



O-89201

Kartlegging av
tilførsler av nærings salt
og organisk materiale til
Sævareidvassdraget

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

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

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

Østlandsavdelingen
Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (065) 76 752

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

Prosjektnr.: O-89201
Undernummer:
Løpenummer: 2377
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Kartlegging av tilførsler av nærings salt og organisk materiale til Sævareidvassdraget	Dato: 20.3.90
Forfatter (e): Håvard Bakke Vilhelm Bjerknes	Prosjektnummer: O-89201
	Faggruppe: Eutrofi, ferskvann
	Geografisk område: Hordaland
	Antall sider (inkl. bilag): 32

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvern avdelingen	Oppdragsg. ref. (evt. NTFN-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: I rapporten er utslepp av nærings salt (N og P) frå busetnad, landbruk og fiskeoppdrett til Sævareidvassdraget kartlagt. Totalbelastninga er stor i deler av vassdraget, særleg Skogseidvatnet. Samla tilførsler til vassdraget er berekna til 75 tonn N og 4.8 tonn P pr. år. Av fosforbelastninga kjem 62% frå fiskeoppdrett, 9% frå landbruk og 7% frå busetnad. Det er peikt på tiltak som kan redusera fosforbelastninga med omlag 50%.
--

4 emneord, norske:

1. Nærings salt
2. Eutrofi
3. Belastningskjelder
4. Tiltak

4 emneord, engelske:

1. Nutrients
2. Eutrophication
3. Pollution sources
4. Mitigation

Prosjektleder:

Håvard Bakke

For administrasjonen:

Bjørn Olav Rosseland

ISBN 82-577-1666-9

KARTLEGGING AV TILFØRSLER AV NÆRINGSSALT
OG ORGANISK MATERIALE TIL SÆVAREIDVASSDRAGET.

Bergen 20.3.90
Håvard Bakke
Vilhelm Bjerknes



INNHALD

FORORD.	1
SAMANDRAG.	2
1. INNLEIING.	3
2. SÆVAREIDVASSDRAGET.	4
2.1. Vassdraget.	4
2.2. Vasskjemi, trofitalstand.	4
3. MATERIALE.	8
4. RESULTAT.	10
4.1. Fiskeoppdrett.	10
4.1.1. Fosfor.	11
4.1.2. Nitrogen.	12
4.1.3. Organisk materiale.	15
4.2. Landbruk.	18
4.3. Busetnad/kloakk.	20
4.4. Andre tilførsler.	20
5. SAMLA VURDERING.	22
5.1. Belastningsnivå.	22
5.2. Fordeling på kjelder.	23
5.3. Geografisk fordeling av tilførsler.	23
5.4. Vurdering av trofitalstand.	24
5.5. Vurdering av tiltak.	26
5.6. Oppfølging.	29
LITTERATUR.	31

FORORD.

Denne rapporten er utarbeidd etter oppdrag frå Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernavingdelinga. Rapporten gir resultat frå ei kartlegging av kjeldene til miljøbelastning i Sævareidvassdraget i Fusa.

Kostnadene med arbeidet er dekkja av Statens Forureiningstilsyn, Fylkeslandbrukskontoret i Hordaland, Fusa kommune og fiskeoppdrettarane ved Sævareidvassdraget.

Datagrunnlaget for berekningane i rapporten er framskaffa av Fusa kommune, teknisk etat og landbrukskontoret i Fusa. Opplysningane om fiskeoppdrett er innhenta av Knut Robberstad ved Miljøvernavingdelinga ved spørjeskjema/intervju med oppdrettarane.

NIVA er ansvarleg for berekningane som er utført, og for litteraturgjennomgang og presentasjon av resultatata.

Arbeidet er utført ved NIVA-Vestlandsavingdelinga av forskar Håvard Bakke og avdelingsleiar Vilhelm Bjercknes.

Bergen mars 1990.

Håvard Bakke

SAMANDRAG.

Sævareidvassdraget i Fusa kommune har vore undersøkt med omsyn til næringssaltinnhald og algesituasjon fleire gonger i løpet av 80-åra. Desse granskingane viser at særleg Skogseidvatnet er belasta, og betydeleg forureina.

Det føregår eit betydeleg oppdrett av laks og aure i vassdraget. Elles er det landbruk og busetnad som belastar vassdraget med næringssalt.

Det er innhenta data om oppdrett, jordbruk og busetnad ved vassdraget, og belastninga frå kvar av desse sektorane er berekna. Belastninga er også berekna for 4 delområde i nedbørsfeltet.

Det er berekna at oppdrett står for 28 % av N-tilførslene, landbruk 16 % og busetnad 3 %. Resten av i alt 75083 kg N pr år kjem frå nedbør og avrenning frå skog og fjell.

Samla fosfortilførsel til vassdraget er berekna til 4786 kg pr år. 62 % av dette kjem frå oppdrett, 9 % frå landbruk og 7 % frå busetnaden.

Ut frå gitte kriterier for vasskvalitet er det rekna at fosforbelastninga bør halverast for å oppnå god vasskvalitet. Det er berekna kva ein kan oppnå med ulike tiltak. Det som vil gjera størst utslag er redusert fôrfaktor (meir korrekt fôring) i oppdrettet, og bruk av fiskefôr med lågare fosforinnhald enn det som er vanleg i Norge i dag.

KARTLEGGING AV TILFØRSLER AV NÆRINGSSALT OG ORGANISK MATERIALE TIL SÆVAREIDVASSDRAGET.

1. INNLEIING.

Sævareidvassdraget i Fusa kommune er rekna for å vera næringsrikt (eutroft), og det har m.a. vore med i ei landsomfattande gransking av eutrofierte innsjøar (Faafeng m.fl., 1990). Planktonanalyser er også gjort fleire gonger (Lømsland m.fl., 1986, Brettum, 1987). Tilstanden i vassdraget med omsyn til vasskjemi og næringsforhold er såleis veldokumentert, og tyder på at vassdraget har så stor belastning at det er fare for uheldige utslag som t.d. oksygensvikt i djupvatnet og oppbløming av giftige blågrønnalger. Det er derfor viktig å vurdera tiltak for å redusera belastninga, og overvaka situasjonen i vassdraget framover.

Det har til no ikkje vore kjent kva dei enkelte kjeldene tilfører av nærings salt til vassdraget. Miljøvern avdelinga i Hordaland ønskjer ei slik kartlegging, og har engasjert NIVA-Vestlandsavdelinga til å berekna tilførselene fordelt på landbruk, kloakk og fiskeoppdrett, og til å føreslå tiltak for å redusera belastninga om det er nødvendig.

Føremålet med granskinga er :

- * Presentera situasjonen i vassdraget basert på tidlegare undersøkingar av vasskjemi og algeanalyser
- * Kvantifisera tilførselene av nærings salt fordelt på tre felt; oppdrett, landbruk og busetnad.
- * Visa korleis tilførselene er fordelt på ulike deler av vassdraget.
- * Peika på tiltak som kan redusera belastninga i vassdraget.

2. SÆVAREIDVASSDRAGET.

2.1. Vassdraget.

I Sævareidvassdraget er det tre større innsjøar; Gjønavatn, Skogseidvatn og Henangervatn. Vassdraget ligg i eit nedbørrikt område med stor avrenning (100 l/s.km^2), og totalt nedbørsfelt til vassdraget er ca 120 km^2 (Skogheim, 1983). Sjå kart over området i figur 2.1.

Hydrologiske data:

Areal	Gjønavatn	3,3 km^2
	Skogseidvatn	5,3 "
	Henangervatn	2,8 "
	Nedbørsfelt Skogseidvatn	97,4 km^2
	Nedbørsfelt Henangervatn	22,0 "

Skogseidvatn : volum	270.000.000 m^3
midl. avrenning	9,7 m^3/sek
teor. oppholdstid	10,6 mnd
medeldjup	50,9 m
største djup	115 m

2.2. Vasskjemi, trofitalstand.

Trofitalstanden i vassdraget har vore undersøkt både ved kjemiske målingar av næringssalt, oksygentilstand, siktedjup og utfrå fyttoplankton-granskingar. Alle desse granskingane konkluderer med at Gjønavatn er oligotroft, medan Skogseidvatn og Henangervatn blir karakteriserte som mesotrofe til eutrofe (Skogheim, 1983, Lømsland m.fl., 1986, Brettum m.fl., 1987, og Korvald og Bjercknes, 1987).

I tabell 2.1 ein er gjengitt ein del tal frå tidlegare granskingar i vassdraget, og analysar frå 1989. Det går fram at

innhaldet av næringssalt er mindre i Gjønavatn enn lengre nede i vassdraget, og dei andre indikatorane på trofitylstand samsvarer med dette. Skilnaden mellom Skogseidvatn og Henangervatn er liten.

Både Skogheim (1983) og Korvald og Bjerknes (1987) har berekna belastningssituasjonen i Skogseidvatnet med Vollenweiders eutrofimodell, og konkluderer med at belastninga er nær grensa for kva vatnet kan tåla.

Tabell 2.1. Vasskvalitet i søvareidvassdraget.

	pH	tot-N µg/l	NO3-N µg/l	tot-P µg/l	-PO4-P µg/l	TOC mg/l	TURB FTU	KLF-A µg/l	Sikted. m
Gjønavatn	6.22	305	216	3.2	0.6	0.8	0.43	1.1	C
Gjønavatn		243							8 B
Gjønavatn		326		2.8				1.2	E
Skogseidv.	6.44	378	227	9.9	1.5	1.2	0.67	4.0	C
"				20				3-7	4-7 A
"		340							4.5 B
"	6.06	290		25					D
"		378		11				3.2	E
Henangerv.	6.47	364	216	7.5	1.4	1.3	0.63	3.8	C
"		376							5 B
"		379		8.3				3.2	E

A: Skogheim, 1983.

B: Lømsland m.fl., 1986.

C: Brettum m. fl., 1987.

D: Bjerknes m. fl., 1988.

E: Faafeng m.fl., 1990.

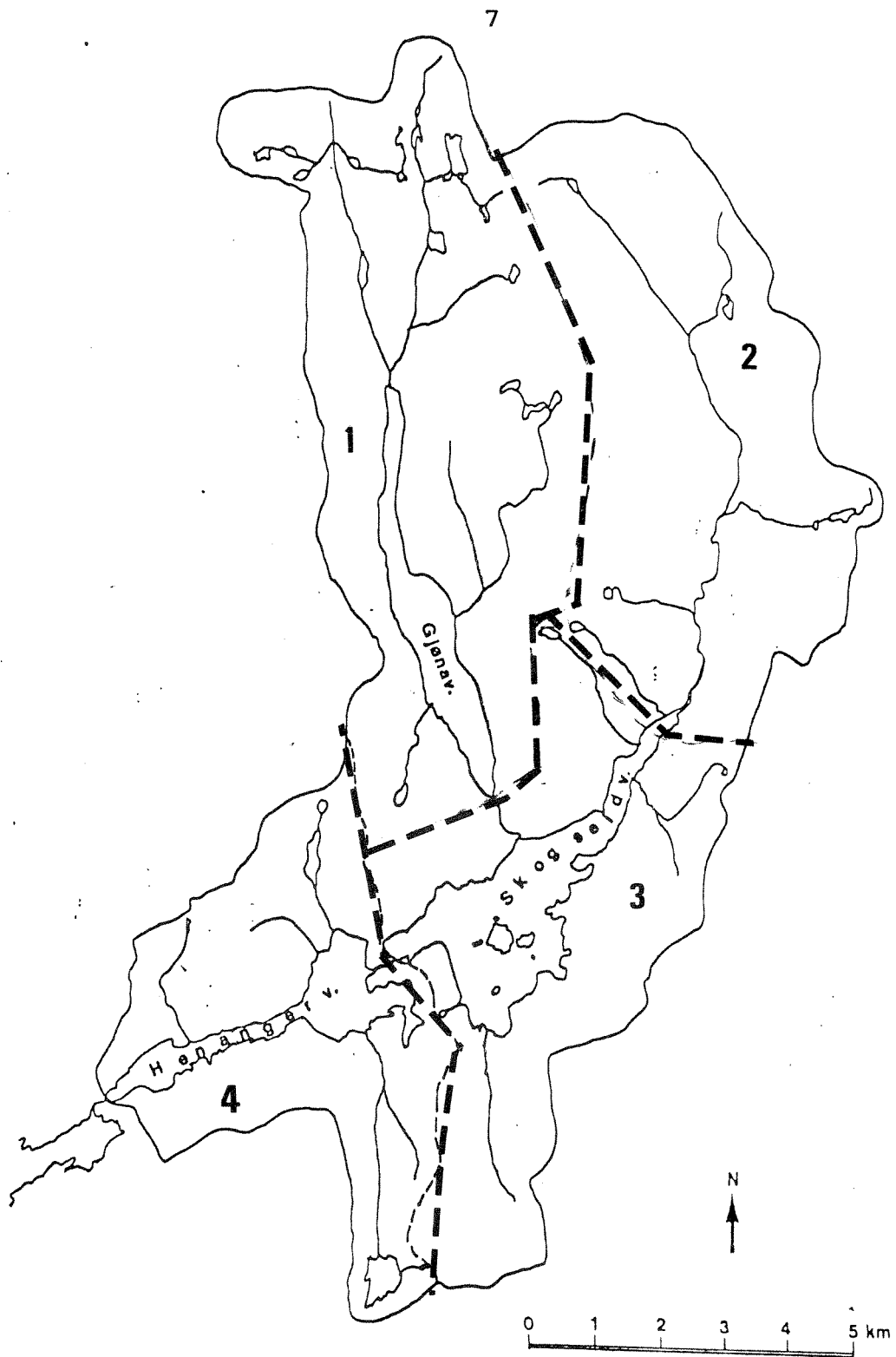


Fig. 2.1. Nedbørsfeltet til Sævareidvassdraget.
 Område 1 - Gjønavatnet
 " 2 - Øvre Hålandsdal
 " 3 - Skogseidvatn
 " 4 - Hengangervatn

3. MATERIALE.

Informasjon om dei ulike kjeldene for næringssalt til vassdraget er innhenta på følgjande måte:

1. Landbruk. Landbrukskontoret i Fusa har skaffa data om alle bruk i nedslagsfeltet med opplysningar om areal med fordeling på fulldyrka, overflatedyrka og gjødsla beite. Hellingsgrad på arealet, tal husdyr av ulike kategoriar og areal open åker er også oppgitt. Landbrukskontoret har også utarbeidd ein gjødselrekneskap for området.

2. Busetnad. Frå teknisk etat, Fusa kommune har vi fått oppgave over busetnad og kloakeringstilhøve.

3. Fiskeoppdrett. Miljøvernavdelinga i Hordaland har besøkt alle oppdrettarane ved vassdraget, og brukt eit spørjeskjema til å innhenta opplysningar om drifta ved dei enkelte anlegga. Produsert fiskemengd, og brukt fôr dei to siste åra er dei sentrale opplysningane, men det er også spurt om avfallshandtering, tap av fisk m.m.. Opplysningane gjeld perioden 01.01.88 - 01.10.89.

Ved berekning av tilførsler/avrenning frå landbruk har vi brukt landbrukskontoret sine tal for gjødseltrong på det aktuelle arealet, og tala for forbruk av husdyrgjødsel og kunstgjødsel. Det er lagt til grunn lik bruk av kunstgjødsel på alt dyrka jordbruksareal, og at mengd husdyrgjødsel er proporsjonal med det fulldyrka arealet i dei fire områda. Det er også gjort ei samanlikning mellom dei utrekna mengdene og tilrådte normtal for avrenning frå landbruk (Ibrekk, 1989).

Tilførsler frå hushaldningar er berekna med bruk av normtal for nitrogen, fosfor og organisk materiale (Vråle, 1989).

For fiskeoppdrett har vi brukt dei oppgitte driftsparametrane til å rekna tilførslene for heile 1988, og for 1989 fram til 1. oktober. Berekningane er basert på :

1. Produsert biomasse. Standardverdiar for innhald av tørrstoff, N og P i regnbogeaure.
2. Fôrforbruk, dvs innkjøpt fôr i perioden. Innhald av tørrstoff, N og P i fôret er berekna frå gjennomsnittstal for kommersielt fiskefôr.
3. Mengder tilført vassdraget er rekna slik:
 - Fosfor i fôret minus fosfor i den produserte fisken.
 - Nitrogen i fôret minus nitrogen i den produserte fisken.
 - Organisk materiale: Det er rekna ein effektiv fôrfaktor på 1,0. Større forbruk er rekna som spill og direkte tilført vatnet. Det er rekna at 20 % av ete fôr er ufordøyd organisk materiale som havnar i vatnet (Håkanson m.fl., 1988, Austreng, 1989).

Det er gjort ei geografisk inndeling for å sjå nærare på kor i vassdraget dei største tilførslene er lokalisert. Inndelinga er vist på kartet i figur 2.1, med flg. 4 område: Gjønavatn, Øvre Hålandsdal (til Berge), Skogseidvatnet og Henangervatnet.

4. RESULTAT.

4.1. Fiskeoppdrett.

Dei opplysningane som er innhenta om fiskeoppdrett i vassdraget gjeld produksjon i 1988 og 1989 (til 1. oktober). Ved å bruka ein så lang periode får ein sikrare tal enn ved å ta bare eit år. Det blei produsert 1.654.000 settefisk (1.551.000 laksesmolt og 103.000 regnbogeaure), og 232 tonn matfisk (regnbogeaure) i perioden. Produksjonen i kg for kvart anlegg er gitt i tabell 4.1. Produksjonen er nokså lik pr år i 1988 og 1989, omlag 180-190 tonn pr år. Om vi samanliknar med oppgaver over produksjon frå tidlegare år, kan vi sjå at produksjonen i 1988-89 er blitt større enn t.d. i 1981, då Skogheim (1983) estimerte den til ca 100 tonn, men mindre enn i 1985 då Korvald og Bjerknæs estimerte den til 330 tonn. Dei siste åra har fleire oppdrettarar byrja med matfiskproduksjon på sjølokalitetar, og to av oppdrettarane seier dei vil slutta med matfiskoppdrett i vassdraget, og har ikkje sett ut ny settefisk i 1989.

Tabell 4.1. Produksjon av oppdrettsfisk (settefisk og matfisk) i Sævareidvassdraget.

Anlegg	1988 kg	01.01-01.10 1989 kg	Samla kg
A	42618	32472	75091
B	12620	8056	20676
C	14160	10945	25105
D	22580	26023	48603
E	47462	28027	75489
F	27026	15681	42707
G	20635	21910	42545
Samla	187101	143114	330215

Geografisk er 6 av dei 7 oppdrettsanlegga plassert i eller ved Skogseidvatnet, og eit er i/ved Henangervatnet. Anlegga ved utløpet av Henangervatn brukar også vatn frå vassdraget, men dei er ikkje tatt med i denne granskinga fordi deira avløp ikkje belastar vassdraget, men går direkte til Sævareidfjorden.

For kvart anlegg har vi rekna tilførsle av nærings salt og organisk materiale basert på dei innhenta opplysningane. Produsert mengde er korrigert for biomasse i anlegget pr 01.01.88, 01.01.89 og 01.10.89. Vekt av tapt og rømt fisk er rekna så nøye som mulig og tatt med i produksjonen. Fôrforbruk er rekna ut frå innkjøpt fôr i perioden, og korrigert for lagerendringar. På dette grunnlaget er det rekna fôrfaktor, og utslepp til vatnet totalt og pr tonn fisk produsert.

Tabell 4.2 viser miljøbelastninga frå oppdrett i vassdraget slik det er utrekna i denne granskinga. Utsleppsmengdene er sterkt avhengige av fôrfaktoren, og ein ser at dei fleste anlegg ligg omkring 2,0 i fôrfaktor, med gjennomsnitt 1,9. Til matfiskproduksjon av regnbogeaure brukar dei fleste noko mindre energirikt fôr enn i lakseproduksjonen, så ein må venta ein noko høgare fôrfaktor. Ein ser likevel at eit anlegg med matfiskoppdrett (F) har oppnådd ein fôrfaktor på ca. 1,2, så meir korrekt fôring kan redusera utsleppa betydeleg. Skogheim (1983) berekna ein samla fôrfaktor for oppdrett i vassdraget på 2,3. Dette tyder på at det har vore ei betring i fôringsrutinane sidan den gongen (1981).

4.1.1. Fosfor.

Tabell 4.2 viser utslepp av 15,7 kg fosfor pr tonn produsert fisk. LENKA (Landsomfattende Egnethetsvurdering av den Norske Kystsonen for akvakultur) reknar med utslepp av 9 kg fosfor pr tonn fisk ved fôrfaktor 1,4 (Kryvi, 1989), Stigebrandt (1986) reknar med 5-11 kg når fôrfaktoren varierer frå 1-2, og Håkanson m.fl. (1988) reknar totalutslepp av fosfor til 10,5 kg fosfor pr

tonn fisk. I matfiskoppdrett av regnbogeaure fann Persson (1986) utslepp av fosfor på 22 kg pr tonn fisk produsert. Figur 4.1 frå Håkanson m.fl. (1988) viser utslepp av fosfor ved varierende fôrfaktor og fosforinnhald i fôret. Tala frå Sævareidvassdraget er såleis høge i forhold til andre undersøkingar, og bør kunna reduserast vesentleg.

Korvald og Bjerknes (1987) berekna at oppdrett tilførte vassdraget 6 tonn fosfor i 1985, altså det doble av det denne granskinga viser. Det var då rekna ein årsproduksjon på 330 tonn.

Ein del av fosforet blir sleppt ut i løyst eller løyseleg form, medan noko er sterkt bunde. Noko av fosforet blir først sedimentert og kan seinare bli utløyst ved resuspensjon frå sedimentet. Estimat av dei ulike fraksjonane varierer sterkt (Persson, 1986, Alanara, 1988). Miljøforhold som straum, temperatur, pH og oksygeninnhald påverkar fosforomsetninga. Persson (1986) reknar at 40 - 75 % av fosforet er i løyst form, og at resuspensjon er minimal på straumsvake lokalitetar. Alanara (1988) reknar i gjennomsnitt at minst 60 % av fosforutsleppet vil bli løyst i vatnet. Oppdrettsverksemda i Sævareidvassdraget har til dels medført opphoping av organisk slam under anlegga (Skogheim, 1983), og i følgje Aure (1989) og Kupka Hansen (1989) vil dette avgi næringssalt (særleg fosfor) i fleire år sjølv om det ikkje skjer ny tilførsel, men utfrå dei forhold som er nemnde ovanfor er det vanskeleg å estimera kva mengder dette kan vera.

4.1.2. Nitrogen.

Det er berekna (tabell 4.2) at oppdrett tilførte 37 tonn nitrogen i 1988-89, eller eit utslepp på 112 kg pr tonn fisk produsert. Dette er berekna som differansen mellom N tilført gjennom fôret og N i fisken som blei produsert i perioden.

Tabell 4.2. Fiskeoppdrett i Søvareidvassdraget. Data for perioden 01.01.88 - 01.10.89.

<u>Utslepp frå oppdrett</u>										
Anlegg	Prod. fisk kg	Fôr- faktor	kg P	kg N	kg org. mat.	Pr. kg P	tonn kg N	fisk prod. kg org. mat.	N/P	
A	75091	2.20	1444	10257	95363	19.2	136.6	1270.0	7.1	
B	20676	2.00	350	2484	22427	16.9	120.1	1084.7	7.1	
C	25105	1.20	120	1153	2847	4.8	45.9	113.4	9.6	
D	48603	2.30	984	6881	64375	20.2	141.6	1324.5	7.0	
E	75489	1.90	1183	8448	74013	15.7	111.9	980.4	7.1	
F	42707	1.20	378	2644	13942	8.8	61.9	326.4	7.0	
G	42545	2.00	727	5135	45667	17.1	120.7	1073.4	7.1	
TOTAL	330216	1.90	5185	37001	318633	15.7	112.1	964.9		
Pr. år	188695		2963	21144	182076					

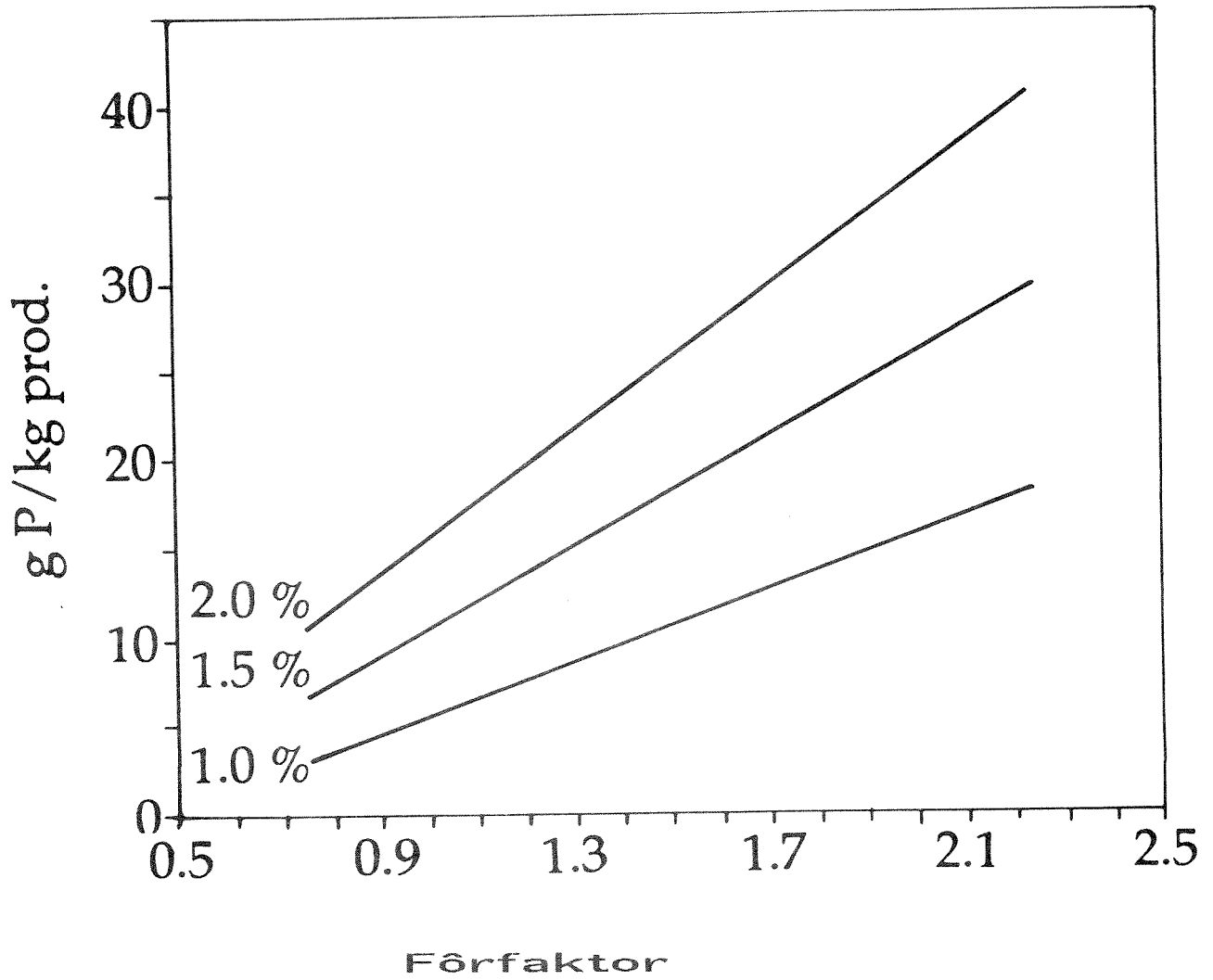


Fig. 4.1. Fosforbelastning som funksjon av förfaktor, med förfaktor som inneheld 1.0 - 2.0 % fosfor (Håkanson m.fl. 1988).

Basert på fôrfaktor 1,4 reknar LENKA (Kryvi, 1989) eit utslepp av 90,5 kg N pr tonn fisk produsert. Håkanson m.fl. (1988) reknar 94 kg N pr tonn fisk, og Persson (1986) fann 88 kg utslepp i svenske matfiskanlegg med regnbogeaure. Figur 4.2 frå Håkanson m.fl. (1988) viser eit utslepp på ca 110 kg N ved den gjennomsnittlege fôrfaktoren (1,9) som ein fann for anlegga i vassdraget. Utrekninga for Sævareidvassdraget er såleis i godt samsvar med andre berekningar.

4.1.3. Organisk materiale.

Mengde organisk materiale blir oppgitt på ulike måtar, gjerne basert på tørrstoff eller total karbon (TOC), eller som oksygenforbruk til nedbryting av materialet (KOF, BOF7 e.l.). I denne rapporten er organisk materiale frå oppdrett oppgitt direkte i kilo tørrstoff, dvs. fôrspill og ufordøyd fôr. Det fins ingen allmen måte for omrekning frå eit mål for organisk materiale til eit anna, men biologisk oksygenforbruk rekna som BOF7 er tilnærma lik kilo organisk materiale slik det er uttrykt her (Vråle, 1989, Åsgård, 1986).

Tabell 4.2 viser eit samla utslepp på 318 tonn i 1988-89, eller omlag 1 kg pr kg produsert fisk. Kryvi (1989) reknar eit utslepp på 0,5 - 1,1 kg organisk stoff, når fôrfaktoren varierer frå 1,2 - 2,0. Dette samsvarer bra med tala presentert her. Åsgård (1986) har laga ein figur som viser utsleppet ved varierende fôrfaktor (figur 4.3). Ved fôrfaktor 2,0 viser den ca 1,4 kg tørrstoff pr kg fisk. Grunnen til den høgare verdien er at Åsgård (1986) brukte 0,8 som oppnåeleg (teoretisk) fôrfaktor (mot 1,0 her), og alt utover dette blir rekna som fôrspill. Bortsett frå denne skilnaden er resultatet i samsvar med berekningane for Sævareidvassdraget. Lågare fôrforbruk vil såleis gi sterk reduksjon av utslepp av organisk materiale. Ein del av materialet sedimenterer, og blir liggjande under og nær oppdrettsanlegga (Skogheim, 1983), men om ein rekna at alt organisk materiale blei

ført kontinuerleg ut av Skogseidvatnet ville det i gjennomsnitt tilsvara ei mengd suspendert tørrstoff på 5 mg pr liter avrenning frå Skogseidvatnet.

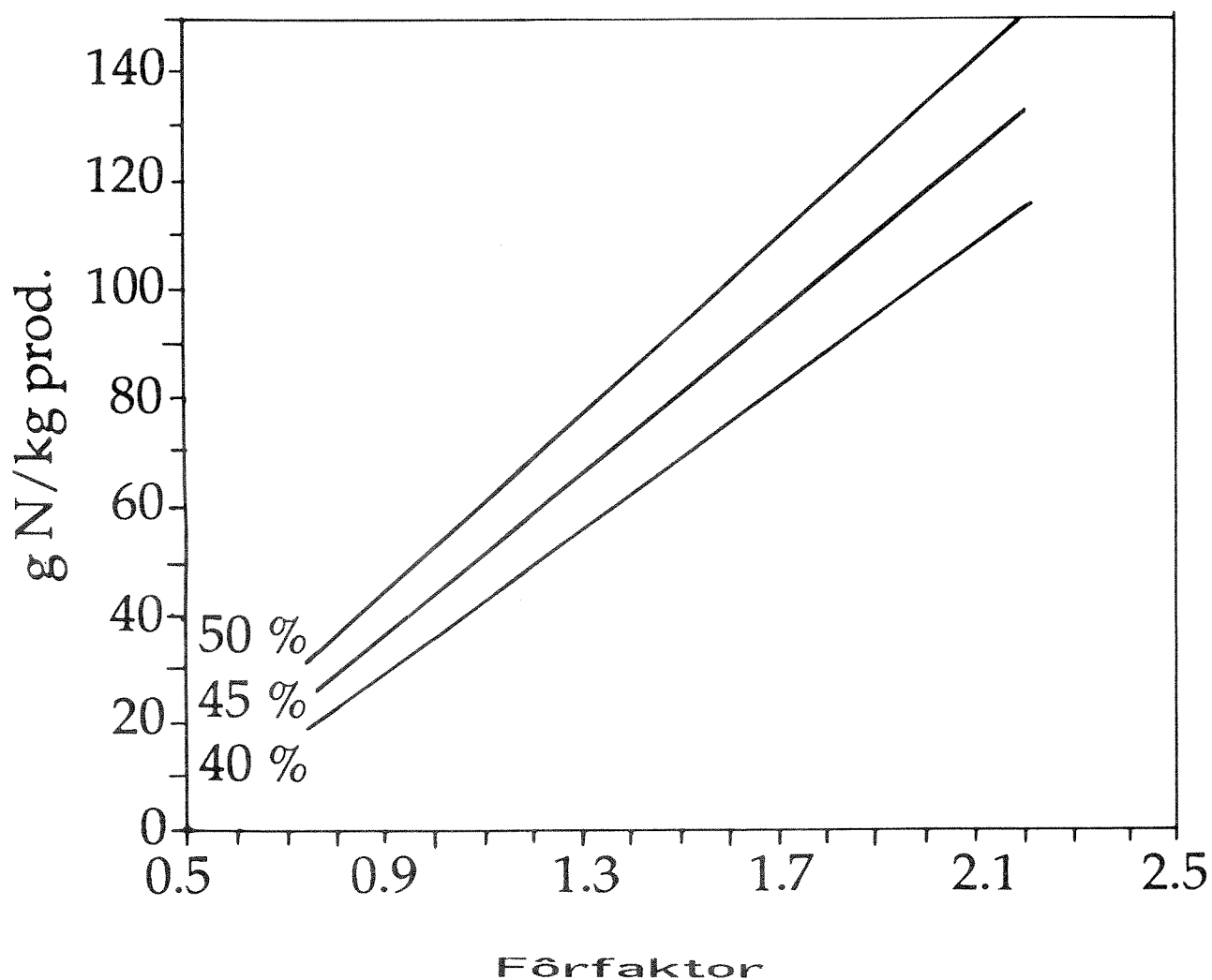


Fig. 4.2. Nitrogenbelastning som funksjon av fôrfaktor, med bruk av fôr som inneheld 40-50 % protein (Håkansson m.fl. 1988).

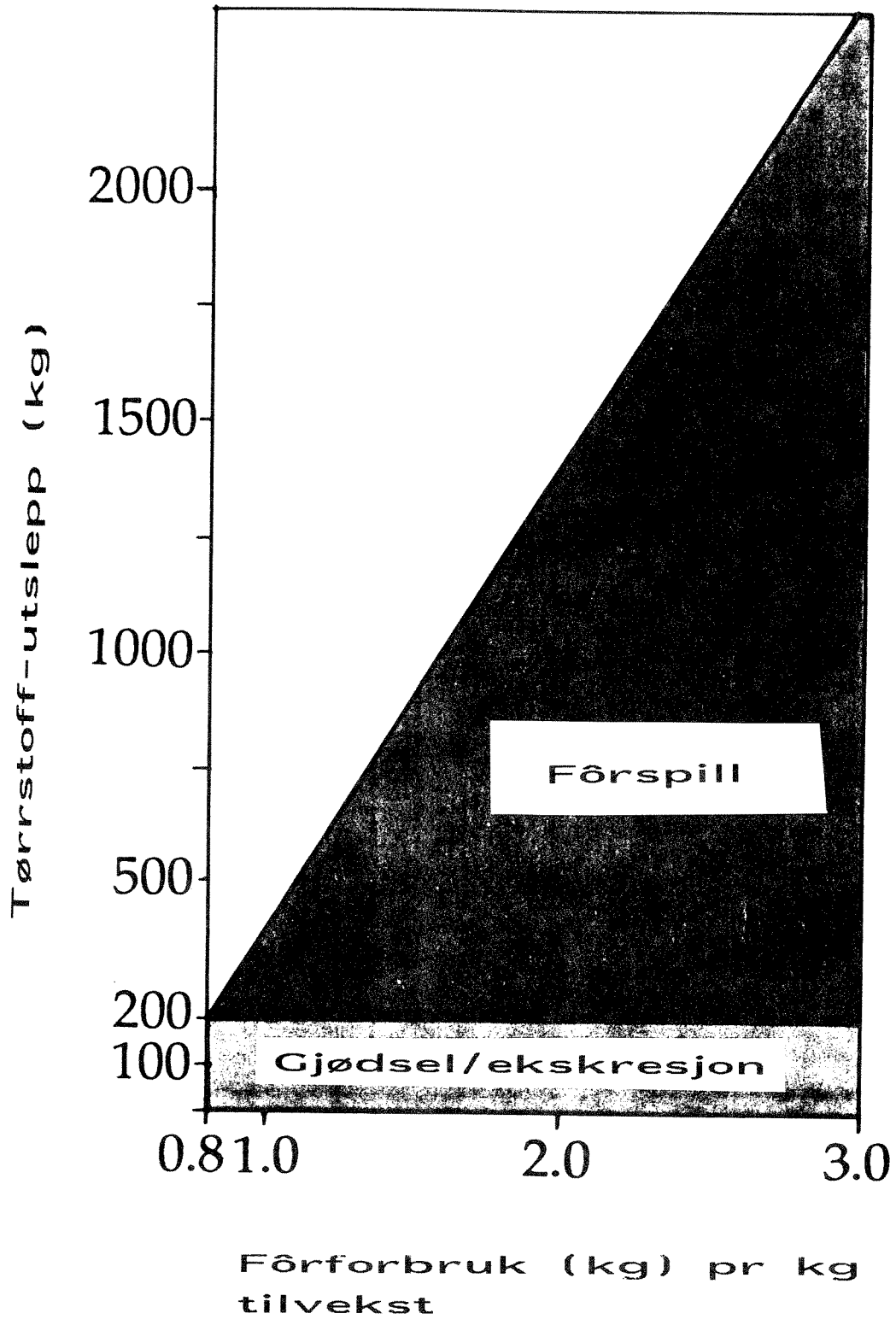


Fig. 4.3. Tilførsel av tørrstoff til miljøet pr tonn fisk produsert ved ulik fôrfaktor (Åsgård 1986).

4.2. Landbruk.

Ved berekning av avrenning frå landbruket langs vassdraget har ein tatt utgangspunkt i oppgitt areal, produsert mengd husdyrgjødsel og estimert (av landbrukskontoret) bruk av kunstgjødsel. Det er rekna at gjødslingsstyrken er lik for dei 4 geografiske områda. Kor stor del av tilført næringsstoff i gjødsel som renn av arealet og ut i vassdraget veit ein ikkje, men basert på ei gransking av GEFO (Undheim, 1989) i Rogaland, er det rekna 25 % tap av nitrogen og 4 % tap av fosfor. Totalt finn ein då at avrenninga av nitrogen til Sævareidvassdraget er 12148 kg, og av fosfor 439 kg pr år. Tabell 4.3 viser også fordelinga på dei fire geografiske områda.

Ibrekk (1989) har berekna ei belastning frå jordbruksareal på 150 kg fosfor og 4500 kg nitrogen pr km² som norm for Hordaland. For jordbruksarealet ved Sævareidvassdraget gir det totalt 426 kg P og 12784 kg N, noko som samsvarer godt med resultatet ovanfor som er berekna ut frå tala frå Landbrukskontoret i Fusa.

I Rogaland fann Undheim (1989) at største delen av avrenninga frå jordbruksareal skjer om vinteren, og ein reknar med at det same gjeld i Sævareidvassdraget. Dermed kjem utslepp frå jordbruket i stor grad når det er lite planktonproduksjon i vassdraget. Noko av denne næringa blir derfor vaska ut av vassdraget utan å bidra til algevekst. I vekstsesongen kan tilførselene frå punktutslepp på gardane bety meir enn avrenning frå jordbruksarealet, i følgje Undheim (1989).

Tabell 4.3. Utslipp fra landbruk til Søvareidvassdraget. Gjødselforbruk og avrenningen av N og P er beregnet som totalen for de enkelte områdene og som utslipp pr da pr år (daa).

Område	Husdyrgjødsel			Kunstgjødsel			Avrenning		
	daa	N	P	N	P	Sum N	Sum P	25% N	4% P
1. Gjønavatn	971.0	3449.60	1957.72	13158.57	1794.35	16608.17	3752.07	4152.04	150.08
2. Ø.Hålandsd.	705.0	2504.60	1421.41	9553.85	1302.80	12058.45	2724.21	3014.61	108.97
3. Skogseidv.	940.0	3339.46	1895.22	12738.47	1737.06	16077.94	3632.28	4019.48	145.29
4. Henangerv.	225.0	799.34	453.64	3049.10	415.79	3848.44	869.43	962.11	34.78
SUM		10093.00	5728.00	38500.00	5250.00	48593.00	10978.00	12148.25	439.12
						pr. daa	pr. daa		
						17.10 kg	3.86 kg		

4.3. Busetnad/kloakk.

Frå teknisk etat i Fusa kommune har ein fått oversikt over busetnad og kloakering langs vassdraget. I alt bur der 427 personar, og dei er fordelt på dei fire områda slik det går fram av tabell 4.4. Dei aller fleste bustadhus har slamavskiljar (septiktank), men det er ikkje regelmessig slamtøming i kommunen. Ein veit såleis lite om evt. renseeffekt i kloakksystemet. I berekninga har ein brukt normtal for totalutslepp pr person (personekvivalentar, p.e.) (2 g P pr dag, 12 g N pr dag og 46 g BOF7 pr dag) (Vråle, 1989). Tabell 4.4 viser resultatet av desse berekningane, og ein ser at tilførslene frå busetnaden er små samanlikna med oppdrett og jordbruk. Bare ved kontroll av dei enkelte avløp kan ein få meir nøyaktige tal for desse tilførslene.

Tabell 4.4. Tilførsler av N, P og organisk materiale frå busetnad til Sævareidvassdraget.

Område	P.e.	Sept.t.	Husst.	2g/p.d kg P	12 g/p.d. kg N	46g/p.d kg BOF7
1. Gjønavatn	144	41	38	105.12	630.72	2417.8
2. Ø. Hålandsd.	74	21	19	54.02	324.12	1242.5
3. Skogseidv.	132	44	41	96.36	578.16	2216.3
4. Henangerv.	117	43	41	85.41	512.46	1964.4
SUM	467	149	139	340.91	2045.46	7840.93

4.4. Andre tilførsler.

Det er også tilførsler av næringssalt frå dei udyrka delene av nedbørsfeltet, skog og fjell, og i følgje Ibrek (1989) kan ein rekna med 7 kg P og 200 kg N pr km² i Hordaland. Samla nedbørsfelt for Gjønavatn og Skogseidvatn er 97,4 km², og for Henanger-

vatn 22,0 km². Ved å trekkja jordbruksarealet frå, finn ein at totaltilførsel frå skog og fjell er 816 kg fosfor, og 23320 kg nitrogen.

I tillegg til dette er det rekna at nedbøren tilfører nitrogen (NO₃ og NH₄) og fosfor direkte på vassflata, 20 kg P og 1440 kg N pr km² pr år i dette distriktet (A. Henriksen, pers. medd.) . Arealet av dei tre innsjøane er 11,4 km². Tilførte mengder er såleis 228 kg fosfor og 16416 kg N. Dei totale tilførslene er presentert i tabell 4.5.

Tabell 4.5. Samla tilførsler av N og P til Sævareidvassdraget.

	N	%	P	%
Oppdrett	21152	28.2	2963	61.9
Landbruk	12148	16.2	439	9.2
Busetnad	2045	2.7	341	7.1
Skog/Fjell	23320	31.1	816	17.0
Nedbør innsjø	16416	21.9	228	4.8
SUM	75083	100.1	4786	100.0

5. SAMLA VURDERING.

5.1. Belastningsnivå.

Frå tabell 4.5 ser ein at vassdraget får tilført 75083 kg nitrogen og 4786 kg fosfor pr år, og det er dokumentert (tabell 2.1) at vassdraget nedanfor Gjønavatn har eit høgt innhald av næringsstoff.

Ein del av dei tilførte næringsstoffa vil sedimentera i innsjøane og blir halde tilbake der (retensjon), dvs dei blir permanent innlagra i sedimenta. Det er vanleg å rekna ein retensjon av 5-10 % av nitrogenet. For fosfor reknar ein retensjonen etter følgjande formel (Ibrekk, 1990):
$$R = \frac{1}{1 + \sqrt{1/OH}}$$

(OH = opphaldstid i vatnet).

For Skogseidvatnet blir retensjonen av fosfor etter dette 48 %. Basert på tilført fosfor og 48 % retensjon skulle ein venta ein fosfor konsentrasjon på 7 mg/m³ ved utløpet av Skogseidvatnet. Når verdiane i Skogseidvatnet (tabell 2.1) er noko høgare, kan det skuldast at retensjonen er mindre enn teoretisk berekna, eller at tilførsleane er underestimert.

Ved vurdering av eutrofitilstanden i ferskvatn er det vanleg å rekna fosfor som avgrensande næringsstoff for algevekst (SFT, 1986). Ved å bruka Vollenweiders belastningsmodell på Skogseidvatnet, finn ein at fosforbelastninga er betenkeleg, men ikkje kritisk (Korvald og Bjercknes, 1987). Redusert fosformengd frå oppdrett gjer at belastninga totalt er noko mindre i 1988-89 enn i 1985 då Korvald og Bjercknes (1987) fann at tilstanden var på grensa til det kritiske. Endringane i landbruk og busetnad har vore små i denne perioden.

Nitrogentilførsleane til vassdraget er store, og innhaldet i vatnet høgt, men det er ikkje rekna som sannsynleg at N-mengda

er avgjerande som vekstfaktor (Lømsland m.fl., 1986). For å letta belastninga på vassdraget, må ein derfor i første rekkje redusera fosfortilførslene.

5.2. Fordeling på kjelder.

For nitrogen er fiskeoppdrett den største kjelda (59,8 %), men også jordbruk gir betydeleg mengd (34,4 %). Tilførslene frå busetnaden er små (5,8 %) i høve til dei andre kjeldene (tabell 5.1).

Fiskeoppdrett tilfører vassdraget ein stor del av fosforet (79,2 %), medan bidraga frå landbruk og kloakk er relativt små og omlag like, til saman 20,8 % (tabell 5.1).

Tabell 5.1. Tilførsler av N og P pr. år til Sævareidvassdraget frå fiskeoppdrett, landbruk og kloakk.

	kg P	% av tot	kg N	% av tot
Oppdrett	2962.7	79.2	21143.6	59.8
Landbruk	439.1	11.7	12148.3	34.4
Kloakk	340.9	9.1	2045.5	5.8
SUM	3742.8	100.0	35337.3	100.0

5.3. Geografisk fordeling av tilførsler.

Ettersom mest alt oppdrett skjer i Skogseidvatnet, finn ein at det meste av utsleppa (83,8 % av fosforet og 71,0 % av nitrogenet) blir tilført vassdraget i det som er kalla område 3 - Skogseidvatnet (tabell 5.2). Omlag 1/3 av jordbruksarealet og busetnaden drenerer også til område 3.

Hovudbidraget til Gjønavatnet er frå jordbruk. Til Henangervatn er det små tilførsler, og nedbørsfeltet er relativt lite (18 % av samla felt), slik at vasskvaliteten der stort sett er bestemt

av tilførsler lengre oppe i vassdraget, og av retensjonen av næringssalt i dei andre innsjøane.

Tabell 5.2. Tilførsler av N og P frå fiskeoppdrett, landbruk og kloakk fordelt på geografiske område.

Område	kg P	kg N	% av P	% av N
1. Gjønavatn	255.2	4782.8	6.8	13.5
2. Øvre Hålandsdal	163.0	3338.7	4.4	9.4
3. Skogseidvatn	3135.7	25082.6	83.8	71.0
4. Henangervatn	188.8	2133.3	5.0	6.0
SUM	3742.8	35337.3	100.0	100.0

5.4. Vurdering av trofitalstand.

For å ta i bruk fleire kriterier ved vurdering av trofitalstanden kan ein bruka vurderingsskjema i "Vannkvalitetskriterier for ferskvann" (Holtan, 1989). Dette er gjort i Tabell 5.3, basert på data m.a. frå tabell 2.1, og viser eutrofe forhold i Skogseidvatn, noko lågare næringssaltinnhald i Henangervatn (mesotroft), og liten påverknad i Gjønavatn (oligotroft). Lågare trofigrad i Henangervatn enn i Skogseidvatn kan sjåast som ei stadfesting av at det er betydeleg fosforretensjon i Skogseidvatn.

I alle vassdrag vil ein normalt finna dei mest næringsfattige (oligotrofe) områda øvst i nedbørsfeltet, og aukande tilførsler av næringssalt nedover i feltet. Vassdrag med nedbørsfelt utan påverknad frå sivilisatoriske inngrep vil likevel vera oligotrofe nedover heile vassdraget. Skilnadene i næringssaltinnhald i ulike deler av Sævareidvassdraget skuldast såleis dei aktivitetane og tilførslene som er omtala.

Tabell 5.3. Vurdering av eutrofitilstanden i Sævareidvassdraget basert på vannkvaliteten i forhold til grenseverdier for innsjøer gitt av Holtan (1989).

G = Gjønavatn
 S = Skogseidvatn
 H = Henangervatn

	G	S	H	G	S	H	G	S	H	G	S	H
	Siktedyp m			Tot. fosfor µg P/l			Tot. nitrogen µg N/l			Klorofyll a µg kl/l		
Antatt naturtilstand	9			5			200			2		
Observert verdi	8	5	5	3	10-25	8	300	360	350	1	4	4
Forurensnings- klasse	1	2	2	1	2-4	2	2	3	2	1	2	2

5.5. Vurdering av tiltak.

Ei rekkje kriterier (oksygen, siktedjup, planktonsamfunn, nærings salt) er brukt for å vurdere tilstanden i Sævareidvassdraget. Granskingane viser at Gjønavatn er næringsfattig (oligotroft), medan tilstanden lengre nede i vassdraget er karakterisert som mesotroft til eutroft (Skogheim, 1983, Lømsland m.fl., 1986, Brettum m.fl., 1987, Korvald og Bjerknes, 1987). Berekningane gjort her stadfester dette (tabell 5.3), og viser at det er store tilførsler av nærings salt til vassdraget. Det er også vist at det er Skogseidvatnet som får dei største tilførselene av nærings salt og organisk materiale.

Tabell 5.1 og 5.2 viser dei samla tilførselene av N og P frå busetnad, landbruk og fiskeoppdrett til vassdraget. Med tanke på (lokale) tiltak er det lite å gjera med avrenning frå skog og fjell og tilførsler frå nedbør, og desse faktorane er derfor ikkje tatt med i desse tabellane og heller ikkje i vidare drøfting av aktuelle tiltak for å redusere belastninga.

Tiltak som reduserer fosforbelastninga bør setjast i verk for å redusere faren for oksygensvikt og skadelege algeoppblømingar. Ettersom fiskeoppdrett er den viktigaste bruken av vassdraget, bør det vera eit mål å halda god vasskvalitet til dette føremålet. Som kriterium for vasskvalitet til oppdrett set Holtan (1989) m.a. at tilstanden ikkje skal vera dårlegare enn forureiningsklasse 2 m.o.t. eutrofi. Av tabell 2.1. går det fram at fosforverdiane for Skogseidvatn varierer frå 10 - 25 $\mu\text{g}/\text{l}$. Dei nyaste tala, som er gjennomsnitt av 4 målingar i 1988, er 10,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ (Faafeng m.fl., 1990), slik at ein no reknar at Skogseidvatnet ligg omlag på grensa mellom forureiningsklasse 2 og 3. Tiltak bør derfor ta sikte på at ikkje nokon del av vassdraget skal vera dårlegare enn klasse 2, dvs. **ikkje over 11 $\mu\text{g}/\text{l}$ i total-fosfor**. Det er såleis relativt små reduksjonar i nivået som skal til for å nå dette målet.

- **Busetnaden** sitt bidrag kan trulegt reduserast noko med regelmessig slamtøming frå septiktankane. Etersom vi ikkje veit kor godt dei enkelte slamavskiljarane (septiktankane) virkar, er det svært usikkert kva reduksjon slamfjerning vil medføra, men som eit rimeleg estimat reknar vi 30 % eller ca 80 kg P pr år.

- For **landbruket** er redusert utslepp i stor grad ei jordbruksfagleg utfordring: Bruk av jordanalysar og korrekt gjødsling utfrå dei. M.a. gjødsling bare i vekstsesongen og helst utanom kraftig nedbør, minst mulig jordarbeiding om hausten, og bruk av husdyrgjødsel mest mulig i open åker der den kan moldast ned. Det er særleg nitrogenmengdene som kan reduserast med slike tiltak. For fosfor er det neppe realistisk å redusera avrenninga meir en ca 20 % eller 80 kg pr år.

- For **fiskeoppdrett** viser denne granskinga at redusert fôrspill (korrekt fôring) er det mest effektive tiltaket på kort sikt. Ved å redusera fôrfaktoren frå 1,9 til 1,4 vil belastninga i vassdraget bli redusert med 1130 kg P pr år, eller ca 20 % av totalbidraget frå oppdrett. Dette er dessutan eit effektivt økonomisk tiltak i fiskeoppdrett, i det fôret utgjør ca 40 % av produksjonskostnadene.

Redusert innhald av fosfor i fôret f.eks frå 1,2 % til 1,0 % ville redusera tilførslene med vel 20 %, eller 1110 kg P pr år. Kor viktig fosforinnhaldet i fôret er, går også fram av figur 4.1. Slike tiltak krev nært samarbeid med ein eller fleire fôrprodusentar. Val av proteinkjelde til fôret er viktig for kor høgt fosforinnhaldet skal vera. Det kan nemnast at i Danmark, der mesteparten av oppdrettet foregår i ferskvatn, har styresmaktene sett 1,0 % som største tillatne innhald av fosfor i fiskefôr, medan norsk fôr inneheld ca 1,2 % fosfor. God fordøyelighet av proteinet er også viktig for å redusera fosfortapet frå fôret.

Ein kunne også vurderer rensing (filtrering) av avløp frå fiskeoppdrett, og då i første omgang frå den landbaserte delen. Dette utgjør likevel bare ein liten del av den produserte biomassen fordi yngelen ganske tidleg blir sett i merdar. Produksjonen i kar er neppe meir enn ca 4000 kg fisk, så ved 80 % reduksjon av fosforutsleppet (Smith, 1988), ville det redusera belastninga med ca 30 kg. Hvis derimot all fisken blei halden i kar til 50 gram storleik og avløpsvatnet blei filtrert, ville ein redusera fosforutsleppet med ca 300 kg pr år.

Det er også ein fosforlekkasje frå sedimenta under merdene, og denne kunne reduserast ved regelmessig fjerning av sediment (slamsuging). Ein betydeleg del av fosforet sedimenterer under anlegga, ca 70 % i følgje Håkanson m.fl. (1988), men noko blir etter kvart resuspendert i vatnet. Det er vanskeleg å seia kor stor del av fosforet ein kan fjerna med slamsuging.

Ein effektiv måte å redusera fosforbelastninga ville sjølvsagt vera å redusera den totale fiskeproduksjonen i vassdraget, t.d. ved å slutta med matfiskproduksjon. Dette alternative blir det ikkje føreslått eller rekna på, av følgjande grunnar:

1. Aureoppdrettet i Sævareidvassdraget er ein spesiell og interessant produksjon som gjennom mange år har vist seg levedyktig og viktig for distriktet. Det synes å vera ein unik situasjon i forhold til dei problem ein no strir med i lakseoppdrett i sjø, og ein bør ta vare på denne produksjonsforma.
2. På frivillig basis ser det ut til at produksjonsmengda vil bli noko mindre i åra framover.
3. Ved andre tiltak kan ein oppnå og oppretthalda ein akseptabel vasskvalitet i vassdraget.

Dei mest nærliggjande og effektive tiltak for å redusera belastninga på Sævareidvassdraget er såleis rådgjeving og motivering av næringsutøvarane (bønder og oppdrettarar) langs vassdraget til betre og meir miljøvenleg drift. Basert på

kalkulasjonar og estimat ovanfor kan ein setja opp følgjande reknestykke over mulig reduksjon av fosforutslepp:

TILTAK	REDUSERT FOSFOR	% AV TOTAL
Redusert fôrfaktor 1,9-1,4	1130 kg	23,6
Redusert fosfor i fôret frå 1,2-1,0 %	1110 kg	23,2
Betre gjødsling - 20 %	80 kg	1,7
Regelmessig tømning av slam- avskiljarar	80 kg	1,7
All fisk til 50 gram i kar, og avløpsrensing	300 kg	6,3

Ut frå denne oversikten ser ein at dei to tiltaka som gir størst gevinst er betre fôr og fôring i fiskeoppdrett. Reduksjon av fôrfaktor frå 1,9 til 1,4 vil i tillegg spare oppdrettarane kostnaden til ca 90 tonn fôr, eller NOK 750.000,-.

5.6. Oppfølging.

Sævareidvassdraget er så belasta at det bør vera kontinuerlig overvaking av vasskvalitet og algeutvikling. Å gjennomføra dei tiltaka som er føreslått for å redusera fosforbelastninga krev oppfølging frå styresmakter og fagfolk innan dei aktuelle sektorane. Det vil vera ei sentral oppgåve å følgja utviklinga i vassdraget og registrera dei effektane som blir oppnådde ved tiltaka.

Denne rapporten viser også at vassdraget blir tilført omlag 75 tonn nitrogen pr år. Ettersom fosfor er avgrensande vekstfaktor

i ferskvatn, har ein ikkje drøfta spesielle tiltak for å redusera N-tilførslene. Tiltaka for å redusera fosfor vil også i nokon grad redusera nitrogenutsleppa. Det pågår i dag ein debatt om betydninga av N og P for eutrofi/algevekst i sjø (Anon., 1989). Ein kan derfor spørja korleis tilstanden er i Sævareidfjorden som i tillegg til N-mengdene berekna her, får tilførsler får settefisk- og matfiskoppdrett i og ved fjorden, samt andre kjelder. Indre del av fjorden er eit relativt lite terskelbasseng. Det bør vera av interesse å følgja opp også desse undersøkingane med ein grundig analyse av forholda i fjorden.

LITTERATUR.

- Alanara, A., 1988. Kan odlare bidra til minskade fosforutslepp från fiskodling? Nordisk Aquakultur nr 8/88.
- Anon., 1989. Nordsjøen i søkelyset. Leiarartikkel i Vann 3/89.
- Aure, J., 1989. Miljøeffekter av næringsalter og organisk materiale fra fiskeoppdrett. I LENKA-rapport T-726.
- Bjerknes, V., Sørgaard, K. og Traaen, T. S., 1988. Vasskvalitet i Sunnhordland og Fusa. NIVA-rapport nr 2079.
- Brettum, P., Lien, L. og Bjerknes, V., 1987. Overvåking av planteplankton og vannkvalitet i Sævareidvassdraget sommeren 1986. NIVA-notat.
- Eidnes, T., Johnsen, G. og Waatevik, E., 1987. Kartlegging av innsjølokaliteter i Sunnhordland og i "Bergens-regionen" med hensyn på egnethet for oppdrett av laksesmolt i mår. NIVA-rapport nr 1986.
- Faafeng, B., Brettum, P. og Hessen, D., 1990. Landsomfattende undersøkelse av trofitylstanden i 355 innsjøer i Norge. Statlig program for forurensingsovervåking (SFT), rapport nr 386/90. NIVA nr 2355.
- Holtan, H., 1989. Vannkvalitetskriterier for ferskvann. Håndbok. SFT, TA-630.
- Ibrekk, H. O. 1989. Tilførsler av næringsalter til kystområder i Norge. Vann 3/24.
- Korvald, E. og Bjerknes, V. 1987. Framlegg til kystsoneplan og vassdragsplan Fusa kommune. NIVA-rapport nr 2036.

- Kryvi, H. 1989. Forurensingsmengde og effekter fra akvakulturanlegg. Vann 2/24.
- Kupka Hansen, P. 1989. Rehabilitering af forladte opdrætslokaliteter. I LENKA-rapport T-726.
- Lømsland, E. R., Johnsen, T. M. og Bjerknes, V. 1986. Fytoplankton i Sævareidvassdraget høsten 1985. NIVA-rapport nr 1822.
- Persson, G., 1986. Kassodling av regnbåge; Nærslutemissioner och miljø vid tre odlingsanlægen längs Smålandskusten. Naturvårdsverket rapport nr 3215.
- SFT, 1986. Eutrofiering i ferskvann. Rapport nr 257/86.
- Skogheim, O. 1983. Forurensingssituasjonen i Sævareidvassdraget. Notat fra Fiskeforskningen, Direktoratet for Naturforvaltning.
- Smith, M. J., 1988. Elimination of waste materials from landbased fishfarming. NITO konf. : Landbaserte oppdrettsanlegg og lukkede sjøanlegg.
- Undheim, G., 1989. Utprøving av tiltak mot arealavrenning i Rogaland. Handlingsplan mot landbruksforurensninger, rapport nr 5.
- Vråle, L. 1989. Måleenheter for forurensingsmengder fra fiskeoppdrett. I LENKA-rapport T-726.
- Åsgård, T., 1986. Forurensing frå smoltanlegg - fôrspill eller gjødsel - eksempel. Norsk Fiskeoppdrett nr 7/8-86.