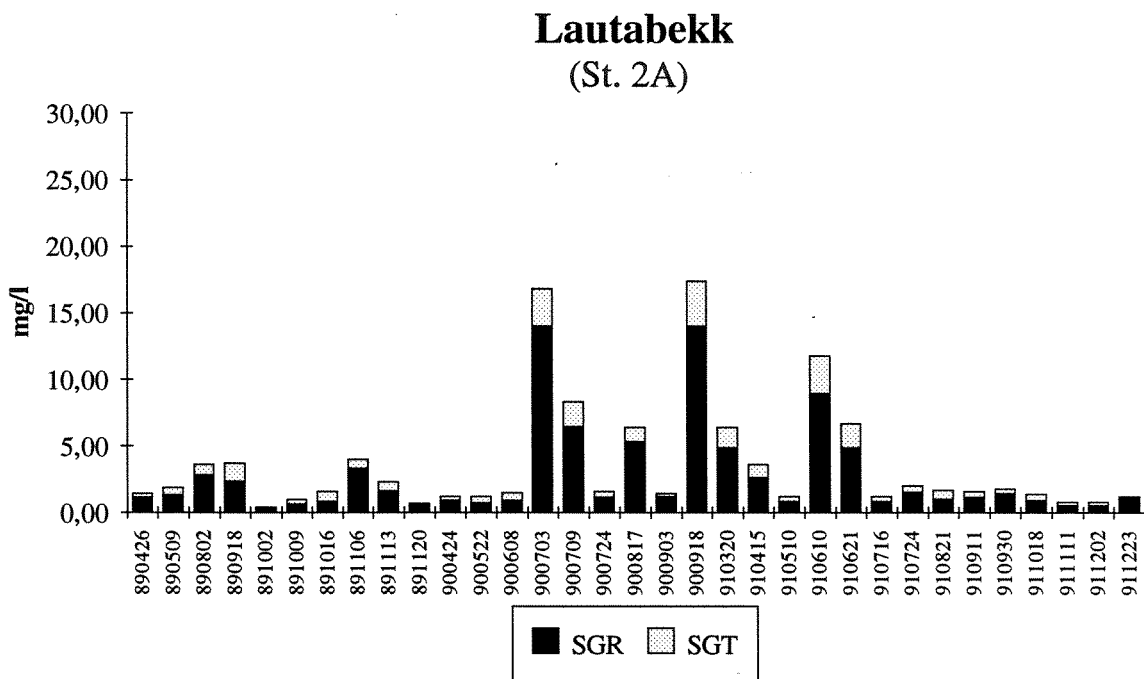
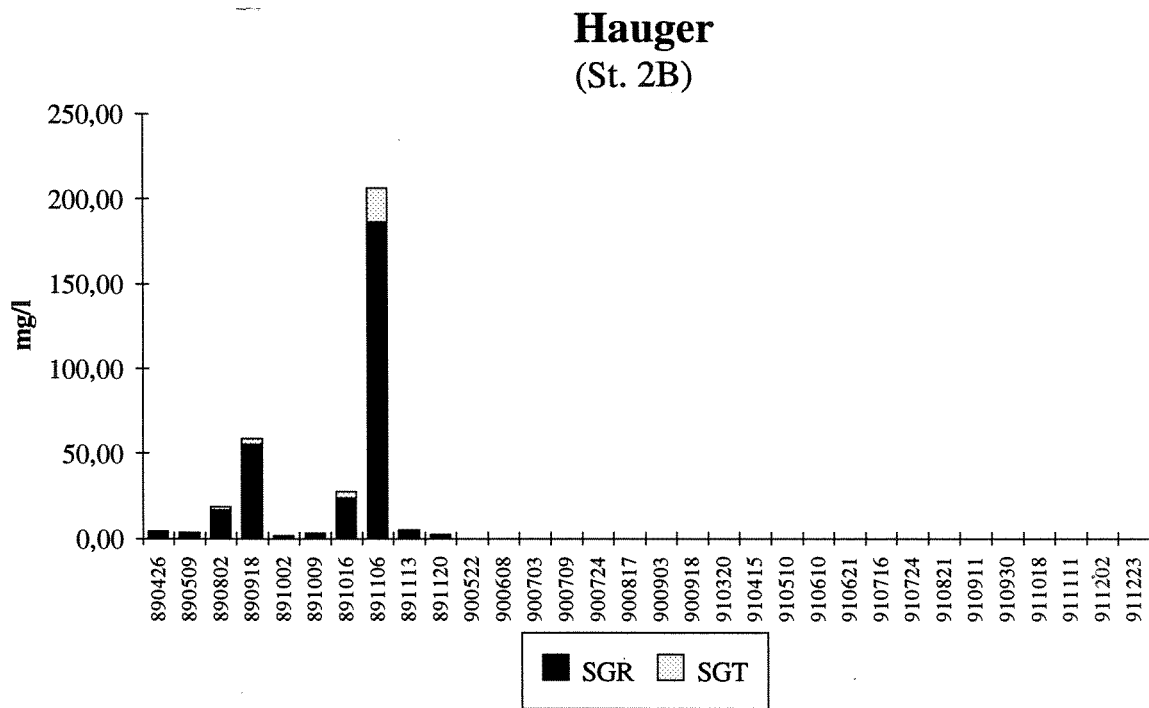


Fig. 9B. Suspendert part. materiale i prøver fra Lautabekken 1989-91.
(Hel søyle = Tørrstoff)

4. AREALFOREDELING – TEORETISK BEREGNET TILFØRSEL SAMT MATERIAL-TRANSPORT

Tabellene 5 - 6 gir en oversikt over arealfordeling, teoretisk beregnet gjennomsnittlig tilførsel av fosfor og nitrogen samt en tilsvarende enkel oversikt over nedbørfeltet til Maridalsvatnet. Materialtransport i Skjervnebekken og Lautabekken i undersøkelsesperioden april-november 1989, april-september 1990 og mars-desember 1991, fremgår av tabell 7.

Tabell 5. Arealfordeling, km².

Lokalitet	Totalt areal, km ²	Dyrka mark		Skog-/Annet areal		Innsjøareal	
		km ²	%	km ²	%	km ²	%
Skjervnebekken	1.1	0.1	9	1.0	91		
Lautabekken	3.5	0.4	11	3.1	89		
Maridalsvatnet	252.0	2.6	1	245.7	97.5	3.7	1.5

Som vist består nedbørfeltene til de to bekker og også til Maridalsvatnet hovedsakelig av skog- og noe jordbruksareal. For å beregne tilførselene av fosfor og nitrogen er det benyttet teoretiske koeffisienter. Det er beregnet at avrenningen fra dyrka mark utgjør 70 kg P og 3100 kg N pr km²/år, og fra skog 6.0 kg P og 250 kg N pr. km²/år (Holtan og Åstebøl, 1990). Langs Lautabekken er det som nevnt et belte av planter og trær, mens vegetasjonen langs Skjervnebekken (kanalen) for en stor del er fjernet, noe som i perioder kan føre til en høyere avrenning av P og N herfra. Etter hvert er selve kanalen blitt nokså gjengrodd og antakelig noe mindre utsatt for erosjon enn tidligere. 1990-resultatene, hvor fosforavrenningen for det meste var høyest i Lautabekken, kunne tyde på dette og at erosjonen i Lautabekken i enkelte perioder/år kan være større enn antatt ved teoretisk beregning av årstilførsel. Aktiviteten ved Hauger gård (plenjordproduksjon) kan være medvirkende årsak til de i perioder høye stoffkonsentrasjoner i Lautabekk.

M.h.t. Maridalsvatnet er det ut over dette beregnet tilførsel av P og N via nedbør og atmosfæriske tørravsetninger direkte på vannoverflaten. Vi har benyttet koeffisientene 20 kg P og 1000 kg N/år, som er hentet fra overnevnte publikasjon. Ved en undersøkelse av atm. tilførsel på og omkring Maridalsvatnet i 1989 (Berge og Holtan, in prep.) var dette bidraget for året 1989 i gjennomsnitt 18 kg P og 1500 kg N, dvs. for fosfor i nærheten av den teoretiske verdien og for nitrogen

en del høyere. Da undersøkelsesresultatene kun representerer et bestemt år, har vi valgt å bruke de teoretiske koeffisienter, som er mer representative for et gjennomsnitt.

Tabell 6. Gjennomsnittlig teoretisk beregnet års-tilførsel av P og N.

Lokalitet Avrenningstype	Skjervnenbekken		Lautabekken		Maridalsvatnet	
	Tot-P kg/år	Tot-N kg/år	Tot-P kg/år	Tot-N kg/år	Tot-P kg/år	Tot-N kg/år
Dyrka mark	7.0	310	28.0	1240	182	8060
Skog/Annet areal	6.0	250	18.6	775	1474	61425
Avsetn. på vannfl.					74	3700
Tilsammen	13.0	560	46.6	2015	1730	73185

Arealavrenningen fra skog varierer geografisk sett. Den vil dessuten variere med tiden, avhengig av blant annet klimatiske og meteorologiske forhold. Kunstgjødsele spres på tidspunkter som er mest mulig gunstig for jordbruket. Klimatiske forhold (regnskyll) kan imidlertid føre til stor utvasking i enkelte tilfeller. Variasjoner i tilførsler over året vil i stor grad være avhengig av gjødslingstidspunkt og meteorologiske forhold. Variasjonene kan også være store fra år til år, først og fremst på grunn av variasjoner i nedbørforholdene.

Ut fra årlig vanntilførsel (NVE, 1989) og teoretisk fosfor- og nitrogenbelastning, kan gjennomsnittlige konsentrasjoner i bekkene beregnes som følger:

Skjervnenbekken:	13.0 kg P /	$0.66 \times 10^6 \text{ m}^3 =$	19.7 $\mu\text{g P/l}$
- " -	560 " N /	$0.66 \times 10^6 \text{ m}^3 =$	848 $\mu\text{g N/l}$
Lautabekken :	46.4 kg P /	$2.11 \times 10^6 \text{ m}^3 =$	22.0 $\mu\text{g P/l}$
- " -	2015 " N /	$2.11 \times 10^6 \text{ m}^3 =$	955 $\mu\text{g N/l}$
Maridalsvatnet:	1730 kg P /	$184.4 \times 10^6 \text{ m}^3 =$	9.4 $\mu\text{g P/l}$
- " -	73185 " N /	$184.4 \times 10^6 \text{ m}^3 =$	397 $\mu\text{g N/l}$

For fosfor var gjennomsnittet av analyseresultatene fra Skjervnenbekken (st. 1D/E) i 1989 og 1991 h.h.v. 10 og 17 $\mu\text{g P/l}$, i Lautabekken 9 og 11 $\mu\text{g P/l}$. For nitrogen var tilsvarende verdier 887 og 948 $\mu\text{g N/l}$ (Skjervnenbekken) og 824 og 818 $\mu\text{g N/l}$ (Lautabekken). Dette kan tyde på at de beregnede fosfortilførsler ifølge måleresultatene var noe høye og også nitrogentilførslene i Lautabekken, mens beregnet tilførsel av nitrogen var lavere enn gjennomsnittet av målte verdier

for Skjervensbekken. Etter 1989-sesongen ble det antatt at gjennomsnittsverdiene, særlig for fosfor, ville være høyere i en mer nedbørrik sommer (erosjon). I 1990 var gjennomsnittstallene både for fosfor og nitrogen høyere enn foregående år og høyere enn de beregnede verdier. Juliprøvene hadde avgjørende betydning i denne sammenheng. Gjennomsnitt for de tre undersøkelsesårene var for Skjervensbekken 16 $\mu\text{g P/l}$ og 985 $\mu\text{g N/l}$, for Lautabekken 18 $\mu\text{g P/l}$ og 880 $\mu\text{g N/l}$. Det er vanskelig å sammenlikne resultatene da de teoretiske beregninger viser et årgjennomsnitt, mens måleresultatene er fra en bestemt periode i et bestemt år. Det er derfor ikke sannsynlig at gjennomsnittet av måleresultatene kan være representativt som årgjennomsnitt. På denne bakgrunn må måleresultatene og de teoretiske verdier kunne sies å stemme overens i rimelig grad.

For Maridalsvatnet er det beregnet stofftap fra jordbruk, skog og andre arealer, samt atm. tilførsel direkte på vannflaten. Det vil derfor i tillegg tilføres noe fra menneskelige aktiviteter som bosetning og friluftsliv. Videre er det for enkelt å beregne totale tilførsler fra jordbruket ved hjelp av teoretiske koeffisienter. Selv om gårdbrukerne i Maridalen i vesentlig grad driver med korndyrking, er driften mer variert. Grønnsak- og jordbærproduksjon kan nevnes i denne sammenheng. Det er også eksempler på "gammeldags gårdsdrift" med husdyrhold, bl.a. ku, gris, høns og hest. Det vanligste husdyret er antakelig hest, som fins på flere gårder, også oppstallet for "utenbygds" eiere. Hvorvidt eller i hvor stor grad disse aktiviteter er av forurensningsmessig betydning, er ikke vurdert. Å utarbeide et mer fullstendig forurensningsbudsjett for Maridalsvassdraget har ikke vært mulig innenfor dette prosjektet, men vil være interessant og etter vår mening svært nyttig.

Overnevnte forhold tatt i betraktning ser de beregnede tilførsler for Maridalsvatnet ut til å være av rimelig størrelsesorden. Ifølge tidligere undersøkelser av NIVA (1963-1984) og nyere observasjoner i regi av Oslo vann- og avløpsverk (Holtan og medarb., 1989) varierer fosforkonsentrasjonene i overflate- og dyplag og over året for det meste fra 4 til 6 $\mu\text{g P/l}$. Ifølge overnevnte observasjonsserier økte nitrogeninnholdet i Maridalsvatnet, som i andre ferskvannslokaliteter, i 70- og 80-årene, fra 260 (1967) til 500 $\mu\text{g N/l}$ (1986). Da den menneskelige aktiviteten i nedbørfeltet er beskjedent, vannklosetter er forbudt, og jordbruksarealene i forhold til nedbørfeltets størrelse er små, er det antatt at nitrogenøkningen her i vesentlig grad skyldes økt atmosfærisk nedfall (avgasser fra biltrafikken i Oslo-området og langtransporterte luft- og nedbørforurensninger). "Nedbørundersøkelsen" i 1989, hvor aktuell nitrogen-tilførsel var større enn teoretisk antatt, kan tyde på dette.

Beregnet tilløpskonsentrasjon for fosfor ligger noe høyere enn det som er målt i innsjøen (9 i forhold til ca. 4-6 $\mu\text{g P/l}$), selv om de menneskelige aktiviteter ikke inngår i beregningen. Tatt i betraktning tilbakeholdelse av fosfor i innsjøene oppstrøms, som for enkelte innsjøer kan være i område 30 til 50 %, antas tilførselsanslaget å gi et rimelig bilde av situasjonen. M.h.t. nitrogen vil også noe holdes tilbake, men dette er mer usikkert. Det antas at nitrogentilførselen til Maridalsvatnet som til Skjervnbekken, er høyere enn det som fremgår av beregningen.

For å få fram P- og N-avrenningen fra jordbruket i nærområdene til Maridalsvatnet har vi benyttet differansen mellom måleresultatene fra Skjervnbekken opp- og nedstrøms åkerarealet (s. 19 og s. 24). Omregnet til jordbrukstilførsler fra Skjervnbekken til Maridalsvatnet utgjorde dette for årene 1989 - 1991 h.h.v. 3.5, 9.5 og 3.5 kg P/år, 70, 265 og 195 kg N/år. På denne bakgrunn er tilførslene til Maridalsvatnet fra jordbruket i Maridalen de enkelte år beregnet til h.h.v. 90, 240 og 90 kg P/år, 1820, 6900 og 5100 kg N/år, dvs. i gjennomsnitt 140 kg P og 4600 kg N/år. Nitrogenavrenningen fra jordbruket synes lav i forhold til teoretisk beregnet budsjett. De store variasjonene fra år til år gjør bl.a. som tidligere nevnt, sammenlikningen vanskelig. Det kan likevel være rimelig å anta at fosforavrenningen fra jordbruket til Maridalsvatnet i et normalår kan ligge i område 150-200 kg. Dette vil tilsvare kloakkvann fra ca. 250 - 300 personer. For nitrogen vil et anslag være mer usikkert.

Ved hjelp av vannføringsdata fra Skjervnbekken og Grytebekken og kjemiske analyseresultater, er det foretatt materialtransportberegninger pr. måned og totalt i perioden april - november 1989, april - september 1990 og mars - desember 1991. Tabell 7 angir transportverdier i middel for næringssaltene fosfor og nitrogen for Skjervnbekke oppstrøms Maridalsvatnet (st. 1D/E) og Lautabekk ved Maridalen kapell (st. 2A).

Som vist gir månedsverdiene et klart bilde av vannføringens og dermed nedbørens betydning for stofftransporten, og angir tilførslenes størrelse i undersøkelsesperioden. Selv om gjennomsnittsverdiene for fosfor og nitrogen var høyere i 1990 enn i 1989 og 1991, var materialtransporten lavere. Særlig har april-vannføringen i de 3 årene hatt betydning. Av samme grunn som ovenfor kan disse verdier naturlig nok heller ikke sammenliknes med teoretisk beregnet årsbudsjett.

Tabell 7. Materialtransport (næringsstoffer) 1989-1991.

	Lautabekken																	
	Skjervnebekken						Lautabekken											
	Tot-P (kg P)			Tot-N (kg N)			Vannføring mill. m ³ /mnd.			Tot-P (kg P)			Tot-N (kg N)			Vannføring mill. m ³ /mnd.		
	1989	1990	1991	1989	1990	1991	1989	1990	1991	1989	1990	1991	1989	1990	1991	1989	1990	1991
April	1,2	0,8	0,6	102	73	42	0,114	0,086	0,036	2,2	1,1	1,3	229	150	112	0,308	0,185	0,114
Mai	0,4	0,1	0,03	25	2	1	0,032	0,004	0,004	1,4	0,4	0,1	111	20	8	0,047	0,028	0,013
Juni	0,1	0,1	0,5	10	3	71	0,010	0,008	0,027	0,3	0,3	1,6	28	21	76	0,034	0,029	0,086
Juli	0	0,3	0,2	4	11	2,2	0,003	0,010	0,010	0,1	2,8	0,3	10	52	17	0,013	0,049	0,031
Aug.	0,5	0,1	0,02	18	2	0,3	0,024	0,005	0,001	3,0	1,1	0,05	168	38	2	0,047	0,033	0,003
Sept.	0,1	0,1	0,4	5	4	11	0,010	0,010	0,009	0,6	2,1	0,4	49	82	26	0,080	0,064	0,029
Tils.	2,3	1,5	1,75	164	95	127,5	0,193	0,123	0,087	7,6	7,8	3,75	595	363	241	0,529	0,388	0,276
Mars			0,6			46			0,023			1,25			98			0,072
Okt.	0,2		1,05	16		46	0,019		0,043	0,8		0,8	75		85	0,116		0,129
Nov.	0,9		0,7	61		45	0,060		0,074	2,4		1,4	245		213	0,218		0,235
Des.			0,2			16,5			0,025			0,7			61			0,110
Tils.			4,3	241		281	0,272		0,252	10,8		7,9	915		698	0,863		0,822

5. LITTERATUR

- Berge, D. og Torsten Källqvist, 1990: Biotilgjengelighet av fosfor i jordbruksavrenning sammenliknet med andre forurensningskilder. NIVA-rapport - løpenr. 2367. 130 s.
- Berge, D. og G. Holtan (in prep.) Reg. koeffisienter for beregning av atmosfærisk tilførsel (P, N og TOC), bl.a. for Maridalsvatnet. NIVA-prosjekt: E-89485.
- Bradford, M.E. and R.H. Peters, 1987: The relationship between chemically analyzed phosphorus fractions and bioavailable phosphorus. *Limnol. Oceanogr.*, 32 (5), side 1124-1137.
- DNMI, 1991: Nedbørdata fra Maridalsoset i Oslo for årene 1989 - 1991, samt Nedbørnormaler 1931-1960. 14 s.
- Holtan, G. og P. Brettum, 1989: Kontrollundersøkelse av Maridalsvatnet. Årsrapport 1988. NIVA-rapport - Løpenr. 2186. 14 s.
- Holtan, G. og H. Holtan, 1990-91: Avrenning fra jordbruksområder i Maridalen. Årsrapporter 1989 (l.nr.2496) og 1990 (l.nr. 2663).
- Holtan, H. og S. Åstebøl, 1990: Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder. Rev. utg. NIVA-/JORDFORSK-rapport: 0-892301. Løpenr. 2510. 53 s.
- Krogstad, T. og Ø. Løvstad, 1989: Erosion, phosphorus and phytoplankton response in rivers of South-Eastern Norway., *Hydrobiologia* 183, side 33-41.
- NVE, 1991: Hydrografiske undersøkelser i Norge. Hydrografisk materiale for perioden 1967- 1991 fra Grytebekken i Maridalen.
- Oslo helseråd, 1986: Vegetasjonskart over Oslo. Kartblad C0047 Maridalen.
- Rusten, Ø.H. og Cees Bronger, 1983: Maridalen. Botanisk undersøkelse av verneverdier. Rapport fra Oslo helseråd. Kontoret for natur- og miljøvernsaker. 115 s.
- Rørslett, B. og E. Lydersen, 1980: Vegetasjonskartlegging av noen vannforekomster i Oslo. NIVA-rapport - løpenr. 1180. 11 s. + vedlegg.
- Uhlen, G. og H. Lundekvam, 1988: Avrenning av Nitrogen, fosfor og jord fra jordbruk 1949 - 1979/88. SEFO-rapport nr. 7. ÅS-NLH. 31 s.

- Tabell IA. Kjemiske analyseresultater fra st. 1A (skogavrenning) og 1D (nedstrøms limnigraf) i Skjervenbekken
- Tabell IB. Kjemiske analyseresultater fra stasjonene i Lautabekken, 2A (oppstrøms utløp Maridalsvatnet) og 2B (Hauger)
- Tabell II. Parametre, deteksjonsgrenser og analysemetodikk

Tabell II. Parametre, deteksjonsgrenser og analysemetodikk.

Parameter	Deteksjonsgrenser	Analysemetodikk
Total fosfor (Tot-P) $\mu\text{g/l}$	1.0 $\mu\text{g/l}$	NS 4725
Total "løst" P (TLP) $\mu\text{g/l}$	1.0 $\mu\text{g/l}$	NS 4725 (membran- filter 0.45 μm)
Orto fosfat ($\text{PO}_4\text{-P}$) $\mu\text{g/l}$	0.5 $\mu\text{g/l}$	NS 4724
Total nitrogen (Tot-N) $\mu\text{g/l}$	2.0 $\mu\text{g/l}$	NS 4743
Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) $\mu\text{g/l}$	1.0 $\mu\text{g/l}$	NS 4745
Ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) $\mu\text{g/l}$	1.0 $\mu\text{g/l}$	NS 4746
Tørrstoff (STS) mg/l	0.1 mg/l	*
Gløderest (SGR) mg/l	0.1 mg/l	*
Kjem. oksygen- forbruk (CODmn) mg/l	0.5 mg/l	NS 4759
Total karbon (TOC) mg/l	0.1 mg/l	**

*

I prinsippet følges NS 4764, men det filtreres så mye vann som praktisk mulig.

** Analysen fortas etter en kombinasjon av peroxodisulfat- og UV-oppslutning (Instrumentell metode).

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2210-3