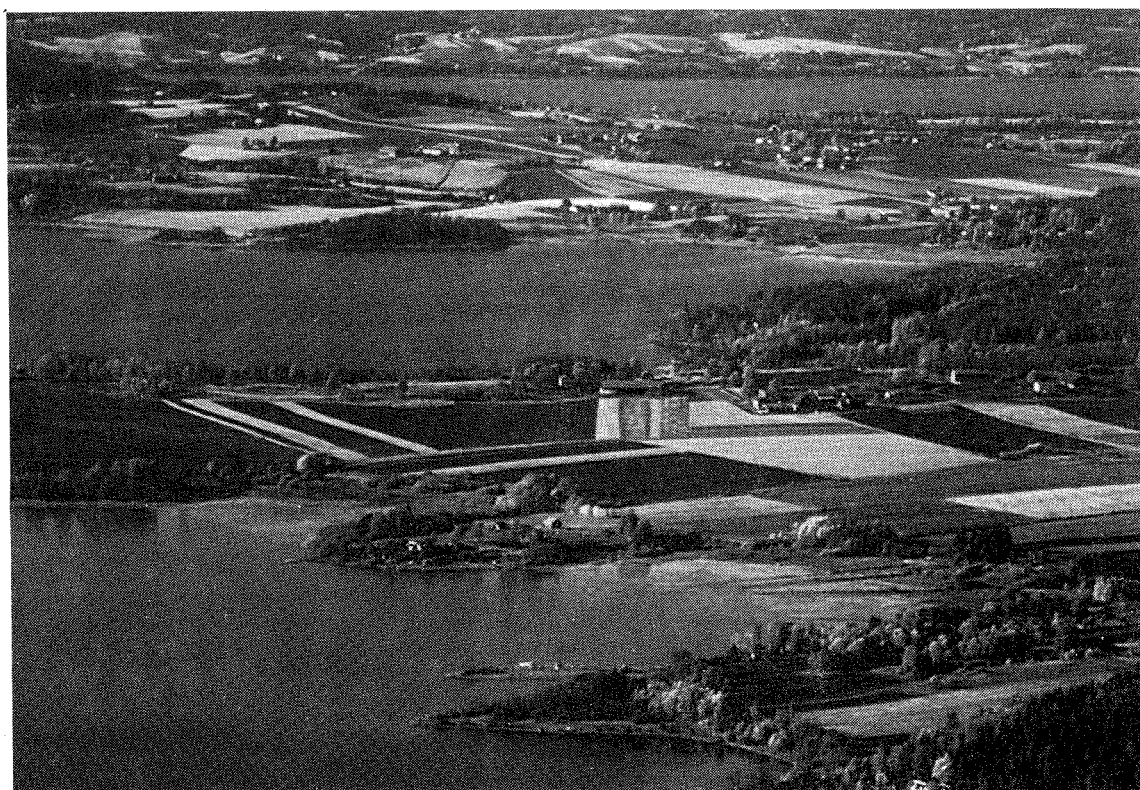


O-85170

Fosfortilførsler

fra landbruk
og betydning
for
eutrofiering i
norske
vassdrag



Forsidefoto:

Øverst Dag Berge
Under Svein Grønvold

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor
Postboks 333
0314 Oslo 3
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen
Grooseveien 36
4890 Grimstad
Telefon (041) 43 03 3

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 75 2

Vestlandsavdelingen
Breiviken 2
5035 Bergen - Sandviken
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.: 0-85170
Undernummer:
Løpenummer: 2090
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Fosfortilførsler fra landbruk og betydningen for eutrofiering i norske vassdrag	Dato: 19.12. 1987
	Prosjektnummer: 0-85170
Forfatter (e): Arne H. Erlandsen Lars Lingsten	Faggruppe: Vassdrag
	Geografisk område: Generelt
	Antall sider (inkl. bilag): 95

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Eksisterende data om fosfortilførsler fra landbruk og betydningen for eutrofiering i norske vassdrag er kartlagt. Det organiske stoffets betydning er også forsøkt belyst, mens nitrogenets rolle ikke er vurdert i denne omgang. Rapporten inneholder en generell beskrivelse om vannforurensning i jordbruksområder, brukerkonflikter samt en regional oversikt over vassdrag som er påvirket av jordbruksforurensning.
--

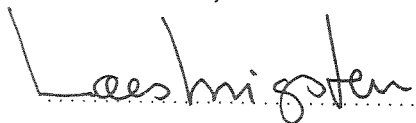
4 emneord, norske:

1. Landbruksforurensning
2. Fosfor
3. Eutrofiering
4. Blågrønnalger

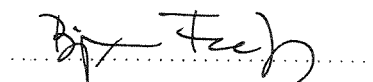
4 emneord, engelske:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Prosjektleder:



For administrasjonen:



ISBN - 82-577-1361-9

Norsk Institutt for Vannforskning
Oslo

0-85170

FOSFORTILFØRSLER FRA LANDBRUK
OG BETYDNING FOR EUTROFIERING I NORSKE VASSDRAG

dato: 19. desember 1987
Saksbehandlere: Arne H. Erlandsen
Lars Lingsten

Medarbeidere : Dag Berge
Bjørn Faafeng
Gjertrud Holtan
Marit Mjelde

FORORD

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) fikk i oppdrag av Statens forurensningstilsyn (SFT) å utrede hvilke forsknings- og utredningsoppgaver som bør iverksettes for å kartlegge den eutrofierende virkningen av fosfor fra jordbruksaktiviteter i vassdrag.

Til hjelp med dette arbeidet ble det nedsatt en prosjektgruppe som har bestått av:

Jim Bogen, Vassdragsdirektoratet, NVE
Anne Lill Gade, Statens forurensningstilsyn
Tore Krogstad, Institutt for jordbunnsforskning, NLH
Øivind Løvstad, Limnokonsult
Steinar Sanni, Rogalandsforskning
Knut Lehre Seip, Senter for industriforskning
Reidun Aaker, Institutt for geoteknikk- og
forurensningsforskning, GEFO, NLH

I dette prosjektet "Virkninger av partikkelbundet fosfor fra landbruks virksomhet" har oppgaven vært å avklare fosforets rolle som forurensende faktor. På grunn av det kompliserte samspillet mellom eutrofiering og saprobiering, er også effekten av tilførslene av organisk materiale også forsøkt belyst. Nitrogenets rolle er i denne omgang ikke vurdert. Senere ble NIVA og SFT enige om at det materialet som kom fram i det prosjektet, skulle innarbeides i prosjektet "Virkninger av landbrukstilførsler på innsjøer og vassdrag".

Cand. mag. Gjertrud Holtan har hatt ansvaret for kapittel 5 og 6 samt vedlegget. Distrikthøyskolekandidat Marit Mjelde har bearbeidet en vesentlig del av datamaterialet til vedlegget. Cand. real. Dag Berge har skrevet deler av avsnittene om fosforets biotilgjengelighet og partikkelbundet fosfor. Cand. real. Bjørn Faafeng har bistått med gjennomlesning og kommentarer til rapporten.

Fram til oktober 1986 var Cand. real. Arne H. Erlandsen, NIVA, prosjektleder, deretter Fil. kand. Lars Lingsten.

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

Seksjon	Side
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	5
2. INNLEDNING	7
2.1 Bakgrunn og hensikt	7
2.2 Problemer med manglende datagrunnlag	8
3. GENERELT OM VANNFORURENSNING	9
3.1 Innledning	9
3.2 Fosfor fra jordbruksarealer	11
3.2.1 Fosfor bindes til jordpartikler	11
3.2.2 Erosjon av åpen åker	12
3.3 Rennende vann	13
3.3.1 Begroing	14
3.3.2 Partikler i elver	14
3.4 Innsjøer	15
3.4.1 Innsjøer som fosforfeller	15
3.4.2 Partiklene sedimenterer i innsjøer	16
3.4.3 Fosforets biotilgjengelighet	16
3.4.4 Kjemiske analysemetoder for fosfor	19
3.4.5 Giftige blågrønnalger	20
3.4.6 Høyere vegetasjon	22
3.4.7 Modeller	23
4. DE VANLIGSTE FORURENSNINGSPROBLEMENE I JORDBRUKSOMRÅDER	25
4.1 Eutrofiering - overgjødsling	25
4.2 Saprobiering	25
5. VANNFOREKOMSTTYPER OG FORURENSNINGSPROBLEMENE I JORDBRUKSOMRÅDER	28

Seksjon	Side
5.1 Generelt	28
5.2 Regional oversikt	31
5.2.1 Østfold, Akershus og Vestfold	32
5.2.2 Hedmark, Oppland og Buskerud	33
5.2.3 Telemark, Aust- og Vest-Agder	33
5.2.4 Rogaland	34
5.2.5 Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal	34
5.2.6 Sør- og Nord-Trøndelag	35
5.2.7 Nordland, Troms og Finnmark	35
6. BRUKERKONFLIKTER	42
6.1 Generelt	42
6.2 Regional oversikt	43
6.2.1 Østfold - Akershus - Vestfold	43
6.2.2 Buskerud - Hedmark - Oppland	44
6.2.3 Telemark - Aust-Agder - Vest-Agder	47
6.2.4 Rogaland	47
6.2.5 Hordaland - Sogn og Fjordane - Møre og Romsdal	47
6.2.6 Sør- og Nord-Trøndelag	47
6.2.7 Nordland - Troms - Finnmark	48
7. FORSLAG TIL VIDERE ARBEID	52
7.1 Generelt	52
7.2 Statistiske data, avrenningsmodeller	52
7.3 Erosjonsmateriale - kjemiske egenskaper	53
7.4 Erosjonsmaterialets biotilgjengelighet i elver	55
7.5 Erosjonsmaterialets sedimentering i innsjøer	56
7.6 Erosjonsmaterialets vekststimulerende egenskaper	57
7.7 In-situ forsøk	57

<u>Seksjon</u>	<u>Side</u>
7.8 Alger - vekstfaktorer og miljøkrav	57
7.9 Høyere vegetasjon og begroing	58
8. LITTERATUR	60
9. VEDLEGG	72

1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Eksisterende data om fosfortilførsler fra landbruk og betydningen for eutrofiering i norske vassdrag er kartlagt. Det organiske stoffets betydning er også forsøkt belyst, mens nitrogenets rolle ikke er vurdert i denne omgang.

Mesteparten av grunnlagsmaterialet som denne rapporten bygger på er samlet inn for andre formål, f.eks finnes det mange innsjøer med giftige blågrønnalger der det mangler data for algevolum og data for forureningstilførsler (særlig over jordbruk) og vise versa. Materialet er for lite og for heterogent for en statistisk bearbeiding.

Det mangler også data for oppdeling av dyrket mark, dvs. oppdeling mellom korn-, grønnsak- og grassproduksjon. Dette materialet er nødvendig å ha for forståelsen av forskjeller i avrenningen fra ulike typer av jordbruksmark. Det mangler også data over gjødsellagrenes tilstand, status for silokontrollen, omfang av høst- og vintergjødsling, avrenning og tilgjengelighet i forskjellige områder og ved forskjellige driftsformer og forskjellig klima.

De vanligste vannforekomsttyper som er betydelig forurenset fra jordbruksområder, er grunne innsjøer som ligger i områder med marine avleiringer (Østfold, Akershus, Vestfold, indre deler av Østlandet og Trøndelag) eller på Jæren hvor det er mer morenepreget jord. I dette siste området er husdyrhold særlig intensivt.

Oppblomstring av blågrønnalger ser generelt ut til å være et større problem i områder med husdyrproduksjon enn i områder med kornproduksjon, men det kan også oppstå masseforekomst av blågrønnalger i områder med kornproduksjon sammen med stor belastning av husholdningskloakk.

Fra en undersøkelse i nordiske innsjøer av blågrønnalger ble det bearbeidet data fra 13 innsjøer som er påvirket av jordbruksaktivitet. Av disse 13 innsjøene ble de påvist giftproduserende blågrønnalger i kun 7. Betydningen av organisk materiale for oppblomstring av blågrønnalger er uvisst, men det ser ut til at innsjøer som er påvirket av husdyrproduksjon eller husholdningskloakk oftere har masseforekomst av blågrønnalger enn innsjøer i rene kornproduksjonsområder.

Normalt vil høyere vegetasjon virke som en fosforfelle ved at nærings-

stoffer som transporteres fra land ut mot vassdraget omsettes og lagres. Når plantene råtner ned om høsten kan de derimot frigjøre fosfor til vannet, men undersøkelser i Steinsfjorden har vist at invasjonen av vasspest ikke har ført til noen generell øking i fosforkonsentrasjonen.

Det finnes foreløpig ikke noe generelt svar på om eutrofiering kan utvikles til et problem i vassdrag som bare mottar erosjonsmateriale fra jordbruksområder. Det er imidlertid ingen tvil om at fosfor som er adsorbent til erosjonsmateriale fra jordbruksområder virker stimulerende på algevekst, mens i naturlig erosjonsmateriale, som f.eks. bre-slamm, er fosforet sterkt bundet og nærmest utilgjengelig for biologisk vekst.

Tidspunktet for erosjonen har betydning. Komarealene ligger åpne, uten noen form for vegetasjonsdekke store deler av året, gjerne fra slutten av august til midten av mai. I denne perioden er jorda særlig sårbar for erosjon. Ofte kommer de største avrenningsepisodene i denne perioden, som regel i forbindelse med snøsmelting og høstregn.

I innsjøer vil erosjonsmaterialet samles opp og det fineste materialet vil kunne holdes svevende i lang tid etter at erosjonsflommen er over. Erosjonsmaterialet vil således direkte kunne stimulere algeveksten i innsjøer i lang tid etter at erosjonen har skjedd, særlig hvis erosjonsmaterialet kommer fra jordbruksområder med høy fosforverdi i jorden. Dessuten kan materialet som sedimenterer på grunnere områder, resuspenderes ved vind og bølgeaktivitet, og på den måten tilbakeføres til produksjonssjiktet.

Siden de mest intense erosjonsepisoder vanligvis inntreffer vår og høst, dvs. før eller etter vassdragenes produksjonssesongen, blir det antatt at denne partikkelforurensningen ikke betyr så mye i rennende vann. Men til en viss grad vil jorderosjonen kunne sedimentere i rolige elvepartier, som bakevjer og meandere og danne næringsrikt substrat egnet for makrovegetasjon. Således vil erosjonen kunne påskynde gjengroing, som i flere tilfeller skaper problematiske demningseffekter. Forandringer i erosjonsmønsteret eller økt erosjon kan ødelegge gyteplasser for fisk, særlig laksefisk.

2. INNLEDNING

2.1 Bakgrunn og hensikt

I forbindelse med handlingsplanen mot landbruksforurensning utprøves tiltak mot arealavrenning i jordbruket. Sammensetningen av avrenningsvannet fra ulike typer dyrka mark studeres og det lages modeller for hva som skjer med fosforet i ulike typer dyrka mark og ved ulike tiltak. Hva som skjer med næringsstoffene fra jordbruksvirksomheten når de kommer ut i vassdragene, vil imidlertid ikke klarlegges ved denne forskningsaktiviteten.

Det er i vassdragene, som er mottager for disse næringsstoffene, at problemene oppstår. I mange vassdrag er det behov for å gjennomføre tiltak både for å redusere problemene samt å hindre at nye forurensningsproblemer oppstår. Når tiltak skal settes i verk, bør en kjenne effekten av de ulike tilførselene i resipientene for å kunne prioritere de mest kost-effektive tiltakene.

Statens forurensningstilsyn ønsker i første omgang en oversikt over hva som kreves av kunnskap for å forutsi effekten i et vassdrag av en gitt fosfortilførsel fra jordbruksaktivitet.

I prosjektet "Virkninger av partikkelbundet fosfor fra landbruks virksomhet" har oppgaven vært å avklare fosforets rolle som forurensende faktor. På grunn av det kompliserte samspillet mellom eutrofiering og saprobiering, er også effekten av tilførselene av organisk materiale forsøkt belyst. Nitrogenets rolle er i denne omgang ikke vurdert. Senere ble NIVA og SFT enige om at det materialet som kom fram i det prosjektet, skulle innarbeides i prosjektet "Virkninger av landbrukstilførsler på innsjøer og vassdrag".

Hensikten med disse prosjektene var:

- å kartlegge kunnskapsgrunnlag og kunnskapsmangler og utfra dette lage et forslag til delprosjekter som samlet skal gi en metode for å forutsi virkningen av P-tilførsel fra landbruksvirksomhet.
- å analysere hvilke vannforekomsttyper som særlig finnes i jordbruksområder og hvilke driftsformer og vannforekomsttyper som gir hvilken forurensning (kvantitativt og kvalitativt).

Utfra disse analysene skulle en komme frem til:

- valg av problemvassdrag for oppfølging av gjennomføring av tiltak.
- om makrovegetasjon er noe forurensningsproblem
- om organisk materiale har betydning for oppblomstring/forekomst av giftige blågrønnalger.
- om eutrofiering er et problem i vassdrag som bare mottar erosjonsmateriale fra jordbruksområder.

Målsettingen er ambisiøs fordi problemområdet er komplekst, men rapporten munner ut i en anbefaling om en del felter som bør prioriteres i det videre arbeidet.

2.2 Problemer med manglende datagrunnlag

Mesteparten av grunnlagsmaterialet som denne rapporten bygger på er samlet inn for andre formål, slik at det er store mangler i datamaterialet, f.eks

- for en rekke berørte vassdrag mangler målte og teoretiske verdier for tilførsler fra landbruksforurensning
- oppdeling av dyrket mark, dvs. betydningen av forskjellige driftsformer (korn-, grønnsaks- og grasproduksjon) mangler eller er ufullstendig
- samlet oversikt over gjødsellagrenes tilstand, status for silokontrollen, omfang av høst- og vintergjødsling finnes ikke
- mengde og sammensetning av avrenning og tilgjengelighet for algevekst i forskjellige områder og ved forskjellige driftsformer og klima.

I mange innsjøer med giftige blågrønnalger mangler det data for algevolum og data for forureningstilførsler (særlig over jordbruk) og vise versa. Materialet er for lite og for heterogent for en statistisk bearbeiding.

3. GENERELT OM VANNFORURENSNING

3.1 Innledning

Fosfor er det viktigste minimumselementene for algevekst i ferskvann. Derfor vil økt tilførsel av fosfor normalt føre til økt algevekst i et vassdrag. For å kunne kvantifisere effekten av en gitt fosfortilførsel i et vassdrag må en imidlertid kjenne de naturgitte forutsetningene for at denne tilførselen skal gi respons.

Problemet er komplisert fordi en gitt belastning med totalfosfor ikke gir samme respons i forskjellige vassdrag. Ulike fysisk-kjemiske og biologiske prosesser foregår kontinuerlig i et vassdrags nedbørfelt og påvirker det geokjemiske kretsløpet som fosfor er en del av. En god del er kjent, men ennå gjenstår det mye forskning før en kan kvantifisere de ulike prosessene.

Forurensning fra landbruk har ført til uønsket eutrofiering, saprobiering og partikkelforurensning i vassdrag og kystområder i mange land. Faglitteraturen på dette området er omfattende. Under følger noen utvalgte eksempler på undersøkelser fra endel land:

Miller og medarb. 1982	Canada
Hobrough 1980	England
Kauppi 1984 a,b	Finland
Toner 1987	Irland
Rinaldo og Marani 1985	Italia
Sharples og Syers 1979	New Zealand
Kajak 1980	Polen
Martinez 1978	Spania
Ulén 1981	Sverige
Nazarov og Kusnetzow	Sovjetsamveldet
Babenerd og Zeitzschel 1985	Vest-Tyskland
Moore og Madison 1985	USA

Forurensningsproblemen varierer imidlertid sterkt fra land til land med en rekke forhold (klima, jordsmonn, type avling, mekaniseringsgrad, bruk av handelsgjødsel osv). Erfaringene fra andre land er derfor av begrenset verdi for norske forhold.

Det er særlig fagmiljøet med tilknytning til Norges Landbrukshøgskole på Ås, landbruksskolene og Statens forskningsstasjoner som har studert landbruksforurensninger i Norge (Bergheim og Snekvik 1975/76, Bjerve 1981 a og b, Lundekvam 1977 og 1981, Njøs og Hove 1984, Rognerud 1985, Uhlen 1978 og 1985). Det er også gjennomført målinger i en rekke vassdrag som er forurenset av landbruksaktiviteter (se f.eks. Dahl og Arnesen 1982, Faafeng og medarb. 1985, Holtan 1971 og 1973, Rognerud og medarb. 1979).

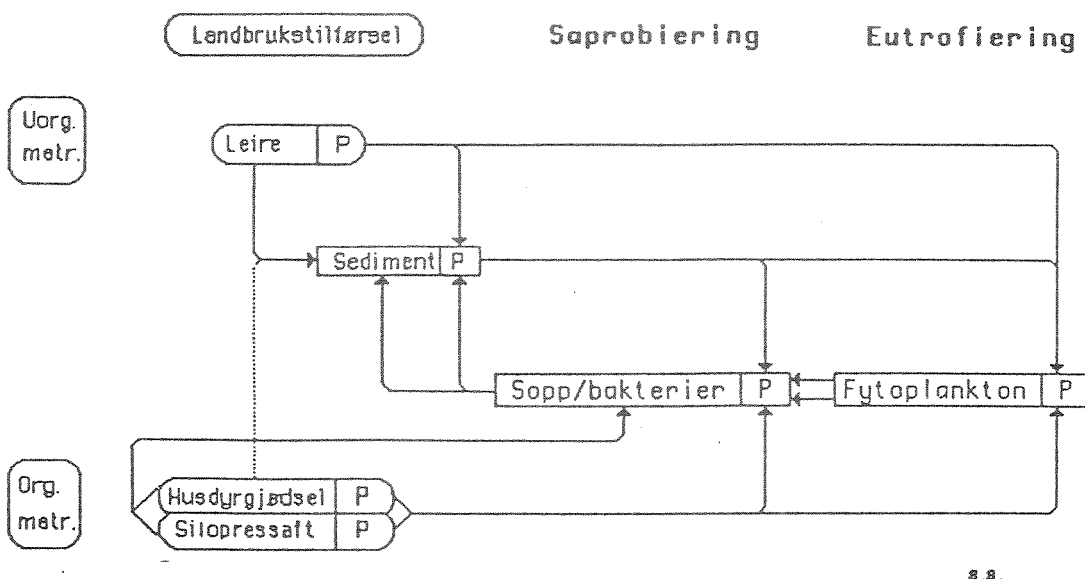
Berge og Traaen (1985) har stilt sammen foreliggende kunnskaper om forurensning fra skogbruk.

Forurensning fra landbruk i Norge er også behandlet i flere utredninger (Landbruksdepartementet 1984 og 1986).

Avrenning av fosfor i ulike typer dyrka mark blir studert i et forskningprosjekt som gjennomføres i regi av GEFO. Hva som skjer med fosforet etter at det kommer ut i vassdragene er imidlertid ikke studert systematisk i Norge.

Uorganisk materiale (vesentlig leire) og organisk materiale (vesentlig fra pressaft og husdyrgjødsel) er de viktigste bærerne av fosfor til vassdragene. Disse bærerne er også sentrale i fosforets transport i vassdragene, idet fosfor bundet til disse forbindelsene kan frigjøres og gjøres tilgjengelig for algevekst eller bindes f.eks til sedimentene.

Hovedtrekkene ved de prosessene som inngår i fosforomsetningen i vann er til en viss utstrekning kjent og kan grovt framstilles skjematisk som i figur 1.



Figur 1. Forenklet, skjematisk oversikt over de viktigste transportveiene i vann for fosfor fra jordbruksvirksomhet (S. Sanni).

Effekten av disse fosfortilførslene vil avhenge av hva slags type vassdrag/økosystem fosforet tilføres.

3.2 Fosfor fra jordbruksarealer

3.2.1 Fosfor bindes til jordpartikler

Fosfor er knyttet til partikler på flere forskjellige måter, og den biologiske tilgjengeligheten for organismer i det omgivende medium varierer sterkt avhengig av bindingstypen. I naturlig erosjonsmateriale, som f.eks. breslam, er fosforet bundet i krystallenes gitterstruktur og nærmest utilgjengelig for biologisk vekst. Silt- og leiminnreraler fra jordbruksarealer derimot, har ofte store mengder fosfor adsorbent på overflaten. Konsentrasjonen av P på en slik partikkel er avhengig av konsentrasjonen i den omgivende væske. I jordvæsken på et kraftig gjødslet jorde kan fosforkonsentrasjonen være svært høy, og partikler som eroderes vekk vil være rike på fosfor. Når disse partikler kommer ut i vassdrag, vil de plutselig bli omgitt av betydelig mindre fosforrikt medium. Fosfor vil da løses fra partikkelen til ny likevekt har oppstått. Særlig høye konsentrasjoner er det knyttet til de minste fraksjoner, slik som leirpartikler og leirkolloider. Silt og sand har lavere evne til å binde til seg fosfor.

Organisk materiale kan også inneholde fosfor hvis det er i en tidlig

nedbrytningsfase. Avlingsrester som havner i vassdraget kan således også gi eutrofieringseffekter. Mesteparten av avlingsrestene nedbrytes imidlertid på jordet, og frigjort fosfor vil i stor grad bindes til jordsmonnet, og først tapes via erosjon.

Gjødsling av kornarealer skjer vesentlig i forbindelse med såing om våren. Det er blitt mer og mer vanlig med dypgjødsling med såkalte kombisåmaskiner. Kunstgjødsla blir da liggende like under såkornet, og røttene vil få fatt i næringssaltene svært raskt. Normalt er det lite nedbør i denne perioden, og jordsmonnet har stor bindingskapasitet mht. fosfor. Er det derimot mye nedbør like etter såing (gjødsling), og jordsmonnet er mettet på fuktighet, vil vannet kunne transporteres via makroporesystemet og ta med seg mye av kunstgjødsla direkte til drengroftesystemet, og derfra ut i vassdraget.

Gjødsling med naturgjødsel skjer bare i liten grad på kornarealer, når man vurderer landet under ett. Men det er klart at om denne gjødselen kjøres ut på årstider da gjødslingseffekten er liten er mulighetene for vannforurensning stor.

Den årlige gjødselmengde som anvendes er normalt ca 3000 kgP/km². mens den årlige mengden som renner av normalt er fra 50-200 kgP/år. Selv om noe (anslagsvis 1500 kg) fjernes med avlingen, vil det som blir igjen i jorda i årenes løp medføre en oppkonsentrering. Etter hvert som mineraler og kolloider blir "mettet" av fosfationer, blir jordsmonnets bindingskapasitet redusert. Dvs. man må forvente en økt avrenning fra dyrkede arealer i fremtiden, hvis ikke den anvendte gjødselmengde reduseres betydelig. Dette bekreftes av målinger i bekker på Jæren som drenerer arealer som mottar store tilskudd av fosfor og nitrogen. Konsentrasjonen av fosfor i avrenningen er svært høy, og en betydelig del foreligger som lett tilgjengelig ortofosfat (Faafeng og medarb. 1985).

3.2.2 Erosjon av åpen åker

Tidspunktet for partikkelforurensningen er også av betydning. Kornarealene ligger åpne, uten noen form for vegetasjonsdekke store deler av året, gjerne fra slutten av august til midten av mai. I denne perioden er jorda særlig sårbar for erosjon. Ofte kommer de største avrenningsepisodene i denne perioden, som regel i forbindelse med snøsmelting og høstregn. Det er ikke uvanlig med synlige erosjonssår på jordene etter slike episoder, noe som vitner om betydelige tap av jordsmonn.

Siden de mest intense erosjonsepisoder vanligvis inntreffer vår og høst, dvs. før eller etter vassdragenes produksjonssesongen, blir det antatt at denne partikkelforurensningen ikke betyr så mye. Til en viss grad er nok det riktig, særlig i rennende vann. I flomperioder, når konsentrasjonen av erosjonsmateriale er størst, blir det ofte fysisk vanskelige forhold for fastvokste alge- og mosebegroinger. Dels blir lystilgangen dårlig, og dels blir begroingen revet løs. Dette siste kan føre til at elven får et mindre forurenset preg etter en flomperiode. I hurtigstrømmende elver vil heller ikke materialet få anledning til å sedimentere. Nedbørsperioder midtsommers er imidlertid nok så vanlig i Norge, og det kan skje betydelig erosjonstransport i jordbruksbekker selv etter at åkeren har spiret. Mindre erosjonsepisoder under moderat vannføringsøkning vil utvilsomt kunne stimulere begroing i elver.

Jorderosjonen vil kunne sedimentere i rolige elvepartier, som bakevjer og meandere og danne næringsrikt substrat egnet for makrovegetasjon. Således vil erosjonen kunne påskynde gjengroing, som i flere tilfeller skaper problematiske demningseffekter.

I innsjøer derimot, vil erosjonsmaterialet samles opp og det fineste materialet vil kunne holdes svevende i lang tid etter at erosjonsflommen er over. Erosjonsmaterialet vil således direkte kunne stimulere algeveksten i innsjøer i lang tid etter at erosjonen har skjedd. Dessuten kan materialet som sedimenterer på grunnere områder, resuspenderes ved vind og bølgeaktivitet, og på den måten tilbakeføres til produksjonssjiktet.

Når man snakker om erosjonstap fra jordbruksarealer tenkes det ofte på overflateavrenning. Dette skjer vesentlig ved kraftig snøsmelting og regnskyll. Imidlertid er det vanlig at en hver økning av vannføring i jordbruksbekker resulterer i en økning av partikkelkonsentrasjonen i vannet. Og særlig høye er konsentrasjonene på stigende vannføring. Vannet får et grumsete utseende. Nyere undersøkelser viser at det også skjer en betydelig partikkeltransport i drengroftene, og at konsentrasjonen også her øker ved økende vannføring. I drengroftene finner vi vesentlig finpartikulært, fosforrikt materiale.

3.3 Rennende vann

Elver kan klassifiseres i ulike typer ut fra naturgrunnet, med hensyn til geologi, jordtyper, vegetasjon, topografi m.m. i det aktuelle nedbørfeltet.

Strømhastighet, partikkeltetthet, partikkelstørrelse, klimatiske forhold og vannkvalitet utover næringssaltinnhold kan være avgjørende for hvordan en gitt fosforbelastning vil gi seg utslag med hensyn til algevekst. Alle disse faktorene fører til et komplisert samspill mellom ulike prosesser. Hvilke faktorer som er av størst betydning kan også variere.

3.3.1 Begroing

Påvekstalger (begroing), kan i mange elver representere store problemer. Erfaring viser imidlertid at det er liten sammenheng mellom fosforbelastning og mengde av begroingsalger. Andre faktorer som kan være avgjørende både for mengde og artssammensetning er f.eks. strømhastighet og temperatur (Lindstrøm 1983). Disse faktorene kan være avgjørende f.eks ved reguleringer av elver til vanning, kraftproduksjon etc. Ved klassifisering av trofigrad i elver på grunnlag av begroingssamfunnet, er indikatorarter som regel det beste hjelpemidlet. Det er gjerne en klar sammenheng mellom næringsbelastning og begroingstyper i vassdragene.

3.3.2 Partikler i elver

Dynamiske forhold i elveløpene innvirker på erosjonsprosesser/lagringsprosesser som har betydning for partikkeltransporten i vassdragene. Dette har igjen innvirkning på fosfordynamikken pga. partiklenes evne til å adsorbere fosfat.

Den innvirkning partikler har på lysklimat i vann er også av betydning. Høyt partikkelinnhold gir ikke nødvendigvis lav lysintensitet nede i vannet fordi uorganiske partikler har liten innvirkning på lysabsorpsjonen. Derimot sprer uorganiske partikler lyset i stor grad, såkalt scatteringeffekt. Organisk materiale absorberer imidlertid lyset i stor grad, og i vann med mye uorganiske partikler kombinert med mye løst organisk materiale, f.eks humus, vil lyset svekkes raskt.

Vanligvis er selvrensningsevnen i et vassdrag stor. Dette er særlig tilfelle i elver, hvor kontaktflaten mellom sedimentene og vannet er stor. I denne sammenheng spiller partiklene en vesentlig rolle. Flere undersøkelser har vist at erosjonsmaterialet endrer egenskaper etter at det kommer ut i vassdragene, blant annet synes evnen til å binde løst fosfor å øke (Krogstad under arbeid).

Jorderosjon er spesielt stor i områder under marin grense hvor det er mye leir- og siltjord. Fosfor er sterkt knyttet til det partikulære materialet, og i flomperioder med stor partikkeltransport er fosforet hovedsakelig bundet i den partikulære fraksjonen (Dahl og Arnesen 1982, Krogstad 1985). Dette partikulære materialet kan videre adsorbere mer fosfat og i flomperioder føre det langt ned i vassdraget, eventuelt helt ut i havet. De store flomtøppene i norske vassdrag er vår/høst, altså i en tid på året da den biologiske produksjonen er liten. På denne måten kan store fosformengder transporteres i et vassdrag uten at dette fosforet kan nyttiggjøres av plantene. Avhengig av forholdene kan fosfor igjen desorberes fra de partiklene som holdes tilbake i vassdraget og gjøres tilgjengelig for algevekst. Dette kan særlig skje i vann med lavt redokspotensiale (lite oksygen) eller høy pH.

Partikler kan også føre til nedslamming av, eller ha slipende effekt på begroing.

3.4 Innsjøer

3.4.1 Innsjøer som fosforfeller

Våre innsjøer har stor variasjon både m.h.p. størrelse og form. Noen er dype, noen er grunne, mens andre andre har en komplisert morfometri med både dype og grunne områder. Noen innsjøer er vindbeskyttet, mens andre er kraftig påvirket av vinder som fører til kraftige strømmer og turbulens i vannmassene samt bølgepåvirkning i strandsonen. Slike faktorer sammen med vannets oppholdstid i innsjøbassenget påvirker vannkvaliteten i innsjøene og kan være avgjørende for hvilke utslag i algevekst en gitt fosfortilførsel vil gi.

Normalt regnes en innsjø å fungere som en fosforfelle, dvs. det er mindre fosfor som føres ut av en innsjø via utløpet enn summen av det som tilføres via de ulike tilførsleene. Den andel som holdes tilbake i innsjøen kalles fosforretensjon. I denne sammenheng spiller innsjøens morfometri og sedimentene en avgjørende rollen. Av flere grunner er enkelte innsjøer mer sårbare enn andre bl.a. med hensyn til organisk belastning før retensjonskapasiteten overfor fosfor blir mindre (Berge 1987).

3.4.2 Partiklene sedimenterer i innsjøer

Men det er ikke bare utløsning av fosfor fra partikler som er avgjørende for hvilken betydning erosjonsfosfor fra jordbruksarealer har mht. stimulering av plantevekst i vann. Jordpartiklenes sedimenteringsegenskaper er også viktig. I innsjøer foregår planteproduksjon bare i det øverste sjikt der lyset kan trenge ned. Dette er ofte nært sammenfallende med temperatursprangsjiktet. I praktisk sammenheng er dette ned til 10 m eller grunnere. Jo mindre partiklene er, desto større mulighet har de til å holde seg svevende i dette sjiktet. Sand, og for en stor del også silt, vil sedimentere nær elvemunningen, mens leirpartikler og kolloider vil kunne fordele seg i produksjonssjiktet, og derigjennom stimulere algevekst.

Innsjøer med dårlige sirkulasjonsforhold eller med lang oppholdstid kan gjennomgå dramatiske endringer i oksygenregimet selv ved relativ beskjeden belastning med organisk materiale. Dette kan ha store konsekvenser for innsjøens interne fosforomsetning.

Den organiske belastningen kan enten være innsjøens egenproduksjon, i form av algemateriale, eller eksterne tilførsler. Vanligvis representerer algebiomasse det største bidraget, men det bør imidlertid gjøres nærmere undersøkelser som kan dokumentere betydningen av tilført, lett nedbrytbart organisk materiale på vannkvaliteten i innsjøer. Særlig viktig er dette å få belyst i innsjøer hvor ekstern organisk belastning representerer hovedbidraget av forurensningene, f.eks. utslipp fra meierier, silo og sagbruk. Det kan i denne sammenheng nevnes at Vurrusjøen ved Drevsjø og Stangnessjøen i Eidskog, hvor hovedbelastningen på innsjøen kommer fra sagbruksvirksomhet, har periodevis kraftige oppblomstringer av blågrønnalger (S.Rognerud pers. medd.)

3.4.3 Fosforets biotilgjengelighet

Vanligvis regner en at den fosforfraksjonen som måles som molybdatreaktivt fosfor er tilgjengelig for algenes vekst.

Hvor stor del av det partikulære fosforet som er tilgjengelig for algevekst er imidlertid lite kjent. En ting er hva som er tilgjengelig øyeblikkelig, såkalt korttidsrespons, noe annet - og umulig å svare på i dag - er hva som er tilgjengelig over tid.

I laboratorieforsøk med erosjonsmateriale fra elva Rømua på Romerike som er inngående studert i NLVF-prosjektet "Biologisk respons i

vassdrag", viste det seg at mer enn 50% og ofte opptil 90% av det partikulære fosforet som regel var reaktivt når sestonkonsentrasjonene var høye, dvs. i flomperioder med stor stofftransport. Ved lavere konsentrasjoner ($< 200 \mu\text{g}$ partikulært fosfor $\text{PP-P}\cdot\text{l}^{-1}$) var ofte mindre enn 50% og aldri mer enn 75 % av totalfosforet reaktivt. Ennå gjenstår det imidlertid forsøk som viser hvilken andel av det partikulære fosforet som er tilgjengelig for alger under naturlige forhold. Det er heller ikke klart om resultatene for Røymua kan gjøres gjeldende for vassdrag som ikke er så preget av erosjonsmateriale.

Algeresponsen er til enhver tid avhengig av algenes utgangsbio masse, algenes artssammensetning og veksthastighet, lysklimaet ved forskjellig turbiditet, farge og sirkulasjonsforhold i vannet. Desuten spiller vannets oppholdstid eller strømhastighet, og ikke minst fosforets konsentrasjon, tilførselshastighet og sedimentasjon i tid og rom en stor rolle (Løvstad 1984).

Løvstad og medarbeidere (Løvstad pers. medd.) fant at svært lite av den totale fosforbelastningen til elva Røymua gikk inn i plantep-lankton- biomassen. Algeoppblomstringer fant bare sted nederst i elva i juli/august når strømhastigheten var lav ($< 5\text{cm}\cdot\text{sek}^{-1}$) og lysforholdene var gode (siktedyp $> 0.5\text{m}$). På denne tiden av året var tilførselene av erosjonsmateriale små, og en stor andel av erosjonsmaterialet var enten sedimentert ut eller transportert videre ned i Glommavassdraget.

I Røymua var altså konsentrasjonen av partikulært fosfor og seston lavest i juli/august når algekonsentrasjonen var høyest. Bare 0.1 % av den årlige fosforbelastningen fant sted i denne perioden, mens ca. 75 % av den årlige fosforbelastningen fant sted under våravsmeltingen i april/ mai uten at dette ga seg utslag i høye algekonsentrasjoner.

I perioden 1978/80 gjennomførte man ved Universitetet i Uppsala et stort forskningsprosjekt under ledelse av Gunnar Persson, med sikte på å komme fram til metoder for å karakterisere biologisk tilgjengelig fosfor (se Persson et al. 1978, 1979 og Persson 1980). Så vidt vi kan se kom man ikke frem til noen enkel måte å bestemme dette på. Fra rapport nr 3 (Persson 1980) heter det: "Den biologiska tillgjengeligheten av partikulært fosfor er fortfarande okänd". En av hoved-svakhetene ved bioassay-metodikken som ble benyttet var at den bare beskrev tilgjengeligheten av løste fosforforbindelser. Resultatene fra dette prosjektet kan derfor ikke anvendes i særlig grad for å belyse hvor biologisk aktivt erosjonsfosfor fra jordbruksarealer er.

Resultatene fra algetester på partikulært fosfor varierer sterkt.

Dette kan ha sammenheng både med det partikulære materialets beskaffenhet og testmetodikken som er valgt. Det er viktig å skille mellom biomasse (utbytte) forsøk og veksthastighet forsøk. I litteraturen refereres det at fra 0 til over 80% av fosforet i suspendert minerogent materiale kan være tilgjengelig for alger (Golterman et al. 1969, Williams et al. 1980, Young & DePinto 1982, Hegemann et al. 1983). Grobbelar (1983) viste at mer enn 84% av fosfor adsorbent til uorganisk materiale kan være algetilgjengelig. Løvstad (1984) fant at det i elvene Rønmua, Nitelva og Leira på Romerike skjedde en algevekst som til tider var sterkt stimulert av partikulært fosfor. Imidlertid er disse resultatene vanskelige å tolke da det til de samme elvene også er betydelige utslipp av løste fosforforbindelser. Hans samarbeids partner, Tore Krogstad (1986), mener at erosjonsmaterialet fra jordbruksarealene i Rønuas nedbørfelt har liten biologisk betydning i Rønmua i forhold til de store mengdene som transporteres. Dette mener han har sammenheng med at transporten vesentlig skjer under flomperioder vår og høst. Han er imidlertid mer bekymret over betydningen av noe han kaller en "selektiv erosjon av fosforrike finpartikler" som transporteres til vassdraget via drenggrøfter. Denne transporten skjer også i lavvannsperioder.

Källqvist (1986) karakteriserte biotilgjengeligheten av et utslipp av partikulære fosforforbindelser fra Nork Hydros Kunstgjødsselfabrik på Herøya. Han utviklet der en metodikk som bør kunne anvendes, forutsatt at man kan sterilisere testvannet på en kjemisk sett ikke destruktiv metode. Dette bør kunne la seg gjøre ved hjelp av γ -stråling. Det er tatt kontakt med Institutt for energiteknikk (IFE) med henblikk på dette og innledende forsøk er gjennomført.

Hegemann et al. (1983) har sammenfattet mye av litteraturen som gjelder biotilgjengelighet av partikulært fosfor. Noen hovedpunkter av dette er gjengitt nedenfor.

Flere ulike testopplegg med alger er benyttet for å undersøke biologisk tilgjengelighet av fosfor. Vanligst er batch-kulturer med bestemte testalger, men også semi-kontinuerlige eller kontinuerlige kulturer og naturlige algesamfunn er benyttet. Testene kan enten utføres med algene i direkte kontakt med partikkelsuspensjonen, eller ved at partikkelene er adskilt fra algene med en membran som tillater diffusjon av løste fosforforbindelser. Ved direkte kontakt alger/partikler får man den mest realistiske testsituasjon og sannsynligvis en større biologisk tilgjengelighet. Ulempen med å blande alger og partikler er at det er vanskeligere å måle algeveksten, og at det kan være nødvendig å sterilisere partikkelsuspensjonen for å unngå vekst av andre alger enn testalgene.

Langtidstester av biotilgjengelighet av fosfor i overflateavrenning har vist at fosfor kan frigjøres fra partikkelfraksjonen langsomt og over lang tid (<0.4% P/d). Disse resultatene tyder på at algene kan utnytte fosfor fra partiklene i 1-2 år, noe som indikerer at resuspensjon av tidligere avsatt jordbrukssediment vil kunne gi vekststimulering av plankton. I tråd med dette viste Andersen et al. (1980) at resuspensjon av sediment utenfor Nakkerud (jordbruksdistrikt) ved Tyrifjorden stimulerte primærproduksjonen i betydelig grad.

Algene tar opp fosfor som fosfat, og mekanismen ved utnyttelse av partikkelbundet fosfor er sannsynligvis at likevektsreaksjoner mellom fosfat og partikkelbundet fosfor fyller på fosfatpoolen etter hvert som den tømmes av algene. For enkelte fraksjoner av partikkelbundet fosfor kan likevektsreaksjonen være langsom, slik at små mengder fosfat frigjøres over lang tid.

3.4.4 Kjemiske analysemetoder for fosfor

I forbindelse med utarbeidelse av eutrofieringsmodeller for innsjøer, er det gjort en rekke korrelasjonsanalyser mellom biomasseutvikling og tilførsler av ulike næringssalter og fraksjoner av disse. Tilførselen av total fosfor gir alltid best korrelasjoner (OECD 1982). Dette ser også ut til å gjelde i grunne erosjonspåvirkede norske innsjøer (Berge 1987). En stor del av det som bestemmes i analysen av total-fosfor ser altså ut til å være tilgjengelig for algevekst, om ikke direkte, i allefall på sikt. Analysemetoden for totalfosfor som anvendes i Norsk Standard inkluderer ca 90% av alt fosformateriale som normalt finnes i en vannprøve. For å få med alt gitterbundet fosfor må man koke prøven med salpetersyre, men for alle praktiske formål er analysen med opplutning med peroksoedisulfat tilstrekkelig.

Kjemisk fraksjonering av fosfor i erosjonsvann kan gjøres ved først og fremst de vanlige fraksjonene, total fosfor, partikulært fosfor, løst fosfor, løst reaktivt fosfor. Den kjemiske fraksjonen kan igjen fraksjoneres videre ved ekstraksjon med ulike ekstraksjonsmidler. Med 1N NaOH ekstraheres hovedsaklig Al- og Fe-bundet fosfor, mens 0.1N HCl brukes for å ekstrahere Ca-bundet fosfor (apatitt). Kjemisk fraksjonering blir ofte gjort parallelt med algetester for å finne ut hvilke kjemiske fraksjoner som er tilgjengelig for alger. Undersøkelser av biotilgjengelighet er utført på forskjellige partikkelfraksjoner fra innsjøsedimenter og avrenning fra land. På grunn av forskjeller i testopplegg og partiklenes natur, varierer den biologiske tilgjengeligheten fra 0-80% av partikulært P. Ingen kjemisk fraksjonering gir

direkte mål for den biologisk tilgjengelige fraksjonen, men sammenlikninger tyder på at mye av Fe- og Al-bundet fosfor er tilgjengelig, mens Ca-bundet er lite tilgjengelig. Organiske fosforforbindelser i sedimenter er som regel lite direkte tilgjengelig for alger, men kan frigjøres ved bakteriell nedbrytning.

3.4.5 Giftige blågrønnalger

Kulturpåvirkninger av norske vannforekomster har medført at blågrønnalger som danner store oppblomstringer, er blitt vanligere og har fått økende regional utbredelse.

Blågrønnalger med giftproduserende stammer forekommer i ferskvann, brakkevann og saltvann. Hittils er det påvist elleve arter fra nordiske lokaliteter med evne til giftdannelse. Av disse er en art knyttet til brakkevann, de øvrige er ferskvannsorganismer.

Algeoppblomstring i vann som brukes i vannforsyninger kan gi hygieniske ulemper og medføre problemer for den tekniske behandling av vannet. Ytterligere problemer melder seg hvis blågrønnalger med giftdannelse har stor forekomst i drikkevannskilder. Mennesker og dyr kan da bli utsatt for forgiftning.

I tabell 1 er det listet opp de innsjøer som er jordbrukspåvirkede og der det finnes analyseresultater for toxinproduserende blågrønnalger, (Berg og medarbeidere 1986). Av 13 innsjøer som ble omhandlet i denne undersøkelsen ble det påvist giftproduserende blågrønnalger i kun 7. Av de innsjøer på Jæren som har giftproduserende blågrønnalger er husdyrproduksjon ca. 50 % av jordbruksbelastningen (husdyrbelastninger er i realiteten mye større ettersom avrenningen fra grassproduksjonen er stilt sammen med avrenninger fra kornproduksjonen), mens f.eks husdyrbelastningen er ca. 37 % av jordbruksbelastningen i Akersvannet i Vestfold. Det kan nevnes at i Borrevatn i Vestfold med en husdyrbelastning på ca. 18 % er ikke påvist giftproduserende blågrønnalger. Andelen blågrønnalger sett i forhold til totalantallet alger var mellom 37-85 % i de nevnte innsjøene på Jæren mens andelen blågrønnalger var ca. 10 og 5 % i Akersvann respektive Borrevatn.

Tabell 1 Innsjøer, der blågrønnalger er testet på innhold av toxin (Berg og medarbeider 1986)
og som er påvirket av jordbruksvirksomhet

	Midlere algevolum		Innhold av toxin	Viktigste jordbruks- aktivitet	Andel jord- bruk av tot.	Andel husdyr bruk	Andel korn etc. av tot. jordbruk
	Total mm / m	Blågrønnalger %					
<u>Akershus</u>							
Bjerkelangen	3800	64	750-<20	Kornprod.	54.4	23.3	76.7
Øyderen	850	18.5	0	Kornprod.	43.2	25.9	74.1
Øyeren			0	Åkerbruk	-	-	-
Årungen			0	Kornprod.	66.9		
Østfold							
Vannsjø	900	6	0	Husdyrprod.	50.5	10.5	89.5
<u>Vestfold</u>							
Borrevatn	2221	4.5	0	Åkerbruk	49.2	17.6	82.4
Akersvatn	3936	9.9	8000	Åkerbruk	48.3	37.1	62.9
<u>Buskerud</u>							
Steinsfjorden	1323	47.7	1000	Åkerbruk	15.1		
<u>Hedmark</u>							
Mjøsa	621	1.6	0	Husdyrprod.	25.4	65.7	34.3
<u>Rogaland</u>							
Frøylandsvatn	10059	84.7	2000->60	Husdyr	96.5	49.9	49.8
Orrevatn	9749	79.2	40	Husdyr	95.9	55.1	44.7
Dybingen	2198	65.3	2000	Husdyr	55.6	43.6	56.4
Lutsivatn	2154	37.2	>30	Husdyr	75.9	38.0	62.0

3.4.6 Høyere vegetasjon

Tilgroing av innsjøer er et naturlig fenomen. Langs beskyttede strender vil plantene utvide sitt vekstområde og etterhvert endre miljøet og vekstvilkårene. Tilveksten skjer ved at plantene bygger opp nytt sediment og derved nytt land. Dette skjer dels på grunn av bestandenes egenproduksjon, men også fordi bestandene virker som feller for tilført materiale samt at de hindrer erosjon ut fra strandsonen.

Strandvegetasjonen reagerer langsomt på endringer i miljøet. Faktorene som er avgjørende for veksten av makrofytter er mange, bl.a. krav til substrat, krav til næring, motstandsdyktighet overfor strøm og bølgeslag.

Økt tilførsel av næringsstoffer stimulerer også veksten av høyere vegetasjon i innsjøer og elver. Et vanlig bilde fra innsjøer i jordbruksområder er at en finner en brem av høyere vegetasjon rundt innsjøene, særlig i de områdene som grenser mot dyrket mark.

Mens siv- og strandvegetasjon utnytter næringen i bunnslammet kan undervannsvegetasjonen ta opp næring både fra bunnslammet og vannet (Graneli og Solander, under utarb., Carpenter og Lodge, 1986). Under normal vekst skiller ikke disse plantene ut særlig mye fosfor. Når de råtner ned om høsten kan de derimot frigjøre fosfor til vannet og på den måten virke som "fosforpumpe" fra sedimentet ut i vannmassene og derved stimulere til økt vekst av planteplankton.

Invasjon av vasspest (Elodea canadensis) i Steinsfjorden har ikke ført til noen generell øking i fosforkonsentrasjonen i Steinsfjorden (Rørslett og medarb. 1986). I perioder når vasspestbestandene plutselig bryter sammen kan betydelige fosformengder frigjøres og stimulere planteplanktonet.

Normalt vil vegetasjonsbeltet imidlertid virke som en "fosforfelle" ved at næringsstoffer som transporteres fra land ut mot vassdraget omsettes og lagres. Dette kan utnyttes ved å lede diffus avrenning, f.eks. fra landbruksområder, gjennom tette vegetasjonsbelter. Det antas at en viktig årsak til omsetningen av næringsstoffer i sivbelter er fastvokste alger og bakterier på sivstenglene. I slike belter vil også organisk materiale bli mineralisert. Gjentatt høsting av vegetasjonsbelter til riktig tid av året synes å kunne bidra til redusert fosforinnhold i bunnslammet (se Graneli og Solander under

utarb.).

Ved eutrofiering og økt vekst av planteplankton reduseres lystilgangen til undervannsvegetasjonen slik at denne hemmes. På den annen side kan kraftig vekst av høyere vegetasjon i grunne sjøer "skygge" for planteplanktonet. Denne konkurransen er beskrevet for Østensjøvannet i Oslo (Rørslett & Skulberg 1975).

Takrør er en av de vanligste makrofyttene i tilgroingsområder. Iflg. Bjørndahl & Egneus (1980) er det bare i næringsfattige innsjøer at fosfor kan være vekstbegrensende for takrør.

3.4.7 Modeller

Avrenningsmodeller

I følge Niemi (1984) bør en modell som skal estimere landbrukets innvirkning på vassdrag, omfatte mekanismer for estimering av avrenningsvannets mengde og kvalitet fra ulike avrenningsområder og bør kunne regne ut de reaksjoner som avrenningsvannet sammen med de øvrige belastningskilder forårsaker i vassdraget. En modell for dette formålet kunne være en forbedret utgave av typen CREAMS (Kauppi 1982 kf. Lundekvam 1986, Lundekvam 1982) som regner ut avrenningsvannets mengde og kvalitet, i kombinasjon med f.eks en modell av typen FINNECO (Kauranne 1983) eller NORECO (Seip 1985) som simulerer vannkvaliteten i innsjøer (Tjomsland og Faafeng 1986).

Belastning/responsmodeller

I løpet av det siste tiåret er det utviklet en god del matematiske modeller for innsjøer hvor det er satt opp relasjoner mellom belastning og biologisk respons.

Erfaringsmodeller (Vollenweider 1976) er stadig blitt forbedret og er bl.a. i Norge tilpasset store, dype innsjøer av Berge, Rognerud og Johannesen (1980).

Disse modellene har vist seg å fungere bra for de store, dype innsjøene og det har vist seg at en i stor grad har kunnet forutsi den biologiske responsen av den eksterne belastningen i denne typer sjøer.

For grunne innsjøer er problemet mer komplisert bl.a. fordi

sedimentenes rolle i innsjømetabolismen er vanskeligere å kvantifisere. Berges (1987) arbeid har vist at også utviklingen i grunne sjøer kan beskrives i en enkel modell.

Økologiske simuleringsmodeller

Når en skal inkludere vannøkosystemets viktigste reaksjoner i en vannkvalitetsmodell fører dette til et stort antall variabler og kompliserte modeller med tallrike parametre og et omfattende dataprogram. Anvendelsen av slike simuleringsmodeller begrenses ofte av det omfattende databehovet, det store antallet parametre for kalibrering og den lange maskintiden.

Modeller er imidlertid svært nyttige når tilpasningen kan planlegges på forhånd og når de nødvendige data er innsamlet på forhånd. Det må være et mål å komme på et slikt nivå innenfor modellbruk i Norge. Dette krever at vannforskningsmiljøene gis muligheter til å ta i bruk slike modeller. Dette innebærer eksperimentering både med maskiner, forskjellige typer modeller og forskjellige måleprogram som er mer omfattende enn de tradisjonelle overvåkingsprogrammene. Det kan også være nødvendig å foreta laboratorieeksperiment for å gi de rette koeffisienter til modellene.

4. DE VANLIGSTE FORURENSNINGSPROBLEMENE I JORDBRUKSOMRÅDER

4.1 Eutrofiering - overgjødsling

Landbruksforurensning fører til overgjødsling av en lang rekke av våre vannforekomster. Husdyrgjødsel og kunstgjødsel er hovedkildene til de plantenæringsstoffene som tilføres vassdragene fra jordbruket. Fosforet, som det her fokuseres mot, tilføres vassdragene via avrenning fra dyrka mark, særlig åpen åker, fra gjødsellagre fra siloanlegg og melkerom.

I avrenning fra dyrka mark kan det i hovedsak skilles mellom det som er knyttet til uorganisk erosjonsmateriale (for det meste silt og leire) og det som er knyttet til organisk materiale (vesentlig husdyrgjødsel).

Denne fosfortilførselen fører til eutrofiering som gir seg utslag i uønsket algevekst, både planktonisk og fastsittende, samt tilgroing med høyere vegetasjon i grunne vannforekomster. Eutrofieringen gir sekundære effekter forårsaket av prosesser som igangsettes når det produserte algematerialet nedbrytes. Dette gir seg utslag i oksygen-svinn, som ved siden av å kunne føre til fiskedød også kan sette i gang interne gjødslingsprosesser ved at fosfor bundet til sedimentene kan frigjøres og gjøres tilgjengelig for ny algevekst.

Algeveksten viser seg ofte som begroing på steiner, fiskegarn o.l. og kan gi seg ekstreme utslag med masseoppblomstringer av alger som setter lukt, smak og farge på vannet og gjør det uegnet til rekreasjon og som drikkevann både for dyr og mennesker. Disse problemene er særlig markert i Rogaland og i deler av Østlandet og Trøndelag.

4.2 Saprobiering

Utslipp fra våtlutningsanlegg, fra melkerom, men særlig av husdyrgjødsel og silopressaft belaster vassdragene med store mengder organisk materiale. Et særtrekk ved vassdrag som mottar store mengder slike lett nedbrytbare organiske forbindelser, er begroing med innslag av sopp, heterotrofe bakterier og blågrønnalger (cyanobakterier).

Det organiske materialet i husdyrgjødsel og særlig i silopressaft øker

den biologiske nedbrytningsaktiviteten og skaper betydelige problemer i flere elver, bekker og innsjøer. I tidligere gode fiskeelver er fisken blitt borte som følge av det kraftige oksygenforbruket disse nedbrytningsaktivitetene forårsaker. I innsjøer fører organisk belastning ofte til stort oksygenforbruk i bunnvannet og anaerobe forhold som bl.a. kan innvirke på innsjøenes interne fosforsyklus.

I diskusjonen om eutrofiering har betydningen av organisk materiale vært lite påaktet utover det faktum at mye organisk materiale forårsaker oksygenforbruk i vannmassene.

Når en studerer problemet med masseforekomst av alger, og særlig fokuserer mot blågrønnalger, finner en størst forekomst i områder med høyt næringssaltinnhold. Det kan tyde på at blågrønnalger utvikler seg særlig i de lokaliteter som også har en belastning av organisk materiale i tillegg til næringsalter.

I vassdragene finnes det et stort antall algearter med ulike egenskaper, alt fra strengt autotrofe, dvs. alger som har lys som eneste energikilde til heterotrofe former som utnytter organisk materiale som energikilde. Flere arter kan leve mixotroft, dvs. de skifter energikilde etter omstendighetene.

Det er flere mulige funksjoner organisk materiale kan ha for algene. Det ene er at det virker som energikilde, eller som en nødvendig vekstfaktor for enkelte arter, f.eks. som vitaminkilde. Organisk materiale kan også virke veksthindrende eller toksisk på enkelte arter. Et område som forskningen har vært fokusert mot i det siste, er ulike organiske kompleksbindere som binder opp (chelaterer) enkelte sporelementer. Disse kompleksbindende egenskapene kan være til fordel for enkelte arter framfor andre som ikke har egnet opptaksmekanisme for essensielle kompleksbundne sporstoffer.

Noen eksempler på innsjøer som er eller har vært sterkt belastet med plantenæringsstoffer samt organisk materiale og som har vært gjenstand for stor oppmerksomhet pga. masseoppblomstring av blågrønnalger kan nevnes:

Gjersjøen og Kolbotrvatn i Akershus er påvirket vesentlig av husholdningskloakk.

Bjørkelangen i Akershus og Hillestadvann i Vestfold er påvirket av kloakkvann og avrenning fra dyrket mark.

Akersvannet i Vestfold er hovedsakelig belastet med avrenning fra

husdyrgjødsel og åkerbruk.

Orrevassdraget og Ims-Lutsivassdraget i Rogaland er særlig belastet med husdyrgjødsel og pressaft. Tilsvarende gjelder også for Figgjo- vassdraget i Rogaland, men her er bidraget fra husholdningskloakk noe større enn i de to andre vassdragene.

I Hølenvassdraget som er karakterisert som et næringsrikt, jordbrukspåvirket vassdrag (Dahl og Arnesen 1982), viste resultatene av begroingsanalyser at det kun var i de områder av vassdraget som mottok utslipp av husholdningskloakk (organisk materiale) at blågrønn- alger var av betydning eller dominerte begroingen.

Hypotesen at masseforekomst av blågrønnalger ofte forekommer i vannforekomster med høyt næringssaltinnhold sammen med sterk belastning av organisk stoff, ble forsøkt belyst i et innledende forsøk på NIVA i 1986. En blågrønnalge (Oscillatoria agardhii) og en grønnalge (Selenastrum capricornutum) ble dyrket i turbidistat. Algekulturen ble tilsatt organisk stoff. Resultatene viste at grønnalgen vokste bedre enn blågrønnalgen etter tilsetning av organisk stoff. Dette indikerer at det ikke er en enkel sammenheng mellom store mengder organisk stoff og masseforekomst av blågrønnalger.

5. VANNFOREKOMSTTYPER OG FORURENSNINGSPROBLEMENE I JORDBRUKSOMRÅDER

5.1 Generelt

Jordbruksaktiviteten i Norge kan grovt sett inndeles i 2 hoveddriftsformer: Kornproduksjon og husdyrhold. Til førstnevnte kategori er forurensningen knyttet til gjødslingsmengde og erosjon, mens den for sistnevnte er knyttet til gjødselmengde, gjødselhåndtering, tidspunkt for gjødsling, sigevann, m.m., i tillegg til erosjon. Begge aktiviteter resulterer i at det føres såkalte eutrofierende stoffer (kap. 3 og 4) ut i vassdragene, dvs. gjødselstoffer som stimulerer algevekst, og på sikt også høyere vegetasjon (gjengroing).

Datamaterialet som er samlet inn og bearbeidet kommer i hovedsak fra tilgjengelig litteratur, SFT's oversikt (Landbruksdepartementet, 1984), Bilag til St. melding nr. 51 for 1984-85 (Miljøverndepartementet, 1985) og fra fylkesmennenes miljøvernavdelinger.

De vanligste vannforekomsttyper som er forurenset fra jordbruksområder er grunne innsjøer (tabell 2) som ligger i områder med marine avleiringer (Østfold, Akershus og Vestfold) eller i områder der jordbruksarealet er mer enn 75 % av de totale nedbørfeltet (Jæren). Husdyrproduksjon ser ut til å gi større problemer enn kornproduksjon, men ofte kan kornproduksjon sammen med stor belastning av husholdningskloakk gi tilsvarende problemer (masseforekomst av blågrønnalger). Datamaterialet er foreløpig ikke tilstrekkelig til å trekke videre konklusjoner.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har laget en oversikt over forurensningssituasjonen i vannforekomster i Norge som er sterkt påvirket av jordbruksdrift (Landbruksdepartementet, 1984).

For å beskrive forurensningssituasjonen i vannforekomster hvor jordbruksforurensninger gir et vesentlig bidrag til forurensningssituasjonen, ble landet delt inn i 7 regioner etter antall husdyr og andel dyrket mark i forhold til totalarealet. Dette fordi det er en klar sammenheng mellom forurensningstilførsler fra arealer og dyrkingsintensitet. Det er også grunn til å tro at forurensningstilførsler fra punktkilder er korrelert med intensiteten av husdyrholdet. Vi har fulgt den samme inndeling i denne utredningen.

Tabell 2 Grunne og dype innsjøer som er påvirket av jordbruksvirksomhet.

	Dype innsjøer dvs. middeldyp > 15 m	Grunne innsjøer dvs. middeldyp < 15 m
ØSTFOLD, AKERSHUS, VESTFOLD		
Bjørkelangen		7
Rødnessjøen	20.4	
Øgderen		8
Øymarksjøen	16	
Aremarksjøen	17	
Asperen	18	
Øyeren		13.2
Arungen		8.0
Vansjø (Vanemfjorden)		3.7
" (Storefjorden)		9.2
Bergsvatn, Vassås		4.5
Eikenesvatn		1.5
Grennesvatn		1.9
Hillestadvatn		2.0
Haugestadvatn		1.5
Vikevatn		4.0
Bergsvatn S.		7.4
Bergsvatn N.		5.9
Eikeren	94.4	
Borrevatn		6.5
Akersvatn		7.0
Goksjø		7.6
Farris	35.0	
BUSKERUD, HEDMARK, OPPLAND		
Tyrifjorden	114.0	
Steinsfjorden		10.2
Storsjøen i Rendal	144	
Engeren	34.4	
Storsjøen i Odal		7.0
Mjøsa	153	
Gjesåssjøen		
Randsfjorden	44.4	
Jarenvatn		12.6
TELEMARK, AUST-, VEST-AGDER		
Gorningen	25.0	
Børsesjø		2.1
<u>Barbuwassdraget</u>		
Øvre Longum		5.5
Longum		9.6
Langsæ		8.1
Jovatn		5.2
Jorstadvatn		
<u>Gjerstadvassdraget</u>		
Gjerstadvatn		11.5
Holtefjord		9.5
Brøbbervatn		8.0

	Dype innsjøer dvs. middeldyp > 15 m	Grunne innsjøer dvs. middeldyp < 15 m
ROGALAND		
<u>Ørrevassdraget</u>		
Frøylandsvatn		5.3
Horpestadvatn		3.3
Ørrevatn		1.4
<u>Ims-Lutsivassdraget</u>		
Dybingen	18.5	
Kyllesvatn		8.6
Lutsivatn		12.3
Forenesvatnet		14.6
Storavatnet	19.0	
Floen		7.1
Grunningen		1.4
Skjelbreitjern		4.4
Svihusvatn		11.8
Seldalsvatn		13.2
Store Stokkavatn, Stavanger		10.6
HORDALAND, SOGN- OG FJORDANE,		
MØRE OG ROMSDAL		
<u>Vossevassdraget</u>		
Myrkdalsvatnet	35.0	
Oppheimsvatnet	35.0	
Lønavatnet		11.0
Vangsvatnet	32.0	
Evangervatnet	48.0	
<u>Arnavassdraget</u>		
Haukelandsvatn		ca 10
<u>Oselvvassdraget</u>		
Hauglandsvatn	16.7	
Vindalsvatn	24.9	
Gåssandvatn	20.0	
Hetleflotvatn	16.9	
Tveitvatn		8.5
<u>Hornindalsvassdraget</u>		
Hornindalsvatn	237.0	
<u>Breimsvassdraget</u>		
Breimsvatn + Førdefjord	130.0	
<u>Driva</u>		
Gjevilvatn	40.6	
SØR-, NORD-TRØNDELAG		
Stordalsvatnet	?	
Selbusjøen	69.0	
Jonsvatnet	37.0	
Leksdalsvatn		14.0
Snåsavatn	46.0	
Movatn	18.0	
Hoklingen	23.0	
Hammervatn	25.0	
Lømsen		3.2
Østre Dyen		14.7
Granavatn		9.8
Nesvatn		6.8
NORDLAND, TROMS, FINNMARK		

5.2 Regional oversikt

Ved hjelp av data fra tidligere undersøkelser har vi satt opp oversikter som gir opplysninger om forurensningskilder, beregnet belastning, forslag til tiltak etc. (Vedlegg I-VII). Grunnlagsmaterialet er imidlertid samlet inn for annet formål, og mange av tabellene er derfor ikke fullstendig utfyllt, selv om vi har forsøkt å komplettere materialet i dette arbeidet.

For en del av innsjøene har vi ved hjelp av ovennevnte materiale, interne og eksterne bidrag, h.h.v. NIVA og Miljøvernkvadelingene i fylkene, utarbeidet tabeller (tab. 3-7) som er et forsøk på å vise beregnet fosforbelastning, total fosforbelastning fra jordbruket og fordelt på andel husdyr- og kornproduksjon der dette har vært mulig. Med hensyn til de såkalte tilførselskoeffisienter er det i de fleste rapporter referert til "Håndbok i innsamling av data om forurensningstilførsler til vassdrag og fjorder" (Vennerød, 1984) og arbeider utført ved Norges Landbrukshøgskole og NIVA. For å oppnå en mest mulig enhetlig fremgangsmåte ved beregningene, er det i håndboken anbefalt konkrete koeffisienter, selv om det presiseres at disse ikke må oppfattes som "sanne tall". Sammen med eventuelle erfaringer fra undersøkelser i aktuelle områder og kjennskap til aktiviteter i nedbørfeltene, vil en likevel kunne gjøre en skjønnsmessig vurdering av forurensningstilførslene fra de viktigste kildene. I tabellen inngår punktkilder i "andel husdyr av total belastning og belastning fra jordbruket", dvs. avrenning fra gjødselkjellere, siloer og melkerom etc., mens avrenning fra eng vil inngå i "andel korn, gras etc. av det totale og fra jordbruket". For å få fram virkningen på vannforekomstene har vi tatt med observert midlere algevolum og midlere volum blågrønnalger av dette. Her må bemerkes at de teoretisk beregnede verdiene er veiledende og representerer et normalår, mens algevolumet viser situasjonen en bestemt vekstsesong.

Materialet har dessuten svært forskjellig bakgrunn m.h.t. undersøkelser. Mens det i en del innsjøer har vært utført jevnlig målinger både av næringssalter (i mer enn ett år) og midlere algevolum bygger på ca 9-13 prøveresultater fra en vekstsesong, er det i andre områder bare utført enkle beregninger ut fra teoretiske koeffisienter og bearbeidet 2 algeprøver. Tilførselen av næringssalter varierer også med jordsmonn, topografi, driftsmåte, gjødselbruk, nedbør, klima og avrenningsforhold. Det er derfor ikke mulig å trekke bastante konklusjoner på grunnlag av materialet, men det gir antakelig et rimelig bilde av situasjonen, både m.h.t. jordbruksforurensning og

datagrunnlaget.

Det må videre bemerkes at selv om jordbruket i en del områder anses for å være den dominerende forurensningsfaktor, vil det alltid være summen av tilførslene som viser effekten i vannforekomstene.

5.2.1 Østfold, Akershus og Vestfold

Området er for en stor del dekket av marine løsavsetninger som gir godt grunnlag for jordbruksdrift. Dette området har størst andel dyrket areal i forhold til totalarealet på landsbasis.

Høydeforskjellene er forholdsvis små og normalavrenningen fra landarealene forholdsvis liten. Vassdragene er derfor ofte sakteflytende og sommervannføringen liten, slik at vassdragene blir særlig følsomme for forurensningstilførsler. Mange av innsjøene er også særlig forurensningsfølsomme fordi de er grunne. Fjordområdene er for det meste åpne og lite følsomme. Unntak er f.eks. Iddefjorden, Indre Oslofjord og Drammensfjorden. Indre Oslofjord, Tønsbergfjorden og Larviksfjorden mottar landbruksforurensninger via vassdrag som har utløp i fjordene. I disse fjordene er imidlertid andre kilder antagelig av større betydning.

De vannforekomstene hvor jordbruksforurensninger utgjør en viktig/den viktigste del av forurensningstilførslene er gitt i tabell 9 (kap. 5.2.1 og Vedlegg I.

Mange av ferskvannsføremåtene har markert til stor forurensningsgrad m.h.t. eutrofiering, hygiene og/eller saprobiering.

I de vannforekomstene som har store jordbruks-områder i sitt nedslagsfelt, har utviklingen ofte vært negativ. Det er registrert økt jorderosjon og dermed partikkeltransport i de fleste av vassdragene. Partikkelkonsentrasjonene er særlig høye i flomperioder vår og høst, når store landområder oversvømmes. En stor del av fosforet er partikkelbundet.

Befolknings tettheten er stor og for det meste konsentrert i tettsteder. Det er investert relativt mye på avløpssektoren i området. I vassdrag med store jordbruksarealer i nedslagsfeltet har investeringene hatt liten effekt.

Området har mye trevare- og treforedlingsindustri som gir saprobiering, men dette får bare betydning for få av de

vannforekomstene hvor jordbruket gir vesentlige forurensningsbidrag.

5.2.2 Hedmark, Oppland og Buskerud

Den intensive jordbruksdriften er først og fremst knyttet til flatbygdene og dalførene i umiddelbar nærhet av vassdrag. Gjødseleksjonen fra storfe er sterkt redusert i korndyrkingsområdene, mens den er økt fra svin og fjørfe.

Regionen inneholder store høyfjellsområder. Dette gjør at de store vassdragene mottar store vannmengder fra upåvirkede områder, og vannføringen er høy fra snøsmeltingen starter i lavere områder i april/mai til snøsmeltingen i høyreliggende strøk foregår på sommeren. Disse vassdragene og innsjøer som er tilknyttet dem (som i tillegg ofte er dype) har derfor som regel stor resipientkapasitet.

De vannforekomstene hvor jordbruksforurensninger utgjør en viktig/den viktigste del av forurensningstilførslene er gitt i tabell 10 (kap.

5.2.2)

og Vedlegg II. På tross av god resipientkapasitet er forurensningsgraden for eutrofiering/saprobiering/hygiene ofte moderat til markert.

Bosetting og jordbruk bidrar ofte med omtrent like mye av næringssalttilførslene. Industrien bidrar betydelig enkelte steder. Lokalt kan store forurensningsproblemer oppstå direkte forbundet med tilførsler fra jordbruket.

5.2.3 Telemark, Aust- og Vest-Agder

Området har liten intensitet i jordbruksdrift både når det gjelder dyrket mark og husdyrhold.

Vassdragene starter ofte i høyfjellsområder, har stor tilrenning fra upåvirkede områder og stor resipientkapasitet. Mange av vassdragene er regulert for kraftforsyning og i områder med liten restvannføring oppstår forurensningsproblemer. Terskelfjorder og poller med dårlig vannutskiftning har dårlig resipientkapasitet og påvirkes i stor grad av de vassdrag som muner ut i fjorder.

Oversikt over forurensningssituasjonen i de vannforekomster hvor jordbruksforurensninger utgjør en viktig/den viktigste del av forurensningstilførslene er gitt i tabell 11, (kap. 5.2.3) og Vedlegg

III.

Jordbruksområder og bosetting er ofte konsentrert om de nedre deler av vassdragene og bidrar begge til forurensningssituasjonen. Enkelte steder har også treforedlings- og næringsmiddelindustri betydning. I mindre vannforekomster kan jordbrukstilførsler være dominerende.

5.2.4 Rogaland

Rogaland har det mest intensive husdyrholdet i landet. Intensiviteten i drift av dyrket mark er også stor. Rogaland er et av de få fylker som har hatt økning i totalt jordbruksareal fra 1959.

Forurensningssituasjonen i vannforekomster hvor jordbruk er en viktig/den viktigste forurensningstilførsel er gitt i tabell 12, (kap. 5.2.4) og Vedlegg IV. Fjordområdene er for det meste åpne og har stor resipientkapasitet. I de fjorder som er forurenset er andre kilder enn jordbruk viktige.

Et stort antall ferskvannsforkomster har markert/stor forurensningsgrad. Forurensningsproblemene er særlig konsentrert i Jærområdet. Dette området ligger lavt og vannforekomstene får ikke tilrenning fra høyfjellsområder. Resipientkapasiteten er derfor liten. Den årlige nedbør er stor, noe som gir økt forurensningstilførsel fra dyrket areal. Det er sjelden frost om vinteren, slik at arealavrenning skjer året rundt.

Befolkningstettheten i fylket er relativt høy, de fleste bor i tettsteder. Bare et fåtall er tilknyttet renseanlegg. I Jærområdet er befolkningen særlig konsentrert langs Gandsfjorden og Byfjorden i Stavanger, og har derfor utslipp til fjordområdet.

Fylket har mye trevare- og treforedlingsindustri, men den berører i liten grad Jærområdet.

5.2.5 Hordaland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal

Området har lav intensitet i jordbruksdriften. Det totale jordbruksareal har avtatt fra 1959.

Vassdragene starter oftest i høyfjellsområder. Samtidig er den årlige nedbør og avrenning fra landarealene særlig stor. Dette gjør at vannforekomstene har særlig stor resipientkapasitet.

Tabell 12 (kap. 5.2.5) og Vedlegg V gir en oversikt over vannforekomster hvor jordbruksforurensninger er medvirkende årsak til redusert vannkvalitet.

Landbruket er ofte konsentrert til dalfører og lavlandsområder nær fjorder, slik at noen vannforekomster er påvirket.

Områdene har lav befolkningstetthet, litt under halvparten bor i spredt bebyggelse. Tilknytningen til renseanlegg er lavest i landet. Noe næringsmiddel- og treforedlingsindustri kan bidra til forurensningssituasjonen.

5.2.6 Sør- og Nord-Trøndelag

Jordbruksintensiteten er forholdsvis lav, for området sett under ett, men er høy i mange områder, spesielt langs Trondheimsfjorden, særlig når det gjelder husdyrhold. I Nord-Trøndelag har totalt jordbruksareal økt fra 1959. De større vassdragene i Sør-Trøndelag har sitt utspring i fjellområder over skoggrensen, og har forholdsvis god resipientkapasitet.

De mindre vassdragene har små høydeforskjeller og får liten tilførsel fra uproduktive områder. Den årlige nedbørmengden i området er liten. Dette gjør at vannføringen især om sommeren kan være liten, slik at disse resipientene er følsomme. Vannføringsmønsteret er preget av vår- og høstflommer.

Befolkningstettheten er liten, noe under halvparten er spredt bebyggelse. Tilknytningen til kommunale renseanlegg er lav. De forurensede vannforekomstene er særlig konsentrert i området rundt Trondheimsfjorden. Oversikt over de vannforekomster hvor jordbruksforurensningen gir redusert vannkvalitet er gitt i tabell 13 (kap.5.2.6) og Vedlegg VI.

5.2.7 Nordland, Troms og Finnmark

Dette området har lavest jordbruksintensitet og lavest befolkningstetthet. Store deler av området er skog og uproduktive områder over tregrensen. Vannkvaliteten er preget av dette. Lokalt der jordbruksområdene er konsentrert kan forurensningsproblem oppstå. Ellers er problemene små.

Oversikt over vannforekomster hvor jordbruksvirksomhet reduserer vannkvaliteten er gitt i tabell 13 (kap. 5.2.7) og Vedlegg VII.

Tabell 3 Teoretisk beregnet forurensningsbelastning (fosfor) til en del innsjøer i jordbruksområder samt midlere algevolum.

ØSTFOLD, AKERSHUS OG VESTFOLD

Innsjøer	Total belastning	Andel jordbruk av tot.		Andel husdyr av tot.		Andel korn, gras etc. av tot.		Andel husdyr av tot. jordbruk %	Andel korn, gras etc. av tot. jordbruk %	Midlere alge-volum ³ mm/m ³ (dyp)år/N	Midlere volum blågrønnalger ³ mm/m ³ %		
		kg	%	kg	%	kg	%						
Bjerkelangen	7900	4300	54.4	1000	12.6	3300	41.8	23.3	76.7	3800(0-4)	84/6	2432	64
Rødenesjøen	4600	2600	56.5	700	15.2	1900	41.3	26.9	73.1	850(0-10)	84/6	170	20
Øgderen	12500	5400	43.2	1400	11.2	4000	32.0	25.9	74.1	850(0-10)	84/6	157	18.5
Øymarksjøen	3600	1600	44.4	400	11.1	1200	33.3	25.0	75.0	700(0-10)	84/6	53	7.5
Ara (Aremarksjøen)	2500	1100	44.0	200	8.0	900	36.0	18.2	81.8				
Asperen	1700	600	35.3	100	5.9	500	29.4	16.7	83.3				
Øyeren ?													
Vansjø (Storefj.)	20000	10100	50.5							900(0-4)	84/6	54	6.0
Årungen	8200	5486	66.9	575	7.0	4911	59.9	10.5	89.5				
Bergsvatn, Vassås	422	211	50	7	1.7	204	48.3	3.3	96.7	796(0-4)	85/5	16	2.0
Eikenesvatn	538	271	50.4	14	2.6	257	47.8	5.2	94.8	1273(0-4)	85/5	11	0.9
Grennesvatn	809	412	50.9	13	1.6	399	49.3	3.2	96.8	1003(0-4)	85/5	1.8	0.2
Hillestadvatn	2888	1269	43.9	103	3.6	1166	40.3	8.1	91.9	4304(0-4)	85/5	2102	48.8
Haugestadvatn	2667	1180	44.2	85	3.2	1095	41.1	7.2	92.8	4314(0-4)	85/5	980	22.7
Vikevatn	2543	1118	44.0	77	3.0	1041	40.9	6.9	93.1	2855(0-4)	85/5	811	28.4
Bergsvatn S.	2859	1251	43.8	71	2.5	1180	41.3	5.7	94.3	2055(0-4)	85/5	961	46.8
Bergsvatn N.	2515	1028	40.9	65	2.6	963	38.3	6.3	93.7	1822(0-4)	85/5	922	50.6
Eikeren	4287	1065	24.8	63	1.5	1002	23.4	5.9	94.1	100(0-10)	83/6	0.2	1.1
Borrevatn	1200	590	49.2	104	8.7	486	40.5	17.6	82.4	2221(0-5)	75/5	99.1	4.5
Akersvatn	809	391	48.3	145	17.9	246	30.4	37.1	62.9	3936(0-4)	85/9	389	9.9
Goksjø	4300	1500	34.9							1631(0-8)	85/5	0.8	0.1
Farris	4492	542	12.1	295	6.6	247	5.5	54.4	45.6	115(0-10)	83/6	15	13.0

Tabell 5 Teoretisk beregnet forurensningsbelastning (fosfor) til en del innsjøer i jordbruksområder samt midlere algevolum.

TELEMARK, AUST-AGDER, VEST-AGDER

Innsjøer	Total belastning	Andel jordbruk av tot. kg	Andel husdyr av tot. belastning kg	Andel husdyr av tot. belastning %	Andel korn, gras etc. av tot. belastning kg	Andel korn, gras etc. av tot. jordbruk %	Andel husdyr av tot. jordbruk %	Andel korn, gras etc. av tot. jordbruk %	Midlere alge- volum mm/m ³ (dyp) & r/N	Midlere volum blågrønnalger mm/m ³	Midlere volum blågrønnalger %
Siljanvassdraget	2933	387	240	8.2	147	5.0	62.0	38.0	234(0-4)83/5	40	17.1
Gorningen									214(1-3)85/4	0.1	0.1
Nesheimvatnet									189(1-3)85/4	2	1.1
Brastadvatnet											

3

Tabell 6 Teoretisk beregnet forurensningsbelastning (fosfor) til en del innsjøer i jordbruksområder samt midlere algevolum.

ROGALAND

Innsjøer	Total belastning	Andel jordbruk av tot. kg	Andel jord- %	Andel husdyr av tot. kg	Andel husdyr belastning %	Andel korn, gras etc. av tot. kg	Andel korn, gras belastning %	Andel husdyr av tot. jordbruk %	Andel korn, gras etc. av tot. jordbruk %	Midlere alge- volum $\frac{3}{\text{mm}^3}$ (dypp) år/N	Midlere volum blågrønnalger $\frac{3}{\text{mm}^3}$
Orrevassdraget	8600	8300	96.5	4139	48.1	4133	48.1	49.9	49.8	8023(0-4)83/6	7492
Frøylandsvatn	13400	12700	94.8	6896	51.5	5784	43.2	54.3	45.5	10059(0-4)83/6	8518
Horpestadvann	17200	16500	95.9	9089	52.8	7374	42.9	55.1	44.7	9749(0-2)83/6	7726
Orrevatn											
Bjårvatn											
Store Stokkavann, Stavanger	616	411	66.7	241	39.1	170	27.6	58.6	41.4		
Ims-Lutsivassdr.											
Dybingen	1780	990	55.6	432	24.3	558	31.3	43.6	56.4	2198(0-4)83/8	1436
Kyllesvatn	4950	4060	82.0	1432	28.9	2628	53.1	35.2	64.7	3008(0-4)83/9	1215
Lutsivatn	8300	6300	75.9	2394	28.8	3906	47.1	38.0	62.0	2154(0-4)83/8	803

Tabell 7 Teoretisk beregnet forurensningsbelastning (fosfor) til en del innsjøer i jordbruksområder samt midlere algevolum.

SØR- OG NORD-TRØNDELAG

Innsjøer	Total belastning	Andel jordbruk av tot. kg	Andel husdyr av tot. belastning kg	Andel husdyr av tot. belastning %	Andel korn, gras etc. av tot. belastning kg	Andel korn, gras etc. av tot. belastning %	Andel husdyr av tot. jordbruk %	Andel korn, gras etc. av tot. jordbruk %	Midlere alge-volum mm/m ³ (dyp)år/N	Midlere volum blågrønnalger mm/m ³ %	
Stordalsvatnet	24500	3600	990	11.8	6600	78.9	13.0	87.0	880(0-10)86/2	1	0.1
Selbusjøen	8370	7590		90.7					250(0-5)86/6	0	
Leksdalsvatn	14100	2800		19.9					584(0-10)86/2	1	0.1
Snåsvatn ?	2589	972		37.5					753(0-5)80/2	38	5
Movatn	2147	363		16.9							
Hoklingen											

6. BRUKERKONFLIKTER

6.1 Generelt

Mange og ulike bruksformer opptrer i et vassdrag. De forskjellige bruksformene stiller ulike krav både til vannmengder og vannkvalitet. I tabellen nedenfor er gitt en oversikt over viktige bruksformer og deres krav til vannmengder og vannkvalitet. I tillegg er det tatt med noen arealegenskaper.

Tabell 8. Bruksformer og krav til vannmengder og -kvalitet.
(Etter Ibrekke og medarbeidere, 1986)

Bruksform	Krav til kvantitet/ Arealgenskaper	Krav til kvalitet
Drikkevann	Bestemt mengde pr. person og døgn	Svært høy
Jordbruksvanning	Bestemt mengde pr. vannet areal	Middels
Industrivannforsyning	Bestemt mengde	Svært høy ---> middels/lav
Bading	Strandlengde Vannstandsvariasjoner	Høy ---> middels
Båtbruk	Dybde, vannstandsvariasjon Vassdragets egenverdi	Høy ---> lav
Sportsfiske	Små vannstandsvariasjoner Vassdragets lengde, areal osv.	Høy ---> middels
Fiskeoppdrett	God vannutskifting, strøm, dybde	Høy ---> middels
Resipient	Bestemt mengde (uttynning)	Lav, Fung. økosyst.
Vannkraft	Bestemt mengde Fallforhold	Lav
Transport	Fremkommelig vassdrag	Lav
Naturvern	Vannstandsvariasjoner	Svært høy ---> lav

I denne utredningen (kap. 5.2) har vi sett på hvilke av de åtte første bruksformene som er knyttet til forurensede vannforekomster i jordbruksområder (tabell 9-13), de alvorligste forurensninger og brukerkonflikter pga. disse. Foruten resultater fra tidligere undersøkelser har vi brukt SFTs oversikt (Landbruksdepartementet, 1984) og Bilag til St.melding nr. 51 for 1984-85 (Miljøvern-departementet 1985). I tillegg har vi forsøkt å oppdatere/komplettere opplysningene ved hjelp av miljøvernavdelingene i de forskjellige fylker.

6.2 Regional oversikt

De enkelte vannforekomster er behandlet i tabell 9-13 og Vedlegg I-VII.

6.2.1 Østfold - Akershus - Vestfold

(tabell 9 og vedlegg I)

I landbrukspåvirkede vassdrag anses eutrofieringsutviklingen (overgjødsling) med vannblomst av blågrønnalger, begroing og gjengroing å være det største forurensningsproblemet. Den mikrobiologiske forurensningsvirkningen og høye partikkelkonsentrasjoner pga. bakkeplanering er også markert i mange vannforekomster.

På grunn av befolkningsintensiteten og relativt få upåvirkede vannforekomster er brukerkonfliktene spesielt store i området. Noen spesielle konflikter kan trekkes fram:

- Det er særlig vanskelig å finne egnede drikkevannsforkomster i området.
- Giftige blågrønnalger
- I en del vannforekomster har eutrofieringen ført til fremvekst av problemalgen Gonyostomum cf. semen, som hefter seg til huden ved bading og danner geleaktige belegg.

6.2.2 Buskerud - Hedmark - Oppland

(tabell 10, Vedlegg II)

Forurensningsgraden for overgjødning og mikrobiologisk forurensning er moderat/stor i flere av de større vassdragene. Vasspest skaper problemer i Steinsfjorden og Jarenvatn. Brukerkonflikter oppstår særlig i forbindelse med drikkevannsforsyning. Mange og store vannforekomster i forhold til befolkningsmengden gjør at brukerkonfliktene er mindre utpreget enn f.eks. i Akershus og Østfold.

Tabell 9 Regional oversikt over en del vannforekomster hvor jordbruksforurensninger utgjør en viktig/den viktigste del av forurensnings- tilførselene, og bruksformene i de aktuelle områdene.

Forurensning: Eu = eutfiering, Hy = hygiene, Sa = saprobiering

Forurensningsgrad: 1 = liten, 2 = moderat, 3 = markert, 4 = stor

Utviklingstendens: P = positiv, N = negativ, I = ingen, - = vet ikke

Bruksformer: X = brukes i dag, UF = uegnet p.g.a. forurensning, UA = uegnet p.g.a. andre forhold - = vet ikke.

ØSTFOLD, AKERSHUS, VESTFOLD

Vannforekomst	Forurensn.grad		Utvik- lings- tendens	Viktige jordbruks- aktiviteter	Drikke- vann	Jord- bruks- vann	Friluftsliv		Båt- bruk	Fiske- opp- drett	Resi- pient
	Eu	Hy					Badning	Padling etc.			
Haldenvassdraget	4	3	N	kornproduksjon	UF	X	UF	X	X	UF	X
Ejerkelangen	2-3	3	N	husdyrproduksjon	X	X	X	X	X	-	X
Rødnessjøen	2-3	-	(N)	kornproduksjon	X	X	X	X	X	-	X
Øgderen	2	1	I	husdyrproduksjon	X	X	X	X	X	-	X
Ømarksjøen	2	2	I	kornproduksjon	X	X	X	X	X	-	X
Åremarksjøen	2	1	I	kornproduksjon	X	X	X	X	X	-	X
Asperen	2	2	I	kornproduksjon	X	X	X	X	X	-	X
Øyeren	2-3	2	N	åkerbruk	X	X	X	X	X	-	X
Glomma											
Øyeren-Sarpfoss	2-3	2	N	korn og husdyr	X	X	X	X	X	-	X
Skinnerflo	4	3	N	korn og grønnsaker	UF	X	UF	X	X	-	X
Vansjø/Hobøl	3	2-3	N	husdyrproduksjon	X	X	X	X	X	(X)	X?
Hølenvassdraget	3	2	(P)	kornproduksjon	UF	X	UFA	UA	UA	UFA	X
Leira	3	2	(N)	åkerbruk, mye bakkeplanering	-	X	X	X	X	-	X
Rømu	4	2	N	åkerbruk	UFA	X	UFA	X	X	-	X
Eikeren											
Eikerenvassdraget	2-3	-	I	åkerbruk	UF	X	UF	X	X	-	X
Bergsvann, Vassås											
Eikenesvann					UF	X	X	X	X	-	X
Grennesvann					UF	X	X	X	X	-	X
Hillestadvann					UF	X	UF	X	X	-	X
Vikevann					UF	X	X	X	X	-	X
Bergsvann S					UF	X	X	X	X	-	X
Bergsvann N					UF	X	X	X	X	-	X
Eikeren					X	X	X	X	X	-	X
Sandevassdraget; Sandeelva	3-4	-	-	åkerbruk	UF	X	UF	UA	UA	-	X
Borreivann	3	-	-	åkerbruk	(X)	X	-	-	-	-	X
Akersvannet	3	2	-	åkerbruk	(X)	X	UF	X	-	-	X
Aulivassdraget	3-4	-	-	åkerbruk	UF	X	-	UA	UA	UF	X
Goksjø	2-3	3	N	åkerbruk	-	X	X	X	-	-	X
Numedalslågen (nedre del)	2	3	-	åkerbruk	(X)	X	UFA	X	-	-	X

Tabell 10 Regional oversikt over en del vannforekomster hvor jordbruksforurensninger utgjør en viktig/den viktigste del av forurensnings-tilførselsene, og bruksformene i de aktuelle områdene.

Forurensning: Eu = eutrofiering, Hy = hygiene, Sa = saprobiering

Forurensningsgrad: 1 = liten, 2 = moderat, 3 = markert, 4 = stor

Utviklingstendens: P = positiv, N = negativ, I = ingen, - = vet ikke

Bruksformer: X = brukes i dag, UF = uegnet p.g.a. forurensning, UA = uegnet p.g.a. andre forhold - = vet ikke.

BUSKERUD, HEDMARK, OPPLAND

Vannforekomst	Forurensn.grad		Utvik- lings- tendens	Viktigste jordbruks- aktiviteter	Drikke- vann	Jord- bruks- vann	Friluftsliv		Båt- bruk	Fiske- opp- drett	Resi- pient
	Eu	Hy					Badning etc.	Padling Sports- fiske			
Vestfossenelva/Eikeren	2	3-4	2	P	UF	X	UF	X	-	UF	X
Simoa	2-3	3	2	-	UF	X	(X)	X	-	-	X
Liervassdraget	3	4	3	I	UFA	X	UF	X	-	X	X
Steinsfjorden	3	3	-	N	X	X	X	X	X	-	X
Glomma nedre del	3	3	-	-	X	X	X	X	X	-	X
Rena - Vormsund	2	3	-	-	X	X	X	X	X	-	X
Storsjøen i Rendal	4	-	-	-	UF	X	X	X	UA	-	X
Engeråa oppstrøms	2	2	-	(P)	-	X	X	X	X	-	X
Lille Engeren	2	-	-	P	-	X	X	X	X	-	X
Storsjøen i Odalen	2	-	1	P	-	X	X	X	X	-	X
Mjøsa	4	-	-	-	X	X	X	X	X	-	X
Flagstadelva	4	-	-	-	(X)	X	UA	UA	UA	UA	X
Svartelva	4	-	-	-	UFA	X	UA	UA	UA	-	X
Gjesåssjøen	2-3	1	-	-	-	X	X	X	UA	-	X
Gausa, Østre Gausdal	2	2	-	(P)	-	X	X	X	UA	-	X
Lenaelva	4	4	-	-	X	X	-	-	UA	-	X
Etna	2	2	-	-	X	X	X	X	X	-	X
Jarenvann m. Vigga	3	3	-	(P)	(X)	X	X	X	X	-	X
Gudbrandsdalslågen	2	2	-	(P)	X	X	X	X	X	-	X

6.2.3 Telemark - Aust-Agder - Vest-Agder

(tabell 11, Vedlegg III)

Det største forurensningsproblemet i området er forsuring. De fleste vannforekomstene er markert/kraftig forsuret, noe som ødelegger fiske og delvis rekreasjonsforholdene. Særlig de nedre deler av vassdragene og sidevassdrag har moderat/kraftig forurensningsgrad når det gjelder overgjødning og mikrobiologiske forurensningsvirkninger. Forurensningsproblemene forsterkes i flere vassdrag pga. kraftproduksjon. Eutrofiering/saprobiering/hygiene skaper størst problem for drikkevannsinteressene.

6.2.4 Rogaland

(tabell 12, Vedlegg IV)

Overgjødning av vassdragene på Jæren (bl.a. Orre-, Figgjo-, Ims-Lutsivassdraget og Håelva) har pågått over lengre tid. I de senere år har det forekommet massive oppblomstringer av giftige blågrønnalger der en fra før ikke har registrert slike fenomener. Det er registrert fiske- og husdyrdød. Brukerkonfliktene er markert mellom resipientbruk og drikkevann, fiske, rekreasjon og friluftsliv.

6.2.5 Hordaland - Sogn og Fjordane - Møre og Romsdal

(tabell 12, Vedlegg V)

Vassdragene er generelt lite påvirket, unntatt lokalt. Kraftproduksjonen forsterker forurensningsproblemene, men store nedbørmengder fortynner tilførslene. Forurensningen reduserer likevel verdien for andre brukerinteresser som rekreasjon og fiske. Konfliktene er i hovedsak ikke markerte.

6.2.6 Sør- og Nord-Trøndelag

(tabell 13, Vedlegg VI)

Generelt sett er det ikke påvist merkbare utviklingstendenser i hovedvassdragene i perioden 1972-82. Imidlertid har sanering og utbygging av kommunale kloakkrensaneanlegg medført en vesentlig bedring lokalt ved utslippsstedet. I vassdrag i landbruksområder har antakelig den negative utviklingen stoppet opp. De forurensede vannforekomstene

er særlig konsentrert rundt Trondheimsfjorden. Dette skaper problemer for drikkevannstilførsel, fiske og rekreasjon/friluftsliv.

6.2.7 Nordland - Troms - Finnmark

(Vedlegg VII)

Stort sett er de større vassdrag og innsjøer lite overgjødslet, men lokalt har avløpsvann fra jordbruk og befolkning gitt forurensningsvirkninger, særlig m.h.t. mikrobiologisk belastning. Enkelte innsjøer/vassdragsavsnitt er uegnet som bade- og drikkevann pga. forurensningstilførsler, men i hovedsak er konfliktene små for ulike brukerinteresser pga. forurensninger.

Tabell 11 Regional oversikt over en del vannforekomster hvor jordbruksforurensninger utgjør en viktig/den viktigste del av forurensnings-tilførselene, og bruksformene i de aktuelle områdene.

Forurensning: Eu = eutfiering, Hy = hygiene, Sa = saprobiering

Forurensningsgrad: 1 = liten, 2 = moderat, 3 = markert, 4 = stor

Utviklingstendens: P = positiv, N = negativ, I = ingen, - = vet ikke

Bruksformer: X = brukes i dag, UF = uegnet p.g.a. forurensning, UA = uegnet p.g.a. andre forhold - = vet ikke.

TELEMARK, AUST-ÅGDER, VEST-ÅGDER

Vannforekomst	Forurensn.grad		Utvik- lings- tendens	Viktigste jordbruks- aktiviteter	Drikke- vann	Jord- bruks- vann	Frluftsliv		Båt- bruk	Fiske- opp- drett	Resi- pient
	Eu	Hy					Padling etc.	Sports- fiske			
Bøelva	2	3	N	kornproduksjon husdyr, korn	UF	X	X	X	X	-	X
Gorningen	2	2	-		-	X	X	X	X	-	X
Nidelva	3	2	-	husdyr og åker	X	X	X	X	-	X	X
Storelva (Vegårdsvassdraget)	3	4	I	husdyrproduksjon	(X)	X	X	X	X	X	X
Lindtveitbekken	2-3	2-3	-	husdyr & hagebruk	UA	X	UA	UA	UA	UA	X
Barbuvasdraget	4	3	-	husdyr & hagebruk	X	X	-	X	X	UA	X
Heddalsvassdraget	3-4	-	-	husdyr & hagebruk	UA	UA	X	X	X	UF	X
Jorstadvassdraget	3-4	-	-	husdyr & hagebruk	UF	X	UA	X	UA	-	X
Nesheimvannet	3	2-3	-	husdyr	UF	X	-	X	X	UA	X
Brastadvann	2-3	3	-	husdyr	UF	X	UA	UA	UA	UA	X
Lyngdalselva	1-2	1-2	-	husdyr	UF	X	X	X	X	X	X
Audna	1-3	1-3	-	husdyr	UF	X	X	X	X	-	X
Tovdalselva	2	1-2	P	husdyr	UF	X	UA	-	X	UF	X
Songdalselva	2-3	1-2	P	husdyr	UF	X	X	X	UA	UA	X
Sangslandsvassdraget	-	-	-	husdyr	UF	X	X	X	X	UFA	X
Høyeåna	3	-	-	husdyr	UF	X	X	X	X	UFA	X

Tabell 12. Regional oversikt over en del vannforekomster hvor jordbruksforurensninger utgjør en viktig/den viktigste del av forurensnings-tilførlene, og bruksformene i de aktuelle områdene.

Forurensning:

Eu = eutfiering, Hy = hygiene, Sa = saprobiering

Forurensningsgrad: 1 = liten, 2 = moderat, 3 = markert, 4 = stor

Utviklingsstendens: P = positiv, N = negativ, I = ingen, - = vet ikke

Bruksformer: X = brukes i dag, UF = uegnet p.g.a. forurensning, UA = uegnet p.g.a. andre forhold - = vet ikke.

ROGALAND, HORDALAND, SOGN- OG FJORDANE, MØRE OG ROMSDAL

Vannforekomst	Forurensn.grad		Utviklings- tendens	Viktigste jordbruks- aktiviteter	Drikke- vann	Jord- bruks- vann	Friluftsliv		Båt- bruk	Fiske- opp- drett	Resi- pient
	Eu	Hy					Badning etc.	Padling Sports- fiske			
Orrevassdraget	4	-	N	husdyr	UF	X	UFA	X	X	UF	X
Frøylandsvann			N	husdyr	UF	X	UFA	X	X	UF	X
Horpestadvann			N	husdyr	UF	X	UFA	X	X	UF	X
Orrevann		2-3	N	husdyr	UF	X	X	X	X	X	X
Figgjovassdraget	3-4		N	husdyr	UF	X	X	X	X	X	X
Imslutsivassdraget	3-4	3	N	husdyr	UF	X	UFA	UA	UA	UF	X
Dybingen	3-4	4	N	husdyr	UF	X	UFA	X	X	UF	X
Kyllesvann	3	4	N	husdyr	UF	X	X	X	X	UF	X
Lutsivann	2-3	4	N	husdyr	UF	X	X	X	X	UF	X
Husveggbekken	3-4	3	-	husdyr	UFA	X	UFA	UFA	UA	UFA	X
Årslandsåna	3-4	3	-	husdyr	UFA	X	UFA	UFA	UA	UFA	X
Hårråna	3-4	3	-	husdyr	UFA	X	UFA	UFA	UA	UFA	X
Salteåna m. Smokkevann og Søylandsvann	4	4	-	husdyr	UF	X	UF	UFA	-	UF	X
Fuglestadåna m/Bjårvatn	2-3	2	-	husdyr	UF	X	X	X	(X)	-	X
Håelva	2-3	2-3	-	husdyr	UF	X	UF	X	X	-	X
Varhaugselva	3-4	4	-	husdyr	UFA	X	UFA	UFA	UA	UFA	X
Kvassheimsåna	2-3	2	-	husdyr	UFA	X	UFA	UFA	UA	UFA	X
Store Stokkavann			-	husdyr	X	X	-	X	X	-	X
Hålandsvassdraget	2-3	3-4	-	husdyr (mjølk)	UF	X	X	X	X	UA	X
Vossevassdraget	4	4	-	husdyr (mjølk)	X	-	X	X	X	UA	X
Arnavassdraget	1-2	2-3	N	husdyr (mjølk)	(X)	-	X	X	X	UA	X
Oselvassdraget	2-3	1	N	husdyr (mjølk)	X	-	X	X	X	UA	X
Etnevassdraget			-	husdyr (mjølk)	X	-	X	X	X	UA	X
Eidselva	1	2	-	frukt, bær, husdyr	-	X	-	X	-	X	X
Hornindalsvassdraget (Storelva)	1	2	-	frukt, bær, husdyr	X	X	X	X	X	-	X
Breimsvassdraget	1	2	-	frukt, bær, husdyr	X	X	X	X	X	X	X
Nautdalsvassdraget	2	2	-	frukt, bær, husdyr	-	X	-	X	-	-	X
Sogndalsvassdraget	2	2	-	frukt, bær, husdyr	X	X	-	X	-	(X)	X
Befjordvassdraget	1-2	2	-	frukt, bær, husdyr	-	X	-	X	-	X	X
Hopra	2-3	2	-	frukt, bær, husdyr	UF	X	UF	UFA	UA	UFA	X
Surna	2-3	-	-	husdyr	-	X	X	X	UA	-	X
Driva	2	2-3	N	husdyr	-	X	X	X	UA	X	X

Tabell 13 Regional oversikt over en del vannforekomster hvor jordbruksforurensninger utgjør en viktig/den viktigste del av forurensnings- tilførselene, og bruksformene i de aktuelle områdene.

Forurensning: Eu = eutfiering, Hy = hygiene, Sa = saprobiering

Forurensningsgrad: 1 = liten, 2 = moderat, 3 = markert, 4 = stor

Utviklingstendens: P = positiv, N = negativ, I = ingen, - = vet ikke

Bruksformer: X = brukes i dag, UF = uegnet p.g.a. forurensning, UA = uegnet p.g.a. andre forhold - = vet ikke.

SØR-TRØNDELAG, NORD-TRØNDELAG G: NORDLAND, TROMS

Vannforekomst	Forurensn.grad		Utvik- lings- tendens	Viktigste jordbruks- aktiviteter	Drikke- vann	Jord- bruks vann	Friluftsliv		Båt- bruk	Fiske- opp- drett	Resi- pient
	Eu	Hy					Badning	Sports- fiske			
Gaula, nedre del	1-2	2	N	husdyr	UF	-	X	X	-	X	X
Stordalsvannet	3	-	-	husdyr	UF	-	-	X	X	-	X
Botnen	4	-	-	husdyr	UFA	-	UFA	UA	X	-	X
Sokna v. Sokndalen	2	2	-	husdyr	UF	-	UA	X	UA	-	X
Ristanbekken	4	-	-	husdyr og korn	UF	-	UF	X	UA	-	X
Børselva	4	-	-	husdyr	UF	-	UA	X	UA	-	X
Vigda	4	-	-	husdyr	UF	-	UF	X	UA	-	X
Vikhammerelva	4	-	-	husdyr	UF	-	UF	X	UA	-	X
Nea	1	1	-	husdyr	UFA	-	UFA	-	UA	-	X
Selbusjøen	1	1	-	husdyr	X	-	X	X	UA	-	X
Nidelva v. Klæbu	2	2	-	husdyr	UF	-	X	X	X	UA	X
Stjørdalsvassdraget (Hegra-Hell)	2	2-3	-	husdyr og åker	X	-	X	X	-	-	X
Hoplavassdraget	2	2	(N)	husdyr	X	-	X	X	-	X	X
Levangerelva	3	3	-	åkerbruk	X	-	X	X	-	-	X
Leksdalsvannet	2	3	N	husdyr	X	-	X	X	-	-	X
Verdalsvassdraget	2	3	-	åkerbruk	X	-	X	X	-	-	X
Ogndalsvassdraget	2	3	-	husdyr	X	-	-	X	-	-	X
Snåsavassdraget	2	3	-	husdyr	X	-	X	X	-	-	X
Moldeelva	2	3	-	husdyr	X	-	X	X	-	-	X
Årgårdsvassdraget	4	-	-	husdyr	UF	-	UF	X	-	-	X
Namsen	1	3	-	husdyr	X	-	X	X	-	-	X
Fustvassdraget	3	2	-	husdyr	X	-	X	X	X	-	X
Drevjavassdraget	3	3	N	husdyr	(X)	X	X	X	X	-	X
Beiarvassdraget	2	3	N	husdyr	(X)	X	X	X	X	-	X
Farstadvassdraget	3-4	-	-	husdyr	(X)	X	X	X	X	X	X
Sageliv/Josefvassdraget	2-3	-	-	husdyr	X	-	UA	-	-	-	X
Bardu/Målselvvassdraget	2	4	N	husdyr	X	-	UA	-	-	-	X
Balsfjordelva, Signaldalselva, Kitdalselva (grense Nordland)	1-2	-	-	husdyr	X	-	UA	-	-	-	X

7. FORSLAG TIL VIDERE ARBEID

7.1 Generelt

Til i dag har det vært vanlig å beregne tilførsler fra forskjellige forurensningskilder for å få et grunnlag for å prioritere tiltak. De største fosforkildene, regnet i kilo fosfor, blir gjerne sett på som de alvorligste. Dette er ikke nødvendigvis riktig, da forskjellige former for fosfor gir forskjellig biologiske virkninger i vassdraget. Mens fosfat (PO_4) er direkte tilgjengelig for algene, er mye av fosforet som tilføres vassdrag lite tilgjengelig fordi det er bundet i mineraler eller i organiske forbindelser. Det er derfor av stor betydning å klargjøre hvor tilgjengelig fosfor er fra de forskjellige forurensningskilder.

I denne skissen til videre arbeid vil vi derfor særlig legge vekt på å klargjøre den vekststimulerende effekt av fosfor fra forskjellige kilder (erosjon fra åpen åker, gjødselsig, siloavlut ol.)

I tillegg vil vi peke på noen andre alvorlige kunnskapshull som er avdekket ved denne undersøkelsen som særlig gjelder datagrunnlaget og metoder for å beregne forurensningsmengder fra forskjellige aktiviteter.

7.2 Statistiske data, avrenningsmodeller

Den foreliggende sammenstillingen av tilgjengelig litteratur over forurensning fra jordbruksaktiviteter i Norge viser at erfaringsmaterialet har betydelige mangler. For mange vassdrag finnes bare teoretisk beregnede tilførsler som bygger på generelle avrenningskoeffisienter (Vennerød 1984). Disse gir ofte et misvisende, og tildels helt galt, bilde av situasjonen. Det underlagsmaterialet som har vært tilgjengelig for beregningene har også vært mangelfullt. Dette er særlig påfallende for oppdelingen mellom bidrag fra husdyrproduksjon og komproduksjon. Her får vi ikke et tilfredsstillende mål for avrenningen fra henholdsvis åker og eng.

Det datamaterialet som nå forligger fra GEFOs forsøksfelter sammenstilt med data fra andre norske områder bør kunne gi grunnlag for å

revidere de forliggende koeffisienter og eventuelt angi variasjonsbredde innenfor de viktigste forhold som påvirker avrenningen (driftsformer, nedbør, helling, jordmonn, landsdeler ol.). Om mulig bør dette søkes innpasset i enkle matematiske modeller.

Datagrunnlaget for å kunne beregne avrenningen fra landbruksarealer synes å kunne bli bedre bl.a. ved en detaljert registrering av aktivitetene på fylkesnivå (LANDSYS). Det bør arbeides for at registreringen gjøres på en slik måte at de kan bidra effektivt til troverdige beregninger av forurensning. Avrenningsmodeller vil bare være et supplement til reelle målinger i felt og modellene må stadig kalibreres.

Effekten av forurensningsbegrensende tiltak må også studeres ved målinger i vassdrag. Ideelt bør tiltak gjennomføres i vassdrag hvor en kjenner alle tilførslene. Vassdragene bør velges slik at de er mottagere for vel definerte forurensningskilder. Deretter bør det gjennomføres tiltak som tar bort enkelte av kildene mens vassdragene overvåkes nøye slik at effekten av tiltakene kan registreres. I dette arbeidet bør det skilles klart mellom ulike driftsformer i jordbruket. En bør i første rekke skille mellom områder som domineres av henholdsvis:

- Åkerbruk
- Husdyrhold

Samtidig med registreringsarbeidet bør det lages en modell for vassdragene. Når tiltak settes i verk kan modellen kalibreres og testes nøye. En slik modell vil neppe tilfredsstillende forvaltningens ønske om et enkelt verktøy, men er trolig nødvendig hvis effekten av de enkelte kildene skal kunne kvantifiseres. Da det er i innsjøer problemene (og effektene) best viser seg, bør det i denne sammenheng prioriteres vassdrag med innsjøer i nedbørfeltet.

7.3 Erosjonsmateriale - kjemiske egenskaper

Når erosjonsmateriale tilføres vassdrag endres partiklenes omgivende miljø slik at kjemiske likevektsreaksjoner forskyves. Erfaringer tyder på at erosjonsfosfor kan ha mindre eutrofierende virkning på vannmassene en tilsvarende P-tilførsler fra andre kilder. I spesielle tilfeller kan erosjonspartikler ha en rensende effekt ved at de adsorberer fosfor. Dette innebærer:

- 1) Fosforlekkasje fra partiklene når fosforrikt jordvann med mye partikkelbundet fosfor kommer ut i langt "tynnere" innsjøvann (desorpsjon).
- 2) Omvendt, "fosforfangning" som partiklene forestår når fosforfattige partikler kommer ut i fosforholdig vann (adsorpsjon).

Det er utført endel studier av dette, bl.a. av Krogstad (1985, 1986), Persson og medarb. (1978, 1979).

Rent kjemiske utbyttingsforsøk får imidlertid aldri foregå uforstyrret i naturen. Det er alltid mikroorganismer, planter og dyr til stede, og forsøkene må relateres til hva som skjer i algedyrkingsforsøkene våre, eller i en hvilken som helst innsjø. Siden algene er meget effektive til å "knipe" alt løst fosfor, vil det omgivende medium til en hver tid ha svært lave fosforkonsentrasjoner. Likevekten mellom løst fosfor i det omgivende medium og konsentrasjonen på overflaten av partiklene, vil derfor aldri oppnås i en innsjø eller elv i vegetasjonssesongen. Det er således nærliggende å tro at dette vil føre til en stadig tapping av partikkelbundet fosfor. At partikulært materiale fra jorderosjon kan virke immobiliserende på algetilgjengelig fosfor, vil da ikke være særlig aktuelt i naturen, i alle fall ikke i vekstsesongen.

Om dette resonnementet er gyldig, vil man kunne teste ved å måle biotilgjengelighetens avhengighet av fortykning. F.eks. vil man da få en større tilgjengelighet ved å dyrke alger ved 10 μg erosjonsfosfor pr liter enn ved 20 $\mu\text{g}/\text{l}$. Det bør tas prøver direkte fra synlig overflatevann f.eks. i pløyeforer, vann fra drenerør, samt vann fra første åpne bekk ut av feltet. NIVA har utviklet en teknikk der vannet steriliseres med γ -stråling, slik at fremmedalger og bakterier drepes, mens vannets kjemi ellers bare forstyrres i ubetydelig grad. Eventuell kjemisk forstyrrelse som følge av steriliseringen vil bli testet og korrigert for. Det vil så bli kjørt utbyttest forsøk på ufiltrert vann, dvs. algene vil være i direkte kontakt med partiklene.

I tillegg til å teste erosjonsvann fra kornproduksjonsarealer, finner vi det naturlig å relatere dette til andre klassiske typeforurensninger, som f.eks. husholdningskloakk, vaskemiddel, gjødselkjellersig, sig fra høstgjødslende (naturgjødslende) jorder inkl. dreneringsvann, silosaft, melkeromsavrenning. Vi finner det også interessant å relatere den vekststimulerende effekten av erosjonsmateriale fra jordbruksarealer til naturlig erosjonsmateriale som f.eks. fra breskuring, en par-

tikkeltransport som setter preg på mange av våre elver. Vi vil på denne måten få begrep om hvor mye alger f.eks. en kilo erosjonsfosfor fra jordbruksarealer vil gi sammenliknet med en kg fosfor fra de andre kildene.

Fra laboratorieforsøk vet en at en del partikkelbundet fosfor kan nyttiggjøres av alger. Hva som skjer med dette fosforet i vassdraget vet vi mindre om. Det bør derfor legges vekt på studier av naturlige systemer for å kartlegge i hvilken grad partikkelbundet fosfor er tilgjengelig for algevekst, både

I. Hva som er raskt tilgjengelig - kortidsrespons

II. Hva som er effekten på lang sikt - akkumulasjon - langtidrespons.

Det er kjent at høy pH som følge av intens primærproduksjon bevirker at fosfor lekker ut av sedimentet. Det samme skjer om oksygenkonsentrasjonen blir lav. Det bør sjekkes om det samme skjer med partikkelbundet fosfor når det kommer ut i vann med hhv. høy pH eller med lav oksygenkonsentrasjon, f.eks. når partikulært materiale sedimenterer ned gjennom en oksygenfattig hypolimnion.

Studium av kjemiske fosforbindingsegenskaper til forskjellig jordsmann vil kunne foregå ved adsorbsjons- og desorbsjonsstudier. Undersøkelsene vil i første rekke være eksperimentelle laboratorieforsøk, men in situ-eksperimenter ved hjelp av ^{32}P -merket erosjonsmateriale kan også være aktuelt. Effekter av pH og redoksforhold på partiklenes bindingsegenskaper bør belyses. På dette feltet er det imidlertid gjort mye allerede, slik at et grundig litteraturstudium vil muligens gi den informasjon man trenger.

7.4 Erosjonsmaterialets biotilgjengelighet i elver

Eutrofiering i elver gir seg utslag på forskjellige måter avhengig av elvens beskaffenhet:

I stilleflytende elver blir det ofte problemer mht. økt vekst av høyere planter. Flere steder skaper dette demmingsproblemer, som resulterer i sterke oversvømmelser av jordbruksarealer under høstflommen, f.eks. i Eikernvassdraget (Vestfold), og rundt Børsesjø (Telemark). I Figgjoelva skaper gjengroing oppgangsproblemer for laks. I denne siste elva er det også oksygenproblemer. I stilleflytende

elver kan det også bli stor planktonproduksjon.

I hurtigstrømmende elver, som er det dominerende elvebildet i Norge, medfører økt næringsstofftilførsel først og fremst økt begroing av moser og trådformede alger. Steiner blir "hårete" og glatte. Viktig fiskemat som steinfluer, døgnfluer og vårfluelarver, blir erstattet av små fjærmygglarver som lever skjult inne i algemattene. Elven får et lite tiltalende utseende.

Den vekststimulerende effekt erosjonsmateriale har på høyere vegetasjon, er knyttet til langsiktig lagring av næringsrikt slam i stilleflytende partier.

I hvilken grad erosjonsmateriale stimulerer vekst av begroingsalger, er lite studert. De kraftig begroede strykpartier man kan finne i slamførende jordbrukselver, f.eks. Sandeelva i Vestfold, indikerer at dette er tilfellet. NIVA's renneanlegg på Oset er velegnet til slike studier.

7.5 Erosjonsmaterialets sedimentering i innsjøer

Et av hovedspørsmålene tilknyttet erosjonsmaterialets biotilgjengelighet er om det forblir i innsjøers produksjonssone lenge nok til at algene kan utnytte det adsorberte fosforet, eller om det sedimenterer med en gang det kommer ut i stillestående vann.

Av denne grunn vil det være aktuelt å studere sedimentasjon og partikkelkonsentrasjon langs gradienter fra munningen av en slamførende elv og utover i en innsjø. Denne innsjøen bør være sjiktet. Denne problemstillingen vil bli studert i et koordinert prosjekt ledet av Hans Holtan (NIVA) og Kjell Nordseth (Geografisk inst. UiO). Prosjektet finansieres av NHK.

I grunne usjiktete innsjøer må man regne med at det aller meste tilførte partikulære materiale vil kunne bringes opp i produksjonssjiktet flere ganger før det blir overdekket av nytt sediment og undratt fra innsjømetabolismen. Således må alt partikkelbundet fosfor i slike innsjøer regnes som potensielt tilgjengelig. Omfang av resuspensjon bør belyses.

Man bør studere biotilgjengeligheten av resuspendert materiale. Dette kan gjøres ved at vi lager "slurryer" fra overflatesediment fra erosjonsutsatte gruntområder og tester dette på samme måte som vi nå

beskriver biotilgjengeligheten av erosjonsmateriale fra terrestriske arealer.

7.6 Erosjonsmaterialets vekststimulerende egenskaper

Dette studeres best ved ulike former for biotester. Det er to hovedtyper av disse, veksthastighetsforsøk og biomasse-utbytteforsøk. I begge varianter er det mest vanlig og bruke rendyrkede testalger. Veksthastighetsforsøk kan gjøres ved fotosyntesestimulering (lysmetning) ved ^{14}C -metodikk, eller delingshastigheten kan studeres i fortynnede kulturer (Michaelis-Menten kinetikk). Begge metodene har klare ulemper i forbindelse med den aktuelle problemstillingen. Bl.a. vil de ikke gi et kvantitativt mål på mengden biologisk tilgjengelige næringsstoffer i erosjonsmateriale. Utbytteforsøk gir et mye mer relevant svar på dette, men disse kan være vanskelig å kjøre på ikke-filtrerte prøver. Dette er dels på grunn av at innhold av fremmedpartikler medfører at automatisk telling (Coulter counter) vanskelig kan brukes, samt at råvannsprøvene kan inneholde en varierende mengde fremmedalger. Dette siste medfører at utbyttet kan variere som følge av endrede konkurranseforhold, og ikke bare som funksjon av varierende tilgjengelighet av næringsstoffer i testmediet. Problemet kan overkommes ved at man steriliserer vannet som skal testes. Det er også mulig å utføre storskala eksperimenter i bassenger ved NIVA's forsøksstasjon ved Solbergstrand, hvor det er god tilgang på typisk avrenningsvann fra korndyrkingsarealer.

7.7 In-situ forsøk

Deler av de nevnte problemstillinger vil kunne gjøres ved bio-tester i kolber, men det er helt klart at større og mer naturlige forsøksoppsetninger også bør anvendes. Best ville det være med helinnsjøforsøk og bruk av radioaktivt merket fosfor, men hvorvidt det gis anledning til dette er uklart, både ut fra et tillatelse og økonomi. Bruk av innhegninger i innsjøer, burde imidlertid være relevant.

7.8 Alger - vekstfaktorer og miljøkrav

En må definere kravene en skal sette til vannkvaliteten både med hensyn til mengde og sammensetning av alger. Det er ikke alltid mengden av alger som er et problem. I mange tilfeller er det algesamfunnets sammensetning (struktur) som er uheldig.

Dersom et kriterium er at masseforekomst av blågrønnalger ikke skal forekomme, må forskningsinnsats settes inn på å studere hvilke faktorer som er avgjørende for at blågrønnalger blir dominerende. Et ensidig studium av fosfor er i denne sammenheng utilstrekkelig. Den betydningen organisk materiale og nitrogen kan ha for algenes vekst og suksesjon, og hvilke andre faktorer som er avgjørende i den sammenheng, bør undersøkes nærmere.

Organisk materiale som energikilde, vitaminkilde eller liknende for alger har fått liten oppmerksomhet i eutfieringsdebatten. Det er fortsatt uklart hvilken betydning forskjellige former for organisk stoff har for konkurransen mellom forskjellige typer (arter) av planteplankton. Kunnskap om dette kan bidra til å forstå under hvilke betingelser de verste "problem-algene" blomstrer opp. Dette bør søkes avklart gjennom fortsatt oppfølging av faglitteraturen og egne forskningsprosjekter.

En bør også klarlegge innvirkningen organisk materiale har på resipientenes selvrensningsevne. Viktig i denne sammenheng er virkningen på innsjøers oksygenregime - som har betydning for fosforfluksen til/fra sedimentene. Et spørsmål som også bør besvares i denne sammenheng er om fosfat lettere blir frigjort fra erosjonsmateriale (leire), fordi bindingen mellom organiske molekyler og leire er sterkere enn mellom fosfat og leire.

Disse undersøkelser bør bli gjennomført som eksperimentelle forsøk både på laboratorium og i felten, f.eks. batch-, turbidostat-, kjemostatforsøk, rennesystemer og limnokoraller (innhengning i innsjøer). Det hadde også vært ønskelig med storskalaforforskning (manipulering av innsjøer), selv om det er vanskelig å gjennomføre i praksis.

Den store mengden tidligere innsamlet algemateriale bør bearbeides videre for å kunne trekke bedre slutninger om artenes forekomst og miljøkrav.

7.9 Høyere vegetasjon og begroing

Det bør gjennomføres studier som kan avgjøre hvilke faktorer som er avgjørende for algebegroing og tilgroing av høyere vegetasjon i vassdrag påvirket av landbruksforurensning.

Erosjonsmateriale fra landbruksområder kan lagres i stilleflytende

partier i elver og i innsjøer og bidra til at disse blir så grunne at vegetasjon kan etablere seg. Dette materialet er også så næringsrikt at det egner seg godt som vekstmedium.

Det er uklart hvordan makrofyttene innvirker på næringsforholdene i en innsjø. Det bør klarlegges om vegetasjonen tar opp og lagrer næringsstoffer som tilføres og om plantene derved bremser eutrofieringen, eller om nedbrytnings/ekskresjonsproduktene forsterker eutrofieringen.

Det er også viktig å kjenne dynamikken i systemet, f.eks. om næringsstoffene tas opp om sommeren i konkurranse med algene, og frigis om vinteren når algepopulasjonen ikke kan utnytte næringstilskuddet. Epifyttenes rolle, dvs. de algene som vokser i vannet på makrofyttens stengler og blad, er også svært lite kjent.

8. LITTERATUR

- Aanes, K.J. m.fl. 1982. Rutineundersøkelser av Vorma, Glåma i Akershus, Nitelva og Leira i 1981. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp.nr. 49/82. O-80002-04 (02)
- Abrahamsen, H. 1983. Stofftransport til Steinsfjorden. Tyrifjordundersøkelsen. Fagrapport nr. 23. Tyrifjordutvalget 1983.
- Abrahamsen, H. 1985. Feltnålinger av forurensningstilførsler fra landbruket. Rogalandsforskning. 9 s.
- Alsaker-Nøstdahl, B. m.fl. 1980. Vurdering av planlagte vassdragsreguleringer i Beiam- og Lakselvvassdragene. NIVA O-75114.
- Andersen, T., O.K. Skogheim og D. Berge, 1980. Effekter av resuspendert sediment langs vestsiden av Nordfjord-Vikersundbassenget. Tyrifjordundersøkelsen, Årsrapport for 1979, Tyrifjordutvalget, Fylkeshuset, Drammen. 46 s.
- Babenerd, B., Zeitzschel, B. 1985. Trends für eintragsrelevante Faktoren und für die Nährsalzkonzentrationen im Wasser der Kieler Bucht. Ein Beitrag zur Erforschung der Nord- und Ostsee. Ber. Inst Meereskd. Christian-Albrechts-Univ. Kiel, no. 148, 47 pp.
- Berg, I.H. m.fl. 1983. Rutineovervåking i Øyeren 1982. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 109/83. NIVA O-8000220-III.
- Berg, K., Skulberg, O.M., Skulberg, R., Underdal, B., Willén, T. 1986. Observations of toxic blue-green algae (Cyanobacteria) in some Scandinavian lakes. Acta vet. scand. 1986,27: 440-452.
- Berge, D., Rognerud, S., Johannessen, M. 1980. Videreutvikling av fosforbelastningsmodeller for store sjiktede innsjøer. Norsk institutt for vannforskning Årbok 1979: 39-42.
- Berge, D. 1981. Rutineovervåking i Telemarksvassdraget 1980.

- Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 20/81. NIVA O-80002-07.
- Berge, D. (red.) 1983. Tyrifjorden 1978-81. Sluttrapport. Tyrifjordutvalget, Fylkeshuset, Drammen.
- Berge, D. 1984. Effektstudier av spylevannsutslipp fra Akersvannverkets renseanlegg. NIVA O-84027.
- Berge, D. 1984. Rutineovervåking i Eikernvassdraget 1983. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 151/84. NIVA O-8000229 I.
- Berge, D. og T.S. Traaen 1985. Skogbruk og vannforurensning. En problemanalyse. NIVA O-84117, 44 s.
- Berge, D. 1986. Bruksplan for Akersvannet. Bakgrunnsundersøkelser og forslag til tiltak. NIVA O-85118, 107 s.
- Berge, D. 1987. Fosforbelastning og respons i grunne innsjøer. NIVA O-85110. 41 s.
- Berge, D. og Mjelde, M. 1983. Rutineovervåking i Numedalslågen 1982. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 100/83. NIVA
- Bergheim, A. og E. Snekvik 1975/1976. Utslipp av pressaft i vassdrag og skadevirkninger på fiskebestanden. Jakt, fiske og friluftsliv 12/75 og 1-2/76.
- Bjerve, L. 1981A. Forurensninger i et landbruksområde. Ringsaker kommune, Hedmark. Sluttrapport fra NLVF-prosjekt ved Inst. for Hydroteknikk, NLH.
- Bjerve, L. 1981B. Handelsgjødslas miljøvirkninger. Sluttrapport fra NLVF-prosjekt ved Inst. for Hydroteknikk, NLH.
- Bjørndahl, G., Egneus, H. 1980. Rapport om vassens ekologi och fysiologi. Staten Naturvårdsverk PM 1321, Solna, 159 s.
- Boman, E. 1983. Barbuassdraget. Overvåkingsundersøkelse 1981-82. NIVA O-82049.
- Boman, E. 1985. Jorstadvassdraget. Overvåkingsundersøkelse 1984. NIVA

O-82050.

- Boman, E. 1985. Undersøkelse av Gjerstadvassdraget og det nære sjøområdet utenfor, 1981-84. NIVA O-82051.
- Bradford, M.E. og R.H. Peters 1987. The relationship between chemically analyzed phosphorus fractions and bioavailable phosphorus. *Limnol. Oceanogr.* 32(5): 1124-1137
- Brettum, P. 1977. En undersøkelse av Vansjø, 1976-77. NIVA O-87/75.
- Brettum, P. 1986. Vannkvalitetsvurderinger av innsjøer på Lista 1985. NIVA O-85178. 43 s.
- Brettum, P. 1987. Forurensningsundersøkelse av Levangerelva. Fylkesmannen i Nord-Trøndelag, Miljøvernavdelingen. NIVA O-86117.
- Brettum, P. m.fl. 1975. Små eutrofe innsjøer i tettbygde strøk. Østensjøvatn, Oslo. Årungen, Ås. Kolbotnvatn, Oppegård. Langevatn, Lørenskog. NIVA A-205
- Brettum, P. m.fl. 1981. Vurdering av planlagte vassdragsreguleringer i Ranavassdraget. NIVA O-75114.
- Carpenter, S.R. & D.M. Lodge, 1986. Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquat. Bot.* 26: 341-370.
- Cuker, B.E. 1987. Field experiment on the influence of suspended clay and P on the plankton of a small lake. *Limnol. Oceanogr.* 32(4): 840-847.
- Dahl, I. og Arnesen, R.T. 1982. Hølenvassdraget. Hovedrapport om forurensningstilførsler og stofftransport 1977-1980. NIVA F-80420.
- Dahl, I., Brettum, P., Arnesen, R.T. 1984. Hølenvassdraget. Forholdene i Hogstvedtbekken og Krombekken 1980-82. NIVA F-80420. 19 s.
- Ensby, S., Borgstrøm, R., Langeland, G., Rosland, F. og Sanni, S., 1984. Årungen. Tilstand. Aktuelle sanerings- og restaureringstiltak. Rapport utarbeidet på grunnlag av tverrfaglig forskningsaktivitet i perioden 1980-83. GEFO-rapport. 30 s.
- Erlandsen, A. 1982. Rutineovervåking i Vansjø 1981. Statlig

Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 32/82.
NIVA O-8000221.

Erlandsen, A., Mjelde, M. og Tærud, J.K. 1984. Rutineovervåking i Nitelva, Leira, Vorma og Glomma i Akershus 1983, samt en undersøkelse av makrovegetasjonen i Nitelva og Svullet. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT) Rapp. nr. 164/84. NIVA O-8000204.

Faafeng B. m.fl. 1979. En undersøkelse av Vossevassdraget 1977.
NIVA O-76088.

Faafeng, B. m.fl. 1979. Randsfjorden 1978. Årsrapport. NIVA O-78014.
III

Faafeng, B. m.fl. 1981. Vurdering av planlagte vassdragsreguleringer i Vefsnvassdraget. NIVA. O-75114 VIII.

Faafeng, B. m.fl. 1981. Randsfjorden. Vurdering av innsjøens status 1978-80 og betydningen av planlagte reguleringer i Etna og Dokka. Hovedrapport. NIVA O-78014. VI.

Faafeng, B. m.fl. 1982. Jarevatnet. NIVA O-78014.

Faafeng, B. m.fl. 1984. Forundersøkelse av Figgjovassdraget 1983. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 142/84. NIVA O-8000234.

Faafeng, B. m.fl. 1985. Overvåking av Orrevassdraget. Hovedrapport 1979-83. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 191A/85. NIVA O-8000217.

Faafeng, B., Brabrand, Å., Brettum, P., Gulbrandsen, T., Løvik, J.E., Rørslett, B., Saltveit, S.J., Tjomsland, T., 1985. Overvåking av Orrevassdraget. Data-rapport 1979-83. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 191B/85. NIVA O-8000217. 189 s.

Fylkesrådmannen i Nord-Trøndelag. Teknisk avdeling, 1983. Vassbruksplan for Leksdalsvatnet, Figgavassdraget. 51 s.

Fylkesmannen i Østfold. Miljøvernavdelingen, 1985. Vassdrag og kystområder. Overvåking 1983-84. Rapport nr. 13/85. 135 s.

- Fylkesmannen i Østfold. Miljøvernkvartellet, 1987. Langtidsplan 1987-90. Rapport nr. 1/87. 99 s.
- Goltermann, H.L., C.C. Bakels og J. Jacobs-Møgelin, 1969. Availability of mud phosphates for the growth of algae. Ver. Internat. Ver. Limnol. 17: 467-479.
- Grande, M. 1965. Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Nidelva. 1963-64. NIVA O-301. Delrapp. 1.
- Grande, M. m.fl. 1978. Undersøkelser av Seutelva i Østfold, 1975-77. NIVA O-44/75.
- Graveli, W. og D. Solander (in press). Influence of aquatic macrophytes on phosphorus cycling in lakes. Hydrobiologia.
- Grobbelar, J.V., 1983. Availability to algae of N and P adsorbed to suspended solids in turbid waters of the Amazon River. Arch. Hydrobiol. 96: 302-316.
- Haldenvassdragets vassdragsforbund, 1983: Handlingsprogram for Haldenvassdraget. 39 s.
- Hegemann, D.A., A.H. Johnson and J.D. Keenan, 1983. Determination of algal-available phosphorus on soil and sediment: A review and analysis. J. Envir. Quality 12: 12-16.
- Hobrough, J.E, Frost, S. 1980. Changes in nutrient ion level of substrates and stream water due to land management in Northumberland. Environ. Pollut. Ser. A, 23(2), 81-93.
- Holtan, H. 1971. Finsahlbekken. Undersøkelser av silosaftens innvirkning på de fysiske-kjemiske forhold i vassdrag. NIVA O-91/69, Mjøsprosjektet, Undersøkelser 1971, s. 64-79.
- Holtan, H. 1973. Biologiske undersøkelser i Steinsengbekken. I: NIVA O-81/69, Mjøsprosjektet. Fredriftsrapport. nr. 4, s. 51-58.
- Holtan, G., Brettum, P., Holtan, H., Lindstrøm, E.-A., 1979. Engeråa - Engeren. Resipientundersøkelse 1977-1978. NIVA O-77032. 79 s.
- Holtan, G., Brettum, P., Lien, L., Løvik, J.E., 1985. Overvåking i Farris-Siljanvassdraget 1982-1984. Del A. Hovedrapport. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapport. nr.

- 185/85. NIVA O-8000227 62 s.
- Holtan, H. 1970. Øyeren. En limnologisk undersøkelse 1961-68. NIVA O-15/64.
- Holtan, H., 1982. Fosfatenes virkning på resipienten. VANN nr. 2, 1982. 7 s.
- Holtan, H. m.fl. 1978. Oversikt over fosfortilførsler til innsjøer. NIVA O-92/78.
- Holtan, H., Brettum, P., 1982. Undersøkelser i Goksjø. NIVA O-78081. 47 s.
- Holtan, H., Brettum, P., Hals, B., Holtan, G., 1982. Glåma i Hedmark. Delrapport om innsjøer. NIVA O-78045. IV. 96 s.
- Holtan, H., Andreassen, S.-A., Brettum, P., Hals, B., Korssjøen, B., Løvik, J.E., 1984. Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Lømsen, Østre Dyen, Granavatn og Nesvatn i Nord-Trøndelag. NIVA O-83069. 90 s.
- Holtan, H. m.fl. 1979. Mjøssprosjektet. Hovedrapport 1971-1976. NIVA O-69091.
- Holmen, S.A., 1983: Bruksplan Ims-Lutsivassdraget. Forurensningstilførsler og vannkvalitet. Undersøkelser 1982. Regionplanrådet for Jæren, 112 s.
- Holmen, S.A., Nordbø, A. 1984. Vannbruksplan Ims-Lutsi-vassdraget. Planteplankton. Undersøkelser 1983. Sandnes kommune. 12 s.
- Høydal, L.A., 1985. Vannbruksplan for Viggavassdraget. Del 2. Sammendrag av situasjonsanalysen i Oppland fylkeskommune, Gran og Lunner kommuner. 84 s.
- Kaiak, Z. 1980. Influence of phosphorus loads and of some limnological processes on the purity of lake water. Hydrobiologia, 72(1-2), 43-50.
- Källqvist, T. 1987. Biologisk tilgjengelighet hos partikkelbundet fosfor. NIVA. Notat. O-86129. 3 s.
- Kauppi, L. 1982. Testing the applicability of the CREAMS model to esti-

- mation of agricultural nutrient losses in Finland.
Publ. Water Res. Inst., Finland 49:30-39.
- Kauppi, L. 1984A. Nitrate in runoff and river waters in Finland in the 1960's and 1970's. Vesientutkimuslait. Julk. Helsinki publ. water res. inst. Helsinki, vol. 57, pp. 31-40.
- Kauppi, L. 1984B. Contribution of agricultural loading to the deterioration of surface waters in Finland. Vesientutkimuslait. Julk. Helsinki publ. water res. inst. Helsinki, vol. 57, pp. 24-30.
- Kauranne, T. 1983. Computer program documentation for the lake model FINNECO and the river model QUAL II. Mimeographed publication of the National Board of Waters, Finland 1983: 163. 425 s.
- Kjellberg, G. 1985. Overvåking av Mjøsa. Sammendrag, trender og kommentarer til situasjonen 1976-84. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 192/85. NIVA O-8000203.
- Kjellberg, G. 1985. Basisundersøkelse i Trysilelva 1981-84. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 211/86. NIVA O-8000232.
- Kjellberg, G., Rognerud, S., 1983. Basisundersøkelse i Storsjøen, Odal, 1982. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 84/83. NIVA O-8000212, 43 s
- Kjellberg, G. og Rognerud, S. 1985. Tiltaksorientert overvåking i Gudbrandsdalslågen ved Fåberg 1984. Overvåk.rapp. 190/85.
- Krogstad, T. 1985. Fosfor i erosjonsmateriale. VANN 1:6-11.
- Krogstad, T. 1986. Fosfor i erosjonsmateriale. Sluttrapport. NLVF-rapport nr. 643., 13 s.
- Landbruksdepartementet 1984. Forurensninger fra landbruket. Omfang og virkemidler. Delutredning I, 61 s.
- Landbruksdepartementet 1986. Forurensninger fra landbruket. Kostnader ved forurensningsbegrensende tiltak og aktuelle virkemidler. Delutredning II, 71 s.

- Lien, L. m.fl. 1983. Namsenvassdraget. Basisundersøkelser 1981-1982. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 113/83. NIVA O-8000219.
- Lindstrøm, E.A. og Tjomsland, T. 1982. Resipientundersøkelse i tilknytning til utbygging av Lygnavassdraget. NIVA O-80052.
- Lingsten, L. 1981. Dokka/Etna-vassdraget. Undersøkelser i forbindelse med plan om kraftverksutbygging. Vannkvalitet. Virkninger av reguleringsinngrep. Forslag til minstevannføring. NIVA O-77102.
- Lingsten, L. 1982. Rutineundersøkelser i Glåma i Østfold 1978-80. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 30/82. NIVA O-8000222.
- Lingsten, L. og Holtan, H. 1981. Glomma i Hedmark. Hovedrapport. Undersøkelser i tidsrommet 1978-80. 2. utg. O-78045. II.
- Lundekvam, H. 1977. Kjemisk kvalitet i avrenningsvatn frå jordbruksområda i Norge. NORDFORSK-publ. 2: 207-220.
- Lundekvam, H., 1981. Husdyrgjødsel og avløp fra driftsbygninger. Utkast til sluttrapport. Institutt for hydroteknikk, NLH. 31 s.
- Lundekvam, H. 1981. Husdyrgjødsel og avlaup frå driftsbygningar. Sluttrapport frå NLVF-prosjekt ved Inst. for Hydroteknikk, NLH
- Lundekvam, H. 1982. Nitrogen og fosfor frå jordbruksareal. Utviklinga 1949-79 illustrert med enkel modell. VANN 2: 262-278.
- Lundekvam, H. 1986. Kan utenlandske modellar simulere stofftap frå jordbruksareal i Norge? VANN 2: 139-145.
- Løvik, J. E. 1977. Snåsavassdraget og elver ved Namdalseid. Orienterende undersøkelser 1976/77. O-47/76. respons. Nordforsk. Miljøvårdsserien 1984:2. 71-77.
- Løvstad, Ø. 1984. Effekter av erosjonen. Tilgjengelig fosfor og algerespons. Side 69-77 i tjugonde Nordiska Symposiet om Vattenforskning: Jordbrukets forurening av vattermiljøen. NORDFORSK - Miljøvårdsserien, Publikation 1984:2.

- Midtskogen, O.-I., 1985. Sluttrapport for Blågrønnalgeovervåking i Sandnes kommune 1985. Sandnes kommune. 9 s.
- Martinez, R. 1978. Some preliminary data on nutrients and chlorophyll in organically polluted rivers (Granada/South Spain). Verh. Int. Ver., Vol. 20 (pt. 4).
- Miljøverndepartementet, 1985. St.meld. nr. 51 (1984-1985). Om tiltak mot vann- og luftforurensninger og om kommunalt avfall. 93 s.
- Miljøverndepartementet, 1985. Bilag til Stortingsmelding nr. 51 (1984-1985).
- Miller, M.M., J.B. Robinson, D.R. Coote, A.C. Spires and D.W. Draper 1982. Agriculture and water quality in the Canadian Great Lake Basin. III Phosphorus. J. Environ. Qual. 11(3): 487-493.
- Mjelde, M. og Rørslett, B. 1981. Undersøkelse av høyere vegetasjon i Goksjø, Vestfold. NIVA O-78081.
- Mohaupt, V., Wernecke, G. 1983. Mathematische simulation von Nährstoff-umwandlung und -transport in Einzugsgebieten. Literaturübersicht. Acta Hydrochim. Hydrobiol., vol. 11, no. 6, pp. 609-621,
- Moore, I.C., Madison, F.W. 1985. Description and application of an animal waste phosphorus loading model. J. Environm. Qual., Vol. 14, no. 3, pp. 364-368.
- Nazarov, G.B., Kuznetsov, V.K. 1984. Loss of phosphorus and sediment load in agricultural drainage basins. Hydrobiol. J., no. 6, pp. 43-45.
- Niemi, J. 1984. Erfarenheter av vattenkvalitetsmodeller vid vattenstyrelsen. Nordforsk. Miljøvårdsserien 1984:2:149-156.
- Njøs, A. og P. Hove 1984. Erosjonsundersøkelser - vannerosjon. NLVF sluttrapport nr. 496, 12s.
- Nordforsk, Miljøvårdsserien, 1984. Jordbrukets Førorening av vattenmiljøen. Publikasjon nr. 2, 1984. 253 s.
- Persson, G., O. Broberg, M. Jansson og B. Nylund, 1978. Biologisk

relevanta former for fosfor. P-prosjektets rapport nr. 1: Litteraturgjennomgang. Univ. Uppsala, Limn. Inst., 97 s.

Persson, G., O. Broberg, M., Janson og B. Nylund, 1979: Biologisk relevanta former av fosfor. P-prosjektets rapport nr. 2. Univ. Uppsala, Limn. Inst., 76 sider.

Person, G., 1980. Biologisk relevanta former av fosfor. P-prosjektets rapport nr. 3. Univ. Uppsala., Limn. Inst., 31 sider.

Rannem, G., 1987. Snåsavassdraget. Arealopplysninger. Nord-Trøndelag fylkeskommune. 3 s.

Rinaldo, A., Marani, A. 1985. Runoff and receiving water models for NPS discharge into the Venice Lagoon. International Conference on Agriculture and Environment Venice, Italy.

Rognerud, S., D. Berge og M. Johannessen 1979. Telemarksvassdraget - hovedrapport for undersøkelsene i perioden 1975-79. NIVA O-70112.

Rognerud, B., 1985: Forurensning fra landbruket. Særtrykk av aktuelt fra SFFL, nr. 4/1985. 13 s.

Rognerud, S., 1984. Basisundersøkelsene i Engeren 1983. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 134/84. NIVA O-8000232.

Rognerud, S., Berge, D. og Johannessen, M. 1979. Telemarksvassdraget. Hovedrapport for undersøkelsen i perioden 1975-1979. NIVA O-70112. 82 s.

Rognerud, S. og Kjellberg, G. 1985. Undersøkelser av Begna 1984-86. Årsrapport 1984. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 205/86. NIVA O-8000236.

Rognerud, B. 1985. Forurensning fra landbruket. Årsak, virkning og aktuelle tiltak for å redusere stofftapet. Aktuelt fra SFFL nr. 4.

Rørslett, B. og Skulberg, O. 1975. Vegetasjonsundersøkelser i Østensjøvatn, Oslo kommune, 1974-75. NIVA O-69/72, 65 s.

Rørslett, B., Berge, D., Erlandsen, A.H., Johansen, S.W., Brettum, P.,

1984. Vasspest i Steinsfjorden, Ringerike. Innvirkning på vannkvalitet 1978-83 og behov for tiltak. NIVA O-82132.
- Rørslett, B., D. Berge & S. Johansen, 1985. Mass invasion of Elodea canadensis in a mesotrophic, South Norwegian lake - impact on water quality. Verh. int. Ver. Limnol. 22: 2920-2926.
- Seip, K.L. 1985. En matematisk modell for virkningen av 1. Otta utbygging på Mjøsas økosystem. Rapport. Senter for industri-forskning (SI).
- Sharpley, A.N. og J.K. Syers 1979. Phosphorus inputs into a stream draining an agricultural watershed. Water, Air and Soil Pollution 11: 417-428.
- Skulberg, O. 1972. Resipientforholdene i Romeriksvassdragene, Nitelva, Leira og Røymua. Hovedrapport. Rapportdel I. O-55/68.
- Skulberg, O., 1984. Landbruksforurensning og problemer med masseutvikling av blågrønnalger. Nordforsk. Miljøvårdsserien 1984:2. 183-194.
- Skulberg, O. og Kotai, J. 1982. Haldenvassdraget. Vannkvalitet og forurensningsvirkninger. Resultater av vassdragsundersøkelser for Haldenvassdragets vassdragsforbund 1975-1981. NIVA O-70219.
- Statens Forurensningstilsyn. 1985. Handlingsplan mot landbruksforurensninger.
- Stubsjøen, M. 1984. Forurensninger fra jordbruket. Omfang og virkemidler. Delutredning 1. Landbruksdepartementet. Rapport 2.
- Sæter, B. 1982. Flora og vegetasjon i Snåsavassdraget, Nord-Trøndelag. Botaniske undersøkelser i verna vassdrag. Delrapport 10. K. DKNVS, Museet, Rapp. Bot. Ser. 1982-84.
- Tjomsland, T. m.fl. 1981. Resipientundersøkelser i tilknytning til utbygging av Tovdalsvassdraget. NIVA O-79029.
- Toner, P.F. 1987. Impact of agriculture on surface water in Ireland: Part 1. General. Environ. Geol. Water Sci., vol. 9, no. 1, pp. 3-10.
- Tornes, N., 1986. Notat fra prosjektgruppa omkring forurensnings-

- situasjonen i Ims-Lutsivassdraget pr. feb. 1986. Sandnes kommune. 8 s.
- Traaen, T. m.fl. 1985. Overvåking av Målselv-Barduvassdraget 1984. Statlig Program for Forurensningsovervåking (SFT), rapp. nr. 200/85. NIVA O-8000211.
- Tveitnes, S., 1985. Husdyrgjødsel, jordforbedringsmiddel og avfall med forurensningsrisiko. Serie B. 5, Institutt for jordkultur, NLH.
- Tyrifjordutvalget 1981. Tyrifjordundersøkelsen. Årsrapport 1980. Drammen.
- Ulén, B. 1981. Erosjon av fosfor från øker. NJF-seminar nr. 19, Oslo, 9 s.
- Uhlen, G. 1978. Nutrient leaching and surface runoff in field lysimetres on a cultivated soil. Meld. NLH 57 (27-28).
- Uhlen, G. 1985. Plantenæringsstoffer fra landbruk som forurensning i vassdrag. VANN 1: 2-5.
- Vennerød, K. 1984. Håndbok i innsamling av data om forurensnings-tilførsler til vassdrag og fjorder. NIVA O-82014/F-82436.
- Williams, J.D.H., H. Shear, and R.L. Thomsa, 1980. Availability to Scenedesmus quadricauda of different forms of phosphorus in sedimentary materials from The Great Lakes. Limnol. Oceanogr. 25: 1-11.
- Vollenweider, R.A. 1976. Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33:53-83.
- Young, T.C., and J.V. DePinto, 1982. Algal availability of particulate phosphorus from diffuse and point sources in the lower Great Lakes basin. Hydrobiol. 91: 111-119.
- Åstebøl S.O., Rosland, F., Malme, B., Holtan, G., Berge, D. 1987. Vannbruksplann for Farrisvassdraget. GEFO NIVA 65 s.

9. VEDLEGG

Vedleggene gir korte regionale oversikter i tekst og tabeller over utvalgte innsjøer og vassdrag i jordbruksområder, forurensningsproblemer og brukerkonflikter knyttet til disse. Vi har valgt å utelate fjordområdene i dette arbeidet, da andre forurensningskilder oftest her anses å ha større betydning. Vi har forsøkt å konsentrere oppmerksomheten om forurensning som skyldes/kan skyldes jordbruksvirksomhet. Derfor er annen type forurensning, som f.eks. avrenning fra gruvedrift/annen industri og "sur nedbør", bare sporadisk nevnt. Opplysningene er hentet fra tidligere undersøkelser, SFT's oversikt (Landbruksdepartementet, 1984), Bilag til St.melding nr. 51 for 1984-85 (Miljøverndepartementet, 1985) og forsøkt oppdatert ved hjelp av fylkesmennenes miljøvernavdelinger.

VEDLEGG 1

ØSTFOLD-AKERSHUS-VESTFOLD

ØSTFOLD: Overgjødsling, dårlige mikrobiologiske forhold og høye partikkelkonsentrasjoner er et problem i de større vassdragene og i fjordområdene.

Haldenvassdraget: Forurensningssituasjonen (overgjødslingen) skaper ulemper for de fleste brukerinteressene, spesielt store for vannforsyningen pga. dårlige mikrobiologiske forhold, dårlig lukt, smak og farge. Femsjøen/Lille Ertevann og Rødenessjøen er drikkevannskilde for ca. 26.000 personer. Vassdraget er viktig for friluftsliv og rekreasjon (hytter, campingplasser, båtliv etc.). Fiskebestanden er stor i de fleste vassdragsdeler. Vassdraget er regulert, noe som i liten grad synes å påvirke forurensningssituasjonen.

Glomma: Den mest markerte brukerkonflikt er mellom resipientbruk og vannforsyning. Glomma er drikkevannskilde for ca. 100.000 mennesker (Eidsberg, Askim og Sarpsborg- og Fredrikstadområdet). Glomma gir store muligheter for friluftsliv og rekreasjon. I Glomma nedstrøms Sarpsborg er vannet lite egnet til bading pga. de mikrobiologiske forhold - i sideløpet, med Visterflo/Skinnerflosystemet, skjer tilgroing i stort omfang.

Vansjø/Hobølvassdraget: Høy algevekst (pga. overgjødsling) og periodevis oppblomstringer av blågrønnalger gir dårlig farge, lukt og smak på vannet. Problemalgen Gonyostomum cf semen som klister seg til kroppen på badende og kan fremkalle allergireaksjoner, har også forekommet i større mengder. Strandvegetasjonen ekspanderer. Til tider oppstår oksygenfrie forhold i bunnvannet i Vansjø. Store partikkelmengder tilføres vår og høst og gjør vannet grumset. Som i Haldenvassdraget skyldes dette sannsynligvis endringer innen landbruket.

Partikler og alger skaper størst problemer for drikkevannsinteressene. Vansjø er drikkevannskilde for ca. 45.000 personer. I tillegg er vassdraget viktig for friluftsliv og rekreasjon. En stor fiskebestand danner grunnlag for yrkesfiske.

AKERSHUS: I landbrukspåvirkede vassdrag har overgjødslingen økt, og er sammen med den mikrobiologiske forurensningvirkning fremdeles markert i mange vannforekomster.

Årungen er fremdeles så produktiv at den er lite egnet for de fleste

brukerinteresser.

Nedre deler av Leira, Rømua og Hølenvassdraget er pga. overgjødsling uegnet til drikkevann, badevann og til dels rekreasjon og fiske.

Glomma: Vassdraget er moderat overgjødslet og hygienisk påvirket. Dette har stor betydning da Glomma i Akershus er drikkevannskilde for ca. 100.000 personer.

Konfliktene mellom forurensningssituasjonen og drikkevannsinteresser/friluftsliv/rekreasjon er særlig store i fylkets vannforekomster da alternative vannforekomster er vanskelig å finne.

VESTFOLD: Overgjødsling er det største forurensningsproblemet.

(Numedalslågen er omtalt under Buskerud)

Deler av Aulivassdraget og Sandevassdraget er kraftig overgjødslet. Forurensningssituasjonen er til hinder for fiskeinteresser som er knyttet til vassdragene. Til tider forårsaker siloutslipp fiskedød. Vassdragene kan få stor betydning i friluftsliv- og rekreasjonssammenheng dersom forurensningssituasjonen bedres, men er lite attraktive til disse aktivitetene idag.

I øvre del av Eikerenvassdraget har situasjonen bedret seg, men forholdene er fortsatt uakseptable. Markert overgjødsling lokalt skyldes tilførsel av kloakkvann fra spredt bebyggelse og i særlig grad avrenning/utslipp fra landbruket. Fritids- og rekreasjonsinteressene som er knyttet til vassdraget er betydelige. Innsjøen Eikeren er potensiell drikkevannskilde for store deler av Buskerud og Vestfold. Den er lite forurenset.

Flere mindre innsjøer bl.a. Borrevann, Akersvann og Goksjø utvikler seg svakt i negativ retning. Dette skyldes avrenning fra spredt bebyggelse og i særlig grad utslipp/avrenning fra landbruk. Akersvann og Borrevann er reservevannkilder i Vestfold, og deler av innsjøene er vernet for fugleliv. Alle tre innsjøer benyttes til sportsfiske og rekreasjon, men verdien for disse brukerinteressene er redusert ved begroinger, igjengroing av bukter og vikar, tette belter med strandvegetasjon og til tider farget og uklart vann.

KONKLUSJON: I landbrukspåvirkede vassdrag anses eutrofieringsutviklingen (overgjødsling) med vannblomst av blågrønnalger, begroing og gjengroing å være det største forurensningsproblemet. Den

mikrobiologiske forurensningsvirkningen og høye partikkelkonsentrasjoner pga. bakkeplanering er også markert i mange vannforekomster.

På grunn av befolkningsintensiteten og relativt få upåvirkede vannforekomster er brukerkonfliktene spesielt store i området. Noen spesielle konflikter kan trekkes fram:

- Det er særlig vanskelig å finne egnede drikkevannsforkomster i området.
- I en del vannforekomster har eutrofieringen ført til fremvekst av problemalgen Corystonium cf. semen, som hefter seg til huden ved bading og danner geleaktig belegg.

VEDLEGG II:

BUSKERUD - HEDMARK - OPPLAND

BUSKERUD: I flere vassdrag er markert til stor mikrobiologisk forurensning til ulempe for drikkevanns- og badeinteressene. Overgjødningen er moderat til markert. Disse forholdene skyldes i hovedsak kloakkutslipp.

Nunedalslågen: Nedenfor Kongsberg er vassdraget overgjødnet, grumset, og har høyt innhold av tannbakterier. Dette skyldes både at elva her er naturlig slamførende og at den menneskelige påvirkning (særlig landbruksaktiviteter) er stor. Nunedalslågen er blant de 5 største lakseelvene i landet. Det dannes begroinger på fiskestengene og bunnforholdene er dårlige. Lågen er viktig i rekreasjonssammenheng. Grumset, farget vann, og nedstrøms Kongsberg, dårlige mikrobiologiske forhold er til ulempe / hinder for bading / rekreasjon. Lågen brukes til jordbruksvanning, kraftproduksjon og til drikkevann via løsavsetninger langs elvebredden.

Overgjødningen av Steinsfjorden øker. På sensommeren forekommer store mengder blågrønnalger. Samtidig er oksygeninnholdet i dypvannet lavt slik at næringssalter som er bunnfelt i sedimentet frigjøres. Det ser også ut som om vasspesten kan medføre en indre gjødning. I 1982 var ca 25% av bunnarealet og det meste av strendene bevokst med vasspest. I tillegg til intern gjødning kommer tilførsler fra nedbørfeltet. I Steinsfjordens nedbørfelt har både jordbruk og sanitærutslipp relativt sett over dobbelt så stort omfang som i Tyrifjordens lokale nedbørfelt forøvrig. Vasspesten skaper store problemer for bruken av Steinsfjorden både til båtsport, bading, fiske, krepsing m.m. Både Tyrifjorden og Steinsfjorden er meget populære i rekreasjonssammenheng. Det drives utstrakt fritidsfiske og næringsfiske, særlig etter kreps i Steinsfjorden og storørret i Tyrifjorden.

Fra Åmot og sørover mottar Drammenseelva tilløp fra Simoa, Bingselva og Vestfossenelva, som generelt har dårligere vannkvalitet enn Drammenseelva. Dette skyldes i hovedsak kloakkvannstilførsler, men også noe avrenning fra jordbruksområder.

Lierelva mottar utslipp/avrenning fra jordbruk, kloakk og industri. Spesielt viktig er utslipp fra treforedlingsindustri øverst i vassdraget. Stor mikrobiologisk forurensning reduserer mulighetene for bruk til grønnsakvanning og bading/rekreasjon. Aktiv fiskerøkt har

gitt dårlig resultat.

HEDMARK: Tiltak for å redusere forurensningstilførsler fra befolkning, industri og landbruk har gitt bedre forhold i mange større vassdrag. I Mjøsa har den positive utviklingen nå stoppet opp. En del vassdrag er fortsatt markert forurenset. Brukerkonfliktene er ikke så store fordi fylket har så mange upåvirkede mindre vassdrag/innsjøer, samtidig som befolkningstettheten ikke er så høy. (Betydelige deler av Sør-Hedmark er berørt av forsuring.)

Mjøsa er drikkevannskilde for ca 55.000 personer. Før Mjøsaksjonen hadde drikkevannet dårlig lukt og smak. Dette skyldes en blågrønnalge som skiller ut stoffet geosmin. I dag opptrer dårlig lukt og smak bare sporadisk. Det er imidlertid fremdeles fare for oppblomstring av de geosminproduserende blågrønnalgene. Betydelige rekreasjons- og fiskeinteresser er knyttet til Mjøsa. Dagens store fiskeavkastning danner grunnlag for et utbredt sportsfiske. Tidligere var algeveksten så stor at den periodevis tettet igjen garnene. Dette forekommer bare sporadisk nå (1983), men fortsatt er begroinger langs strendene et problem. Lokal belastning av organisk stoff bl.a. pga. utslipp fra treforedlings- og næringsmiddelindustri skaper også problemer i Mjøsa. Den klare forbedringen i vannkvalitet siden 1977 ser nå ut til å stoppe opp. Mjøsas økologiske tilstand er fortsatt betenkelig og ytterligere næringssaltreduksjon er nødvendig.

En del av tilførselselvene til Mjøsa har fremdeles stor forurensningsgrad i de nedre deler når det gjelder mikrobiologisk forurensning. Elvene brukes til jordbruksvanning, noe som gir svært lav sommervannføring. Dette gjør at selv små forurensningstilførsler får stor effekt.

Med hensyn til overgjødning har Glommavassdraget på en del strekninger utviklet seg positivt etter bygging av renseanlegg (f.eks. Tynset, Koppang). Lokalt er imidlertid de mikrobiologiske forhold fortsatt dårlige, og lukt og lite estetiske forhold en ulempe for rekreasjonsinteressene.

I Storsjøen i Rendalen er kraftige algebegroinger langs strendene fortsatt et problem. Hovedvannmassene har imidlertid bedre siktedyp enn tidligere, og problemet med alger som gror på fiskegarn har avtatt. Brukerkonfliktene er små, da få personer er berørt.

I Storsjøen i Odalen har sanering av kloakk medført forbedrede forhold i to av tilførselselvene. Resten av tilførselselvene er fortsatt

preget av begroinger, dårlig lukt og smak på vannet og høyt bakterietall pga. tilførsler fra befolkning og landbruk. Algeveksten i Storsjøen har avtatt, men er fortsatt et problem for garnfisket.

Trysilelva er lite påvirket ovenfor Jordet. Nedstrøms Innbygda har begroinger og luktproblemer avtatt noe de senere år, men overgjødslingsvirkninger og høyt bakterieinnhold er fortsatt problem.

I tillegg til de større vannforekomstene som er beskrevet her, finnes en rekke mindre vannforekomster hvor forurensningssituasjonen er et problem for brukerinteressene.

OPPLAND: Mjøsaksjonen har medført bedringer i en rekke vassdrag. Forurensningsgraden for overgjødsling og mikrobiologisk forurensning er likevel moderat/stor i flere større vassdrag, og til ulempe for drikkevannsinteresser, rekreasjon og fiske. Vasspest skaper problemer i Jarenvann. Mange vannforekomster i forhold til befolkningstallet gjør at konfliktene ikke er større.

Som en følge av Mjøsaksjonen har forholdene i Gudbrandsdalslågen og i de andre tilløpselvene til Mjøsa forbedret seg. Men enkelte elver som Gausa, Hunnselva (boligkloakk, industriutslipp) og spesielt Lena, mottar fortsatt betydelige forurensningstilførsler.

I Gausa er forholdene noe bedre, men den nedre del er fortsatt betydelig påvirket av utslipp fra tettsteder og avrenning fra jordbruk.

Lenaelva har lav sommervannføring pga. uttak til jordbruksavrenning/kraftproduksjon. Elva mottar store tilførsler fra jordbruket. Tidligere forekom årlig fiskedød pga. siloutslipp. Forholdene er noe bedre nå, men fiskedød forekommer fortsatt i sideelver. Begroing/lukt er til stor ulempe for rekreasjon og fiske.

(Mjøsa er beskrevet under Hedmark)

Jarenvatn har vært sterkt overgjødslet i en årrekke på grunn av tilførsler av avløpsvann fra husholdninger og avrenning fra landbruksaktiviteter. Vasspest danner tette, 3-4 m dype bestander langs strendene. Blågrønnalger dominerer algesamfunnet i Jarenvatnet sommer og høst. Anvendbarheten til andre formål enn resipientbruk er sterkt forringet. Både kraftig algevekst og vasspest hindrer eller vanskeliggjør utøvelse av fiske, bading, båtsport m.v.

De siste 10 år har middelvannføringen i Vigga avtatt pga. økt uttak til jordbruksvanning. Dette antas å være årsak til økt begroing på bunn og steiner på tross av at det er bygget renseanlegg i området. I nedbørfeltet til Vigga er det fortsatt en del utilfredsstillende surforsiloer og gjødselkjellere. Dette har ført til "lammehalevekst", særlig i mindre elver eller bekker som munnar ut i Vigga. Forøvrig er en forholdsvis stor andel av jordbruksarealet åpen åker. Arealavrenning er trolig en vesentlig årsak til den overgjødsling som finner sted.

Vasspesten er til hinder for utøvelse av fiske.

Lokalt i Begna forekommer overgjødsling på grunn av avrenning fra jordbruk. Nedstrøms tettsteder er de hygieniske forhold dårlige. Forurensningssituasjonen er til ulempe for drikkevannsinteressene i Begna.

Mange mindre sideelver og bekker er klart forurenset, særlig i visse perioder. Betydelige problemer gjenstår som følge av avrenning fra utette gjødselkjellere og surforsiloer. Dette medfører blant annet stor soppvekst ("lammehaler"). Det er meldt om flere tilfeller hvor dette har ført til problemer både for vannforsyning, fiske m.v.

KONKLUSJON: Forurensningsgraden for overgjødsling og mikrobiologisk forurensning er moderat/stor i flere av de større vassdragene. Vasspest skaper problemer i Steinsfjorden og Jarenvann. Brukerkonflikter oppstår særlig i forbindelse med drikkevannsforsyning. Mange og store vannforekomster i forhold til befolkningsmengden sikrer rekreasjonsinteressene og gjør at brukerkonfliktene er mindre utpreget enn f.eks. i Akershus og Østfold.

VEDLEGG III:

TELEMARK - AUST-AGDER - VEST-AGDER

TELEMARK: Tilførsler av næringsalter fra bosetting, noe landbruk, industri (bl.a. treforedlingsindustri og kunstgjødsselfabrikk) skaper lokale overgjødslingsproblemer i vassdragene, og store overgjødslingsproblemer i Skienselva/Grenlandsfjordene. (I vassdragene i den nordligste del av fylket utgjør forsuring det største forurensningsproblem.)

Overgjødning, mikrobiologisk forurensning og høye PAH-konsentrasjoner (Heddalsvatn, Norsjø) reduserer verdien av Telemarksvassdraget for andre brukerinteresser enn resipientbruk. Vassdraget benyttes som vannforsyning både til industri (prosessvann/kjølevann), jordbruk (vanning, drikkevann for buskap), samt som drikkevann for mennesker (Rjukan, Notodden, Ulefoss og Skien). I tillegg brukes vassdraget til rekreasjon og fiske. Tinnelva, Norsjø og Heddalsvatn er kjent for godt fiske av bl.a. røye, ørret og sik. Båttrafikken på vassdraget er stor. På Norsjø og i Bandakkanalen er dette i konflikt med drikkevannsinteressene.

Bøelva er periodevis preget av tilførsler fra landbruk. I Måna og Bøelva overskrider innholdet av tannbakterier jevnlig helsemyndighetens krav til badevann. Flere drikkevannsinntak og vannverk i Bøelva ble nedlagt ca 1978 pga. høyt bakterieinnhold.

Skienselva er kraftig forurenset selv om nitrogen- og fosforkonsentrasjonen i nedre del har avtatt merkbart pga. reduserte utslipp. Utslippene av organisk materiale bidrar til høyt oksygenforbruk og grumset vann. Den dårlige vannkvaliteten i Skienselva hindrer oppgang av laks.

AUST-AGDER: Særlig de nedre deler av vassdragene og sidevassdrag har moderat/markert forurensningsgrad når det gjelder overgjødning og mikrobiologiske forurensningsvirkninger. Dette er særlig et problem for drikkevannsforsyningen. Forurensningsproblemene forsterkes i flere vassdrag pga. regulering til kraftproduksjon. (I de øvre deler av vassdragene har forsuring medført at fiskebestandene er sterkt redusert eller totalt utryddet.)

Nidelva: Nedstrøms er overgjødslingen og den mikrobiologiske forurensningsvirkningen moderat. Sideelvene er også sterkt påvirket av tilførsler fra landbruk og kloakk. Lilleelv er særlig kraftig forurenset. Tilførslene fra sideelvene kombinert med den lave

vannføringen, gjør at hovedløpets selvrensningsevne periodevis (særlig om vinteren), blir sterkt overskredet, noe som gir oksygensvikt i vannmassene. Nidelva tjener direkte eller indirekte som vannkilde for ca halvparten av Aust-Agders befolkning. Reguleringene tilknyttet kraftutbygging, moderat overgjødsling og mikrobiologisk påvirkning gir konfliktmuligheter med vannforsyningsinteressene. Forøvrig er forurensningssituasjonen i den nedre del i konflikt med friluftsfiskeinteresser. Friluftsfiskeinteressene er store. Det foregår fiskeutsetting i elva, og det er planlagt laksetrappes ved Rygene og Evenstad. Det er registrert fiskedød pga. nitrogenovermetning forårsaket av spesielle forhold ved kraftstasjonen.

Den øvre del av Barbuwassdraget mottar forholdsvis små tilførsler fra menneskelig aktivitet. Kvaliteten i Nordnestjern og særlig Krakstadvann er derfor god, mens Engelstjern har liten resipientkapasitet og dårlige forhold.

Jordbruksområdene og befolkningen i området er særlig konsentrert om Longumvatn, Langsævatn og Jovatn, og gir markert/stor overgjødslingsevne og dårlige mikrobiologiske forhold. Algeproduksjonen er stor og gir farget, grumset vann, samtidig som dyplagene i perioder er oksygenfrie.

Økt utnyttelse av områdene rundt disse innsjøene fra 1960 til i dag har medført etablering av en betydelig strandvegetasjon i grunne områder og økt algeproduksjon. Markert mikrobiologisk forurensning er svært uheldig med tanke på at Longumvatn tjener som reservedrikkevannskilde for Arendal/Grimstadregionen, og som drikkevannskilde for enkelthus i området. Vassdraget brukes i friluftsfiske- og rekreasjonssammenheng, men bading er frarådet i Langsævatn og Jovatn.

Godderstadbekken og Jorstadvatn tilføres diffus avrenning fra spredt bosetting og landbruk. Dårlig avløpsnett og lav tilknytningsgrad til renseanlegg gir stor mikrobiologisk forurensning på en del steder. Forurensningstilførsler fra landbruk har lokalt medført fiskedød. Jorstadvannet er vannkilde for og brukes til bading av befolkningen rundt vannet.

Gjerstadvassdraget er noe overgjødslet pga. tilførsler fra bebyggelse og jordbruk. Påvirkningen øker til moderat nedover i vassdraget.

Lindtveitbekken mottar avrenning fra spredt bebyggelse og landbruk. Innsjøavsnitt er i ferd med å gro helt igjen med høyere vegetasjon, og

de mikrobiologiske forhold er dårlige på en del strekninger. Vannet ble tidligere brukt til vanning av grønnsaker og bær. Dette er nå frarådet.

VEST-AGDER: Nedre deler av vassdragene er moderat forurenset når det gjelder overgjødning og mikrobiologiske forurensningsvirkninger. Kraftproduksjonen forsterker forurensningsproblemene. (Nesten alle vassdrag har sterk og økende forsuring, med reduserte eller utryddede fiskebestander.)

Sira, Kvina, Mandalselva, Otra er sterkt påvirket av utbygging til kraftproduksjon. Deler av vassdragene har til tider svært liten vannføring (i perioder fullstendig tørrlegging) noe som forsterker forsuringen og reduserer resipientkapasiteten.

Nedre del av hovedvassdragene, samt enkelte sidevassdrag er moderat/ markert påvirket av boligkloakk/jordbruksavrenning. Dette gir konflikt med friluftsliv- og badeinteressene.

Nedre deler av Audna kan til tider være merkbart påvirket av avrenning/utslipp fra jordbruk og fra kloakkutslipp, noe som er i konflikt med friluftsliv- og badeinteressene.

Høyeåna som er sideelv til Mandalselva, er markert påvirket av boligkloakk og avrenning fra jordbruksvirksomhet. Friluftslivsinteressene i Høyeåna er særlig store.

Nedre deler av Tovdalselva er moderat påvirket av boligkloakk og jordbruksavrenning, samtidig som friluftsliv- og badeinteressene er meget store.

I nederste del av Songedalselva er tilførsel fra boligkloakk sanert og tilført sjøen utenfor. Dette har bedret forurensningssituasjonen når det gjelder overgjødning og mikrobiologiske forhold. Imidlertid reduserer avrenning fra spredt bosetting og jordbruksvirksomhet fortsatt elvas verdi for friluftsliv- og badeinteressene.

Nedre del av Otra har stor forurensningsgrad både for overgjødning og miljøgifter. Den hygieniske forurensning og forsuringen er markert.

Tilførsel av næringssalter kommer fra kloakkutslipp, tilførsler fra landbruk og industriutslipp. Det har ikke vært noen vesentlige endringer i næringssalttilførslene fra 1974-75 til i dag. På tross av noe reduserte tilførsler fra industri er Otra nedenfor Venneslafjordens utløp fortsatt så forurenset at elva bare kan brukes

til kraftproduksjon og som resipient. De potensielle muligheter for fiske, båtliv og rekreasjon er store.

KONKLUSJON: Det største forurensningsproblemet i området er forsurening. De fleste vannforekomstene er markert/kraftig forsuret, noe som ødelegger fiske og delvis rekreasjonsforholdene. Særlig de nedre deler av vassdragene og sidevassdrag har moderat/kraftig forurensningsgrad når det gjelder overgjødning og mikrobiologiske forurensningsvirkninger. Forurensningsproblemene forsterkes i flere vassdrag pga. kraftproduksjon. Eutrofiering/saprobiering/hygiene skaper størst problem for drikkevannsinteressene.

VEDLEGG IV:

ROGALAND: Vassdragene i søndre og indre deler av fylket er moderat til kraftig forsuret, og fiskebestanden sterkt redusert. Jærvassdragene er kraftig overgjødslet som følge av forurensninger fra landbruket. Vassdragene representerer viktige friluft- og rekreasjonsområder, og i noen vassdrag er det drikkevannsinteresser.

Undersøkelser i flere av vassdragene har vist at avrenning fra landbruksarealer er den viktigste årsaken til overgjødslingen. Arbeidet med å redusere avrenning/utslipp fra gjødselkjellere og siloanlegg har pågått i flere år. Til tross for en viss bedring, er problemet fremdeles stort. Arealavrenningen er dessuten stor. De kommunale avløp er delvis ført til sjøen. Vassdragene mottar i tillegg avløp fra spredt bebyggelse.

Lite oksygen i bunnvannet i innsjøene gjør at tidligere bunnfelte næringssalter frigjøres og gir "selvgjødsling". Vassdragene representerer betydelige rekreasjonsinteresser for et stort omland.

Orre- og Figgjovassdraget er ekstremt overgjødslet. I Orrevassdraget har ca 50 husdyr dødd etter å ha drukket vannet med giftige alger. Massiv fiskedød har forekommet. Næringsfiske etter sik er nå sterkt redusert. Landbruket har store vanningsinteresser og det er vesentlige naturverninteresser i vassdraget.

Figgjo er en av de viktigste lakseelvene i Rogaland. Særlig de nedre delene av vassdraget er sterkt forurenset, og gyte- og oppvekstplasser for fisk er skadet over lengre strekninger. Øvre deler av vassdraget er vannkilde for Jæren, og det er kraftproduksjon ved Ålgard og Figgjo. I Limavatnet og Edlandsvatnet er det enkelte år oppblomstring av giftige alger som bl.a. skaper problemer for fiskeoppdrettsanlegg i Figgjo.

Im-Lutsivassdraget er inne i en alvorlig overgjødslingsutvikling. Vanningsinteressene er betydelige og det drives oppdrett av laksefisk.

Håelva er markert overgjødslet i de nedre deler. Utslipp av silosaft gir dårlige oksygenforhold, soppvekst og fiskedød. Vassdraget er også moderat forsuret. Fiskefangstene har gått sterkt tilbake fra 1967.

Så å si alle småvassdrag på Jæren (f.eks. Husveggbekken, Åslandsåna, Salteåna/Varhaugsåna og Hårråna) er sterkt overgjødslet. Mange av vassdragene er potensielt gode sjøaureelver. Forurensning har flere

steder utryddet fiskebestander. Årlig fiskedød er vanlig mange steder. Flere boligfelt ligger ved vassdragene, og luktproblemer i forbindelse med silosaft- og gjødselforurensning er utbredt.

KONKLUSJON: Overgjødsling av vassdragene på Jæren (bl.a. Orre-, Figgjo-, Ims-Lutsivassdraget og Håelva) har pågått over lengre tid. I de senere år har det forekommet massive oppblomstringer av giftige blågrønnalger der en fra før ikke har registrert slike fenomener. Det er registrert fiske- og husdyrdød. Brukerkonfliktene er markert mellom resipientbruk og drikkevann, fiske, rekreasjon og friluftsliv.

VEDLEGG V:

HORDALAND - SOGN- OG FJORDANE - MØRE OG ROMSDAL

HORDALAND: Overgjødsling og den mikrobiologiske forurensning har økt i en rekke mindre poller og våger, og er i konflikt med friluftsliv/rekreasjon/fiske. Av større vassdrag er bare Vossevassdraget markert forurenset på enkelte strekninger. Store nedbørmengder fortynner forurensningstilførslene fra bosetting, landbruk og industri.

Amnavassdraget/Amnavågen mottar kloakk, utslipp fra næringsmiddelindustri og jordbruksavrenning. Det har ikke skjedd endringer siden 1973-74.

Vossevassdraget mottar kommunalt og industrielt avløpsvann og avrenning/utslipp fra landbruksaktiviteter (gjødsel, silo, halmluting). Næringsinnholdet i Vangsvatnet tilsier moderat overgjødsling, men stor gjennomstrømning gjør at overgjødslingen (algemengden) blir liten. Den mikrobiologiske påvirkning i Vangsvatnet har økt fra moderat/markert i 1977-80 til klart markert i 1982. Dette gjelder dypvannet der en avskjærende kloakkledning fra Vossevangen ledes ut. Kravet til tilfredsstillende badevann oppfylles i de øvre vannlag om sommeren. Vossevassdraget tjener som infiltrasjonskilde for uttak av grunnvann til drikkevann for Voss. Vassdraget blir også benyttet til rekreasjon, og det er et godt laksefiske nedenfor Vangsvatnet.

Nedre del av Oselvassdraget mottar boligkloakk fra relativt tett bosetting og landbruk, samt noe industri. Saneringstiltak er forlengst satt i verk, men vassdraget er fortsatt markert mikrobiologisk forurenset og har stor vekst av alger og strandvegetasjon. Oselva er en meget god lakse- og sjøørretelv. Vassdraget har et stort rekreasjonspotensiale som i dag delvis er utnyttet.

Steindalselva mottar avløp fra bosetting og fra et intensivt jordbruk. Dette har medført kraftig overgjødsling og mikrobiologisk forurensning. Det er fiske- og friluftsinnteresser i området.

Etnelva renner gjennom et område med intensivt jordbruk og mottar avrenning fra gjødsellager og siloanlegg. Etnelva er reservedrikkevannskilde for Etnø kommune, og brukes til rekreasjon og fiske.

SOGN- OG FJORDANE: Hovedvannmassene i vassdragene er lite forurenset, men også her er det lokale forurensningsproblemer pga. utslipp fra befolkning og i særlig grad fra landbruk. Dette skaper problemer for drikkevannsforsyning, da flere vannverk har dårlig vannbehandling.

Det meste av Sogndalsvassdraget ligger i et kulturlandskap og har tilsig fra landbruk og spredt bebyggelse. Store deler av vassdraget er moderat overgjødslet og mikrobiologisk forurenset. Ut fra den enkle rensing som vannverket har i dag, er dette til ulempe for bruken av vassdraget som drikkevannskilde for Sogndal tettsted. Et bedre alternativ er under utbygging. Fiskeinteressene er store.

Bøfjordvassdraget er moderat overgjødslet, mikrobiologisk belastet og forsuret. Avrenning fra landbruk og utslipp av mer eller mindre urensset husholdningskloakk fra spredt bosetting er de største kildene til forurensning. Det er middels store interesser for fritidsfiske og rekreasjon/friluftsliv.

Naustdalsvassdraget er moderat forurenset m.h.t. overgjødsling og mikrobiologisk påvirkning fordi det mottar avrenning fra landbruk og bosetting. Landbruket er konsentrert i dalføret nær vassdraget. Dette gir lukt og begroing i vassdraget. Det er sterke friluftsinnteresser knyttet til de øvre deler av vassdraget.

Lokalt i Breimsvassdraget er det konflikter mellom forurensningsvirkninger pga. avrenning fra landbruk (særlig siloanlegg og gjødsellager) og drikkevannsforsyning. Vassdraget er moderat forsuret uten at det synes å være noen fare for fiskebestanden. Store interesser er knyttet til laksefisket og fiskeoppdrett.

De nedre deler av Hornindalsvassdraget er tydelig påvirket av utslipp, særlig fra landbruket.

Hopra (Vik i Sogn) er kraftig påvirket av utslipp av silopressaft, gjødsel og husholdningskloakk, noe som flere ganger har medført fiskedød. En medvirkende årsak til dette er redusert vannføring pga. vannkraftutbygging.

MØRE OG ROMSDAL: Vassdragene er generelt lite påvirket, unntatt lokalt. Kraftproduksjonen har forsterket forurensningsproblemene i Surna.

Surna mottar avrenning fra spredt bebyggelse og omfattende landbruksvirksomhet. Surnadalen er godt oppdyrket langs vassdraget.

Praktiske tiltak for å redusere tilførslene fra befolkning og landbruk er utført i begrenset omfang. Av forurensende industri er særlig Rindal meieri av betydning. Det er bygget renseanlegg for utslippene fra Rindal meieri og Rindal sentrum, men undersøkelser som viser utviklingen i Surna foreligger ikke. Når det gjelder overgjødning kan hovedvannmassene karakteriseres som lite til moderat forurenset. Lokalt er vannmassene markert overgjødning.

Regulering til kraftproduksjon i Surna har medført redusert vannføring og resipientkapasitet på strekningen fra samløpet mellom Surna og Rinna ned til Trollheimen kraftstasjon. På denne strekningen utgjøres begroingen av blågrønnalger, sopp og bakterier som er indikatorer på dårlig vannkvalitet. Nedstrøms kraftstasjonen har reguleringen medført en utjevning av vannføringen, noe som har ført til kraftig begroing av en trådformet grønnalge. Dette gir til tider stor algedrift i elva. Denne begroingen vanskeliggjør utøvelsen av fisket, fordi algene fester seg til fiskeutstyret. Det er knyttet omfattende friluft- og naturverninteresser til vassdraget, bl.a. i tilknytning til en del turistbedrifter (campingplasser, hotell/pensjonat).

Moderat overgjødning og mikrobiologisk påvirkning pga. avrenning/utslipp fra jordbruk og kloakkutslipp skaper problemer for drikkevannsinteressene i Driva. Vesentlige fiske- og friluftinteresser er også knyttet til vassdraget.

Lokalt er mange mindre vann og vassdrag markert påvirket av forurensninger fra spredt bosetting og jordbruksavrenning.

KONKLUSJON: Vassdragene er generelt lite påvirket, unntatt lokalt. Kraftproduksjonen forsterker forurensningsproblemene, men store nedbørmengder fortynner tilførslene. Forurensningen reduserer likevel verdien for andre brukerinteresser som rekreasjon og fiske. Konfliktene er i hovedsak ikke markerte.

VEDLEGG VI:

SØR- OG NORD-TRØNDELAG

SØR-TRØNDELAG: Strekninger av de større vassdragene og en rekke mindre vassdrag er påvirket av landbruksforurensninger. De største brukerkonfliktene er knyttet til rekreasjon og fiske.

De nedre deler av Gaula er tydelig påvirket av jordbruksforurensninger som gir dårligere forhold for fiske og friluftsliv. Flere tettsteder langs Gaula har fått renseanlegg og forurensningsforholdene er bedret. I de nedre deler av elva er det imidlertid de siste årene registrert begroing på steiner i elva ved lavvannsføring. Vannkvaliteten i hovedvannmassene er ikke vesentlig endret de senere år.

Øvre del av Nidelva er lite forurensset. Selbusjøen er noe belastet fra kommunale utslipp og avrenning/utslipp fra jordbruket. Bedring av vannkvaliteten lokalt i Selbusjøen er visuelt registrert etter bygging av renseanlegg i Selbu. Klæbu kommune nytter Selbusjøen som drikkevannskilde. I øvre deler av Nidelva har det ikke skjedd noe vesentlig endring av vannkvaliteten. Nedstrøms Selbusjøen er elva lokalt påvirket av utslipp fra Klæbu tettsted. På strekningen Elgseter bro til utløp i Trondheimsfjorden er Nidelva sterkt belastet med kommunalt avløpsvann og industriforurensninger. Dette skaper estetiske ulemper og problemer for friluftsliv og fiske.

Overgjødsling i forbindelse med intensiv landbruksdrift har medført luktplager og uestetiske forhold for en rekke mindre vassdrag og sidebekker som f.eks. Vigda og Børselva. Problemene er i stor utstrekning knyttet til avrenning fra siloanlegg og gjødsellager.

NORD-TRØNDELAG: De større vassdragene er moderat/markert forurensset med hensyn til overgjødsling og mikrobiologiske forhold. Dette skyldes utslipp fra bebyggelse og i særlig grad landbruk. Ørretfiske og drikkevannsinteressene er særlig berørt.

Øvre del av Stjørdalsvassdraget er lite forurensset, bortsett fra på avgrensede strekninger, f.eks. ved Meråker sentrum. På strekningen Hegra-Hell øker forurensningsgraden som følge av landbruksaktivitet og bosetting. Sideelvene Gråelva og Leksa er i perioder sterkt forurensset av landbruksavrenning. Disse er viktige oppvekstområder for sjøørret, men gyte- og oppvekstforholdene er sterkt redusert. Området er særlig utsatt pga. grunnforholdene, som gjør at alle lekkasjer og utsig føres til vassdrag.

Det er satt i verk tiltak mot landbruksavrenning og bygget kloakkrensaneanlegg for sentrumsområdene. Stor interesse er knyttet til rekreasjon/friluftsliv året rundt. Flere vann i vassdraget brukes som drikkevannskilde. Forurensningssituasjonen reduserer verdien for disse brukerinteressene. Vassdraget er regulert.

Hopla-, Levanger-, Leksdal-, Ogna-, Årgård- og nedre deler av Verdalsvassdraget er markert overgjødslet og/eller mikrobiologisk påvirket. De øvre deler av vassdragene mottar avrenning fra landbruk og spredt bebyggelse. Nedover i vassdragene øker påvirkningen. Kloakk fra tettsteder og avrenning fra avfallsdeponier er medvirkende årsak til dette. Mange innsjøer har sesongmessig store problemer på grunn av avrenning fra landbruket. De viktigste aktivitetene i landbruket er husdyrhold og forproduksjon. Forurensningssituasjonen skaper ulemper for brukerinteressene i disse vassdragene. Innsjøer (særlig Hammervatnet) i Hoplavassdraget gror igjen med siv-takrørproduksjon. Utviklingen antas å ha vært negativ som følge av økte utslipp fra landbruk og bosetting. Dette gjelder særlig ved Levanger. Flere moderat overgjødslede vann i vassdraget brukes som drikkevannskilder. I Lynvatnet, hvor drikkevannsinntaket for Levanger vannverk ligger, er det i perioder oksygensvinn og hygieniske problemer.

Leksdalsvatn tjener som midlertidig drikkevannskilde for Verdal sentrum. Tilførselsbekkene er i perioder sterkt forurenset som følge av utslipp av silopressaft og lekkasje fra gjødsellager. Vassdraget er smittet med lakseparasitten Gyrodactulus og laksebestanden er sterkt synkende. Sideelvene Flora og Skilja er til dels uegnet som gyte- og oppvekstområder for sjøørret. Det er usikkert om sjøørreten vil finne gyteområder i hovedelva Figga.

Settervatnet i Ognavassdraget har oksygensvinn i dyplagene store deler av året. Augla er en av de viktigste sideelvene til Ogna når det gjelder oppvekstområder for sjøørret. Punktutslipp har redusert gyte- og oppvekstforholdene.

Auster- og Tinglumselva, sideelver til Årgårdsvassdraget, var opprinnelig lakseførende. Den store landbruksavrenningen gjør at elvene nå er uskikket som oppvekstområder for fisk. Den største brukerkonflikten i Årgårdsvassdraget er knyttet til fiskeinteressene.

Leiråa drenerer store landbruksområder og går gjennom tettbygde områder før sitt avløp til Verdalselva. Massiv forurensning fra landbruk medfører betydelige ulemper i lokalmiljøet, samtidig som elva

blir lite skikket som gyte- og oppvekstområde for laksefisk.

Hotranvassdraget består vesentlig av et stort bekke/elvesystem som drenerer store jordbruksområder. Vassdraget har tidligere vært et ikke ubetydelig oppvekstområde for sjøaure. Periodisk massive forurensninger og begroing har stoppet oppgang av fisk. Luktutvikling og sopptilgroing gjør vassdraget uegnet som rekreasjonsområde. Nedbørfeltet er imidlertid relativt tett befolket og området har derfor et stort potensiale for rekreasjon og friluftsliv.

Snåsavassdraget er moderat overgjødslet. Deler av vassdraget (Lømsen, Langhammerelv) er markert overgjødslet. Snåsavatn og Reinsvatn er drikkevannskilder. I øvre deler av vassdraget er det store fiskeinteresser.

Hovedvannmassene i Namsen har ikke endret seg i perioden 1980-83. Det knytter seg store fiskeinteresser til Namsen. I hovedvassdraget medfører forurensningssituasjonen imidlertid få brukerkonflikter.

Sideelvene Myrelva, Reina og Ytre Sandmoelv er sterkt forurenset fra landbruk og spredt bosetting. Ytre Sandmoelv mottar i tillegg sigevann fra avfallsfylling på Sandmoen.

I enkelte sidevassdrag til Namsen kan forurensningene skape problemer for drikkevannsinteressene. Ved tettsteder/bygdasentra er forholdene bedret lokalt pga. tilkobling til kommunale kloakkrensaneanlegg. I områder med intensivt jordbruk kan tilsvarende bedring ikke antydes.

Kystområdet - spesielt i Nærøy kommune - har flere små innsjøer (f.eks. Mulstad - Rotvikvatnet) som mottar betydelige forurensningstilførsler fra jordbruk (husdyrhold og spredt bebyggelse). Resultatet er stor algevekst.

KONKLUSJON: Generelt sett er det ikke påvist merkbare utviklingstendenser i hovedvassdragene i perioden 1972-82. Imidlertid har sanering og utbygging av kommunale kloakkrensaneanlegg medført en vesentlig bedring lokalt ved utslippsstedet. I vassdrag i landbruksområder har antakelig den negative utviklingen stoppet opp. De forurensete vannforekomstene er særlig konsentrert rundt Trondheimsfjorden. Dette skaper problemer for drikkevannstilførsel, fiske og rekreasjon/friluftsliv.

VEDLEGG VII

NORDLAND - TROMS - FINNMARK

NORDLAND: Stort sett er de større vassdrag og innsjøer lite overgjødset, men lokalt har tilførsel av avløpsvann fra jordbruk og bebyggelse gitt forurensningsvirkninger. Nedre del av Ranavassdraget og deler av Vefsna er således moderat/markert forurenset på grunn av tilførsler fra jordbruk og bebyggelse. Mange mindre vannforekomster i bolig- og jordbruksområder er markert forurenset.

Lokalt i Vefsna kan kravene til godt badevann overskrides som følge av utslipp fra mindre tettsteder, spredt bebyggelse og landbruksaktivitet. Majavatn har utviklet seg i negativ retning på grunn av utslipp av kloakkvann fra bebyggelse, hotell, campingplass og hytter.

Spredte undersøkelser tyder på en negativ utvikling med hensyn til overgjødning og mikrobiologiske forhold i Fustvatn og Drevjavassdraget. Drevjavassdraget og Fustvatnet mottar avrenning fra jordbruk, utslipp fra spredt bebyggelse, utslipp fra et større antall hytter og turistetablissement. Fiske- og rekreasjonsinteressene er store.

I nedre del av Ranavassdraget, nedenfor Storforshei, er forurensningen markert når det gjelder mikrobiologiske forhold og moderat når det gjelder overgjødning. Forurensningene skyldes tilførsler fra bebyggelse og jordbruk. Tilførsler av sterkt partikkelholdig vann, hovedsakelig p.g.a. sterkt slamførende elver fra Svartisen, har bidratt til å dempe overgjødningens virkninger. Planlagt kraftutbygging i området kan imidlertid endre disse forholdene. Forurensningstilførslene gjør at den nedre delen av vassdraget er lite aktuell som drikkevannskilde. Tilførslene har i mindre grad ført til konflikter med fiskeinteressene.

Beiarvassdraget mottar forurensende tilførsler fra bosetting og jordbruk. I vassdragets nedre deler har det vært registrert forholdsvis store mengder tannbakterier. Algeveksten har også tiltatt de siste årene pga. forurensningstilførslene. Vannet i vassdraget er kaldt og fører med seg store mengder breslam, og dette bidrar til å begrense effekter av forurensningstilførslene. Det er store fiskeinteresser i vassdraget, men forurensningene har ikke ført til konflikt med fiskeinteressene.

TROMS: Blant de større vassdrag i fylket er det særlig Bardu-Målselv-vassdraget som er påvirket av tilførsler fra befolkning og jordbruk. Vannforekomstene ellers er lite undersøkt, men lokal forurensning kan være markert både i vassdrag og fjordområder. Årsakene til forurensningene er oftest kloakkutslipp og tilførsler fra jordbruk.

De nedre deler av Bardu-Målselvvassdraget er påvirket av forurensningstilførsler fra befolkning og jordbruk. Barduelva nedenfor Setermoen er markert forurenset med hensyn til mikrobiologisk belastning, mens overgjødslingsvirkningen i den nedre delen av vassdraget er moderat. Forurensningssituasjonen i Barduelva ovenfor Setermoen kan karakteriseres som liten. Barduelva mottar utslipp av sanitæravløpsvann fra Setermoen, og i tillegg kommer tilførsler fra jordbruk (særlig grassproduksjon og husdyrhold). De mikrobiologiske krav til drikkevann og badevann tilfredsstilles ikke pga. høyt bakterieinnhold i vannmassene. I Barduelva nedstrøms Setermoen har det vært en negativ utvikling i forurensningssituasjonen når det gjelder mikrobiologiske forhold. Forurensningssituasjonen i Barduelva gjør at elva er uegnet som drikkevannskilde, og forurensningene begrenser også bruken av vassdraget til bading og rekreasjon. Det er store fiskeinteresser i vassdraget, og den negative utviklingen i forurensningssituasjonen kan føre til større konflikter også med fiskeinteressene.

Forurensningssituasjonen i Målselva ovenfor Skjold kan karakteriseres som god, men nedenfor Skjold er elva påvirket av kloakkutslipp og av tilførsler fra jordbruk. Det er først og fremst med hensyn til mikrobiologiske forhold at forurensningssituasjonen i Målselva nedstrøms Skjold er markert, mens overgjødslingsvirkningene bare gir moderat forureningsgrad. Forurensningssituasjonen i Målselva synes også å ha hatt en negativ utvikling. Det høye bakterieinnholdet i vannmassene fører til at elva nedstrøms Skjold ikke tilfredsstiller kravene til drikke- eller badevannskvalitet. Forurensningene vil kunne føre til konflikter også med rekreasjonsinteressene i vassdraget. Det er store fiskeinteresser i Målselva, og en videre negativ utvikling i forurensningssituasjonen vil kunne føre til konflikter også med fiskeinteressene.

Spredte undersøkelser tyder på at mindre vassdrag i jordbruksområder kan være forurenset som følge av utslipp av kloakk eller tilførsler fra jordbruk. Med unntak av Bardu-Målselvvassdraget er forurensningssituasjonen i innlandsresipientene i Troms dårlig kartlagt. Den relative betydningen av kloakkutslipp og jordbruksforurensninger er dårlig kjent. Generelt kan man si at mindre vassdrag i jordbruks-

områder eller i områder med en del bosetting kan være forurenset som følge av tilførsler fra jordbruksaktivitetene eller/og utslipp av kloakk. Forurensningene kan ofte utgjøre et lokalt problem.

I Sagelva viser forurensningen seg som et grønt teppe nedover elveløpet mens det i Holmelva fra Josefsvatn er registrert "lammehaler" (soppkolonier). Dette skyldes utslipp av urensset kloakk som særlig gir virkning nedstrøms tettsteder, og utslipp/avrenning av gjødsel og silosaft. Forurensningssituasjonen er klart forverret under silosesongen. Vassdraget brukes til sportsfiske og er uaktuelt som drikkevann pga. forurensningssituasjonen.

Vassdrag som renner til Storfjorden bl.a. Signaldalselva er lokalt ved utløpet sterkt påvirket. Dette skyldes urensset kloakk og til tider siloutslipp.

FINNMARK: Vannforurensningssituasjonen er lite undersøkt. Moderat mikrobiologisk belastning gjør seg gjeldende i Alta-Kautokeinovassdraget, Tanavassdraget og Pasvikelva. Lokale forurensningsvirkninger kan forekomme i andre mindre vannforekomster.

Alta-Kautokeinovassdraget er stort sett lite påvirket av forurensningstilførsler. Nedenfor Kautokeino er imidlertid vassdraget moderat mikrobiologisk belastet pga. utslipp av kloakk fra bebyggelse og avrenning fra jordbruk. Det er store brukerinteresser, hovedsakelig fiske og rekreasjon, men også drikkevannsinteresser knyttet til vassdraget. Forurensningssituasjonen medfører liten konflikt med disse interessene.

Hele Tanavassdraget er moderat mikrobiologisk belastet pga. avrenning fra jordbruk og utslipp av kloakk fra bebyggelse. Vassdraget er viktig for rekreasjon og fiske, men det er neppe noen konflikt mellom disse brukerinteressene og forurensningssituasjonen.

I Pasvikelva ved Svanvik er den mikrobiologiske forurensningsgraden moderat pga. utslipp av avløpsvann fra bosetting og avrenning fra jordbruksvirksomhet. Vassdraget nyttes til drikkevannsforsyning i noen områder, og det er store fiske- og rekreasjonsinteresser knyttet til vassdraget. Forurensningssituasjonen skaper neppe særlig ulemper for disse brukerinteressene.

I de nedre deler av Lakselvassdraget i Porsanger kan det spores en viss påvirkning. Det er spesielt nedstrøms Revfossen at vassdraget er mikrobiologisk påvirket.

KONKLUSJON: Stort sett er de større vassdrag og innsjøer lite overgjødset, men lokalt har avløpsvann fra jordbruk og befolkning gitt forurensningsvirkninger, særlig m.h.t. mikrobiologisk belastning. Enkelte innsjøer/vassdragsavsnitt er uegnet som bade-, drikkevann pga. forurensningstilførsler, men i hovedsak er konfliktene små for ulike brukerinteresser pga. forurensninger.