



O-89243 O-90014

Konsekvensvurdering av senkingen
av **Hillestadvannet, Haugestadvannet**
og **Vikevannet** i 1989 samt vurderinger
for fastsettelse av vannstand
i **Bergsvannet**

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.: 0-89243 0-90014
Undernummer:
Løpenummer: 2422
Begrenset distribusjon: fri

Rapportens tittel: Konsekvensvurdering av senkingen av Hillestadvannet, Haugestadvannet og Vikevannet i 1989, samt vurderinger for fastsettelse av vannstand i Bergsvannet	Dato: 6. juni 1990
Forfatter (e): Dag Berge	Prosjektnummer: 0-89243 0-90014
	Faggruppe:
	Geografisk område:
	Antall sider (inkl. bilag): 30

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Vestfold, miljøvern-avd. Hof kommune.	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt: Opprensningen av utløpet av Vikevannet har medført at Vikevatn, Haugestadvatn og Hillestadvatn er blitt senket 20-30cm. Oppgrunningen og volumreduksjonene resulterer i at forurensningstilførslene fortynnes i et mindre vannvolum enn tidligere, noe som fører til dårligere vannkvalitet, først og fremst mer alger. Vannkvalitetsforverringen som følge av senkingen tilsvarer økte fosfortilførsler på hhv. 56-89, 96-115, 82-129, og 55-78 kg fosfor pr. år i henholdsvis, Hillestadvannet, Haugestadvannet, Vikevannet og Bergsvannet. Det økte rensebehovet i vassdraget er beregnet til å ligge mellom 105 og 151 kg fosfor fjernet pr. år. Om dette skal tas igjen ved økte rens tiltak på kommunalsektoren, vil det medføre en investeringskostnad på mellom 2.4 og 3.4 millioner 1990-kroner. Finansiert på vanlig måte (kapital- og driftskostnader) vil dette tilsvare merutgifter på kommunenes VAR-budsjett på mellom 480-680000 kroner pr. år.
--

4 emneord, norske:

1. Vassdragsregulering
2. Eutrofiering
3. Eikerenvassdraget
4. Vestfold

4 emneord, engelske:

1. Regulation
2. Eutrophication
3. Eikeren water course
4. Vestfold county

Prosjektleder:

Dag Berge

For administrasjonen:

[Handwritten signature]

ISBN 82-577-1727-4

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Oslo

O-89243 O-90014

Konsekvensvurdering av senkingen
av **Hillestadvannet, Haugestadvannet**
og **Vikevannet** i 1989 samt vurderinger
for fastsettelse av vannstand
i **Bergsvannet**

Oslo 6/6-90

Saksbehandler: Dag Berge

FORORD

Rapporten gir en enkel konsekvensvurdering av senkingen av de tre innsjøene Hillestadvannet, Haugestadvannet og Vikevannet 1989, samt at det gis noen vurderinger omkring fastsettelse av vannstand i Bergsvatn i forbindelse med at Vestfold Kraftselskap vurderer å overta kraftstasjonen ved Eidsfoss Verk. Oppdragsgiver for prosjektet er Fylkesmannen i Vestfold ved Miljøvernavdelingen, samt Hof Kommune.

Det er foretatt 4 befaringer langs vassdraget, i mai, juni, juli og august 1989. Ellers har arbeidet bestått i teoretiske beregninger basert på tidligere innsamlet materiale fra NIVA, GEFO, NVE og Universitetet i Oslo.

Oslo 6/6 -90

Dag Berge

Dag Berge

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

Avsnitt	Side
1 KONKLUSJON OG TILRÅDNINGER	1
2 INNLEDNING	3
3 UTGANGSPUNKT FOR BEREGNINGENE	5
3.1 Senkingens omfang	5
3.2 Begrensende nærings salt	5
3.3 Fosfortilførsler og vannkvalitetsdata	6
3.4 Økonomiske vurderinger	6
4 EFFEKTER AV SENKINGENE	6
4.1 Morfometriske og hydrologiske endringer	6
4.1.1 Kartgrunnlag	6
4.1.2 Arealmessige endringer	7
4.1.3 Volummessige endringer	11
4.1.4 Reduksjoner i middeldyp	11
4.1.5 Reduksjoner i vannets oppholdstid	12
4.2 Senkningenes eutrofimessige betydning	12
4.2.1 Hillestadvannet	13
4.2.2 Haugestadvannet	14
4.2.3 Vikevannet	15
4.2.4 Bergsvannet	16
4.2.5 Eikeren	18

Avsnitt	Side
5 ØKT RENSEBEHOV OG MERKOSTNADER TIL RENSING	18
5.1 Økt rensbehov for å ivareta brukerinteressene	18
5.2 Merkostnader til rensing	20
6 ANDRE EFFEKTER AV SENKINGENE	22
7 NYTT REGULERINGSREGLEMENT FOR BERGSVANNET	22
7.1 Bakgrunn	22
7.2 Innvirkning på morfometriske og hydrologiske forhold	23
7.3 Innvirkning på algevekst	26
7.4 Vannstands nivåenes betydning for avlastningsbehov	28
7.5 Vannstands variasjonens betydning for fosfortransport til Eikeren	28
8 LITTERATURREFERANSER	29

1 KONKLUSJON OG TILRÅDNINGER

Opprensningen av utløpet fra Vikevatn har medført at Vikevatn, Hagestadvatn og Hillestadvatn er blitt senket ca 20-30 cm. Dette høres lite ut, men i de svært grunne innsjøene Haugestadvatn og Hillestadvatn har det markert betydning. Volumene her er redusert hhv. 16-23% og 11-17%, mens i Vikevatn er volumreduksjonene beregnet mellom 6 og 9%.

Innsjøene har blitt grunnere. Middeldypet i Haugestadvatn er redusert til mellom 1.16 og 1.23 m. Dette vil resultere i at det på sikt vil bli vegetasjonsoppslag over hele innsjøens fri overflate. Hillestadvannet har også fått en betydelig reduksjon av middeldypet (8-13%), og man kan også her regne med ekspansjon av makrovegetasjonsbeltene langs land. I Vikevannet har innvirkningen på dypet vært fra 5-8%.

Oppgrunningen og volumreduksjonene vil resultere i at forurensnings-tilførselene vil fortynnes på et mindre vannvolum enn tidligere. Dette vil resultere i at innsjøene får dårligere vannkvalitet, først og fremst mer alger. Hvor mye mer alger er vanskelig å si i og med at produktivitetsøkningen også vil føre til større problemer med intern gjødsling. Vannkvalitetsforverringen som følge av senkingen tilsvarer økte fosfortilførsler på hhv. 56-89, 96-115, 82-129, og 55-78 kg fosfor pr. år i henholdsvis, Hillestadvannet, Haugestadvannet, Vikevannet og Bergsvannet. At Bergsvannet blir påvirket, kommer av at den raskere vanngjennomstrømningen reduserer innsjøenes evne til å holde tilbake fosfor. For Eikeren resulterer dette i en tilførselsøkning på 39-55 kgP/år.

Tilførselsøkningen til Eikeren vil allikevel ligge innenfor innsjøens resipientkapasitet, slik at her blir det ikke noe øket renskrav. For de andre innsjøene derimot, eksisterer det allerede i dag betydelige rensbehov for å oppnå nødvendig vannkvalitet for bading og jordvanning. Senkingen har medført et økt rensbehov som er beregnet til minst å ligge mellom 105 og 151 kgP/år ved optimal utnyttelse av innsjøenes selvrensningsevne. Om dette økte rensbehovet skal tas igjen ved ekstra rensetiltak på kommunalsektoren, er det beregnet å resultere i økte investeringskostnader på mellom 2.4 og 3.4 millioner 1990-kroner. Finansiert ved lån over 20 år til 13% rente, avskrivning over 20 år, og driftskostnader som lønn, vedlikehold etc., tilsvarer dette årlige merutgifter på kommunenes VAR-budsjett på 480-680 000 1990-kroner. Denne økonomiske vurderingen er meget grov, men angir i rimelig grad riktig størrelsesorden. Bedre økonomisk analyse kan

gjøres f. eks. av C.H. Knudsen A/S som allerede er engasjert i området.

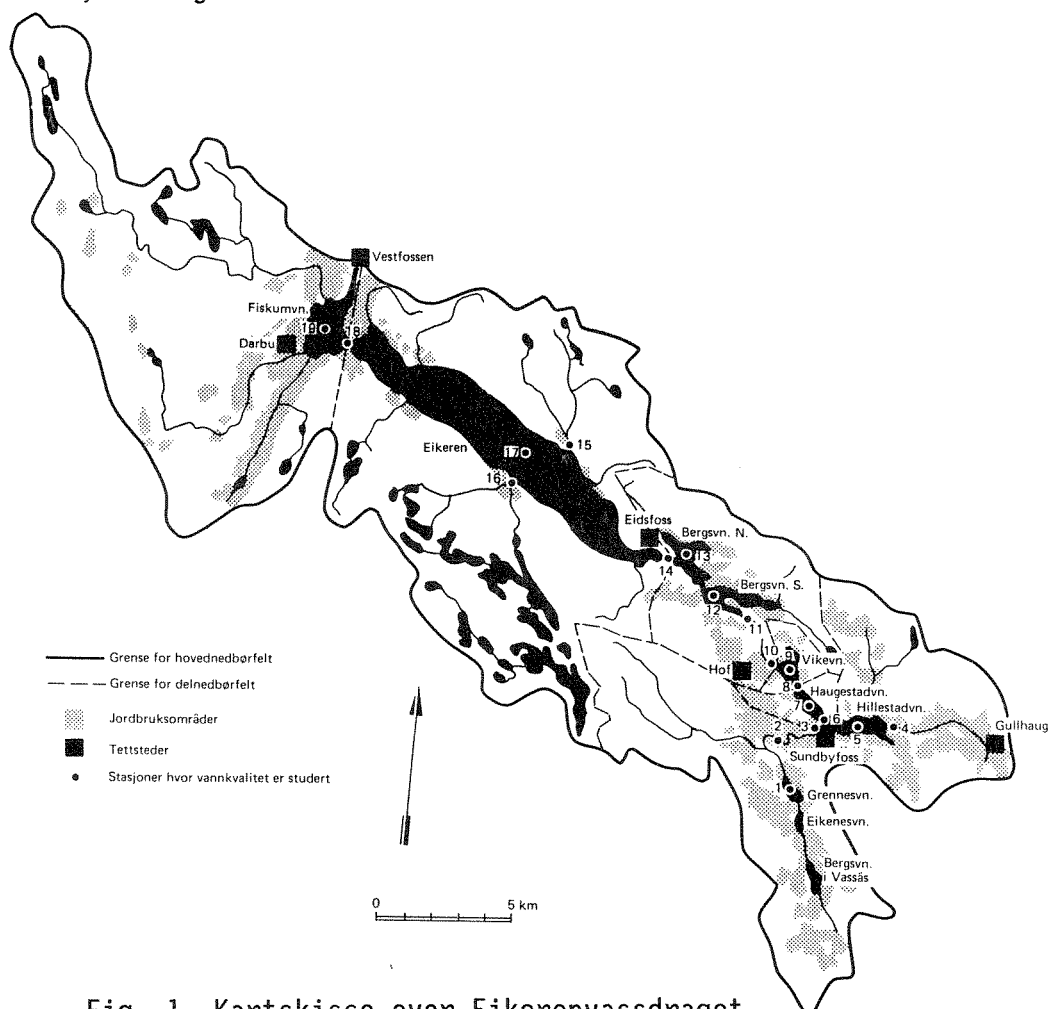
Problemerkene med vannstand kan enkelt bøtes på ved at det etableres en regulerbar terskel i utløpet av Vikevatn. På denne måte kunne man fastsette en laveste vannstand for de tre innsjøene som i allefall kunne ligge så høyt at Haugestadvatn ikke på kort sikt grodde igjen av siv. Man kunne da drive det nødvendige renskingsarbeidet i Vikeelva uten at dette hadde innvirkning på vannstanden. Terskelen dette ville medføre ville bli så lav at den på årsbasis neppe vil være noe permanent hinder for anadrome og katadrome fisk. En eventuell etablering av en slik reguleringsordning må imidlertid underkastes en faglig vurdering før den gjennomføres.

Med hensyn til å fastsette nytt vannstandsregime for Bergsvannet, vil man få minst 13% mindre alger om man holder vannstanden rundt HRV (dvs. fullt Bergsvatn, eller det som i dag kalles 0-nivået), enn om den holdes rundt LRV (laveste regulerte vannstand). Gjennomsnittlig vil det som sommermiddel bli 14 % mer blågrønnalger om den lave vannstanden holdes, sammenliknet med den høye. Selv med den høye vannstanden vil det på sensommeren være fare for blågrønnalgeoppblomstringer, om ikke tiltak gjennomføres mot fosfortilførselene til sjøen.

En stabilisering av vannstanden i Bergsvannet til f.eks. ca 1m's reguleringshøyde, ville resultere i utvikling av makrovegetasjonsbelter langs land på samme måte som i de ovenfor liggende innsjøene. Dette ville ha en filtrerende effekt på diffusavrenningene fra landområdene rundt sjøen, som også ville dempe algeveksten. Bergsvatn har i dag et unormalt høyt algeutbytte pr. tilført fosforenhet, sammenliknet med andre sjøer av samme type, noe mangelen på kantvegetasjon trolig er hovedårsaken til.

2 INNLEDNING

Våren 1989 ble NIVA ved telefonisk henvendelse fra lokale oppsittere gjort oppmerksomme på at innsjøene Hillestadvannet, Vikevannet og Haugestadvannet var blitt senket gjennom opprensning av utløpet av Vikevannet. De tre innsjøene henger sammen og det er normalt liten eller ingen høydeforskjell mellom dem. Kanalen mellom innsjøene er farbar med båt, se fig.1.



NIVA foretok en befaring i slutten av mai, snakket med lokalkjente oppsittere og sammenliknet vannstanden med fastmerker vi hadde fra tidligere undersøkelser i vassdraget. Vannstanden var da betydelig lavere enn normalt for årstiden, noe som ikke var så rart i og med at våren 1989 var unormalt tørr. Det som imidlertid var unormalt var at

en betydelig del av beltene av vannvegetasjon nå stod på land. Det var klare indikasjoner på at vannstanden i vassdraget aldri hadde vært så lav før.

Så sent som i 1987 var NIVA engasjert i arbeidet med vannbruksplan for vassdraget. Senkinger ble absolutt ikke anbefalt, fordi innsjøene var svært grunne og stod på grensen til vegetasjonsetablering over hele overflatearealet. Vi tok kontakt med Fylkesmannens miljøvernnavdeling ved miljøvernleder Kåre Skudal og vassdragsforvalter Sigrid Stokke for å høre hvordan de hadde vurdert denne saken. Miljøvernnavdelingen var imidlertid ikke kjent med gravearbeidene.

Miljøvernnavdelingen engasjerte så Forbygningsavdelingen ved Norges vassdrags- og energiverk, NVE, for å foreta kontrollmålinger. Rapport herfra forelå i slutten av september 1989. Her antydes en reell senking på ca 20 cm. NIVA hadde da ut fra 4 befaringer i mai, juni, juli og august kommet frem en reell senking på ca 30 cm.

I november 1989 ble NIVA engasjert av Fylkesmannens miljøvernnavdeling for å se konsekvensene av denne senkingen. Man var særlig interessert i å få begrep om den eutrofierende effekten, det vil si hvor mye mer næringsrike innsjøene ble som følge av at forurensningene nå havnet ut i et mindre vannvolum enn tidligere. Likeledes var det ønskelig å få begrep om hvorvidt den økte gjennomstrømningen førte til at mer fosfor ble transportert videre mot Bergsvannet og Eikeren. Det skulle også beregnes hva effektene av senkingene tilsvarte i økte fosfortilførsler, og hva reduksjon av disse ville koste hvis det skulle tas igjen ved ekstra renseinnsats på kommunalsektoren for at skadevirkningene av senkingene skulle oppveies.

I januar ble vi kontaktet av Hof kommune (ved kommuneingeniør Terje Thoresen) for å se om det ved å sette opp nytt reguleringsreglement for vannstanden i Bergsvannet, kan være mulig å bedre selvrensningsskapiteten i innsjøen med tanke på å få mindre algevekst, samt å redusere tilførslene til Eikeren. Det er snakk om at Vestfold Kraftselskap skal overta den gamle kraftstasjonen ved Eidsfoss verk.

Problemstillingene i disse 2 prosjektene griper inn i hverandre, og siden det dessuten dreier seg om samme vassdrag, finner vi det derfor rasjonelt å rapportere dem samlet, noe det er gitt samtykke for fra oppdragsgiverne.

3 UTGANGSPUNKT FOR BEREGNINGENE

3.1 Senkingens omfang

Det er vanskelig å fastslå omfanget av senkingen eksakt da sommeren 1989 var tørrere enn normalt. NIVA vurderte senkingen til ca 30 cm, mens NVE vurderte den til ca 20 cm. Det gjøres derfor beregninger ut fra begge disse verdier.

3.2 Begrensende nærings salt

Fosfor og nitrogen er de viktigste næringsstoffer for algevekst. Algenes proporsjonale behov for nitrogen og fosfor er i gjennomsnitt ca 7:1. Modifisert etter noe ulik tilgjengelighet, er det vanlig å anta at N begrensning først inntreffer ved N:P-forhold mindre enn ca 12 (Sakamoto 1966, Dillon & Rigler 1974, OECD 1982). I tabell 1 er det gitt aktuelle verdier fra de berørte innsjøer i sommerhalvåret 1985.

Tabell 1. Konsentrasjoner av fosfor (P) og nitrogen (N) i de berørte innsjøer, samt N/P forholdet, middelveidier av målinger i sommerhalvåret 1985.

<i>Innsjø</i>	<i>Fosfor ugP/l</i>	<i>Nitrogen ugN/l</i>	<i>N/P-forholdet</i>
<i>Hillestadvatn</i>	38	1113	29
<i>Haugestadvatn</i>	32	960	30
<i>Vikevatn</i>	22	890	40
<i>Bergsvatn</i>	15	920	61
<i>Eikeren</i>	6	780	130

Fosfor er altså klart biomassebegrensende nærings salt i alle de berørte innsjøer, og beregningene vil konsentrere seg om tilførselene av dette element.

3.3 Fosfortilførsler og vannkvalitetsdata

Data omkring fosfortilførsler fra nedbørfeltene er hentet fra "Vannbruksplan for Eikeren-vassdraget", rapport utarbeidet for Eikerenutvalget II, GEF0/NIVA (Åstebøl og medarb. 1987).

Data omkring vannkvalitet og hydrologiske og morfometriske forhold er hentet fra sammenstillingen "Morfometri, hydrologi, vannkvalitet og beregning av akseptabel fosforbelastning i 15 Vestfoldinnsjøer", NIVA (Berge 1988), etter oppdrag fra Fylkesmannens miljøvernnavdelingen i Vestfold.

3.4 Økonomiske vurderinger

Prisberegninger av økte rensertiltak på kommunalsektoren for å kompensere for effekten av at reduserte vannvolum vil motta feltets forurensninger, er foretatt etter rapport fra Fylkesmannen miljøvernnavdeling i Buskerud 1988 (Tor Alsaker-Nøstdahl): Tiltaksplan mot forurensning i Drammenselva og Drammensfjorden, samt etter konsultasjoner med siv. ing. Lasse Vråle hos C.H. Knudsen A/S.

4 EFFEKTER AV SENKINGENE

4.1 Morfometriske og hydrologiske endringer

4.1.1 Kartgrunnlag

Det finnes forskjellige kartgrunnlag over området, og de ulike gir noe forskjellige overflatearealer for innsjøene. Vi har vært nødt til å benytte de karter som har ligget til grunn for dybdekartene. Forskjellene som oppstår ved bruk av ulike kartgrunnlag er imidlertid små.

Dybdekart med referanser og bathygrafisk kurve er gitt i fig. 2, 3 og 4.

Vannføringene er beregnet etter NVE's midlere avrenning for området (NVE 1987), 22 l/km² sek.

4.1.2 Arealmessige endringer

Endringene i innsjøenes overflateareal som følge av senkingene er gitt i tabell 2. Som det fremgår vil senkingene kun føre til mindre reduksjoner av overflatearealet. Haugestadvannet som er den grunneste innsjøen, har fått redusert sin overflate med mellom 3 og 6 %, mens det langt "brådyper" Vikevannet kun er påvirket mellom 1.2 og 2.1 %.

Tabell 2. Endringer i innsjøenes overflateareal som følge av senkingene.

Parameter	Benevning	Hillestadvatn		Haugestadvatn		Vikevatn	
		Nom. verdi	(%) red.	Nom. verdi	(%) red.	Nom. verdi	(%) red.
Areal opprinnelig	(dekar)	1640		703		746	
Areal 20 cm senking	"	1586	(3.3)	680	(3.2)	736	(1.3)
Areal 30 cm senking	"	1559	(4.9)	660	(6)	730	(2.1)

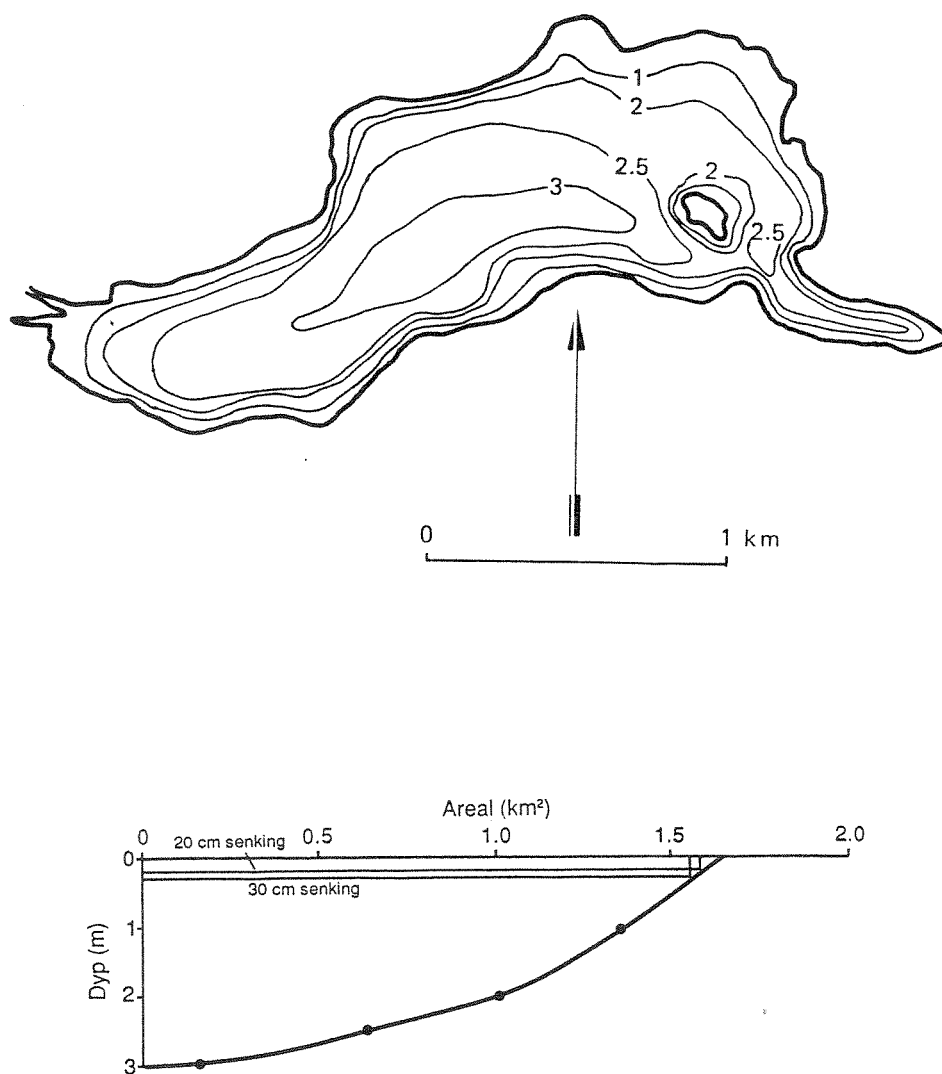


Fig. 2. Dybdekart og bathygrafisk kurve over Hillestadvannet. Opp-
loddet av Harald Skaane (1964), modifisert ved kontrollmålinger av Dag
Berge (1976).

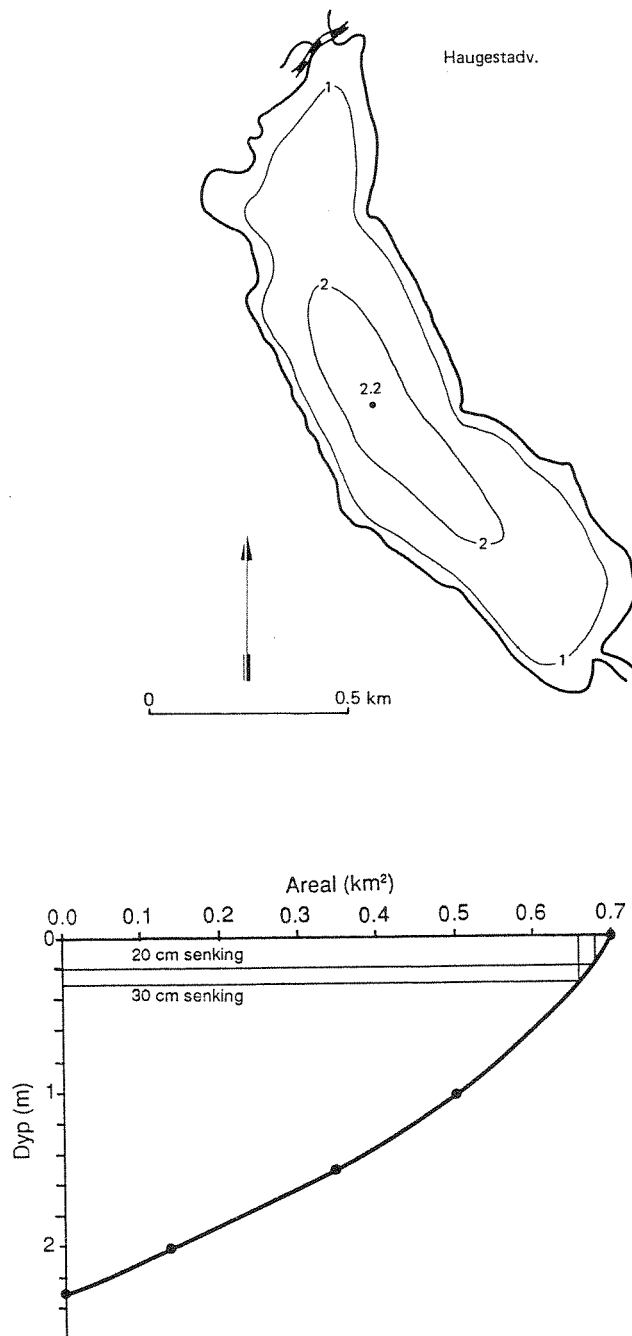


Fig. 3. Dybdekart og bathygrafisk kurve over Haugestadvannet oppmålt av Dag Berge 1985. Kartet må regnes som omtrentlig da det kun er basert på 25 enkelt målinger.

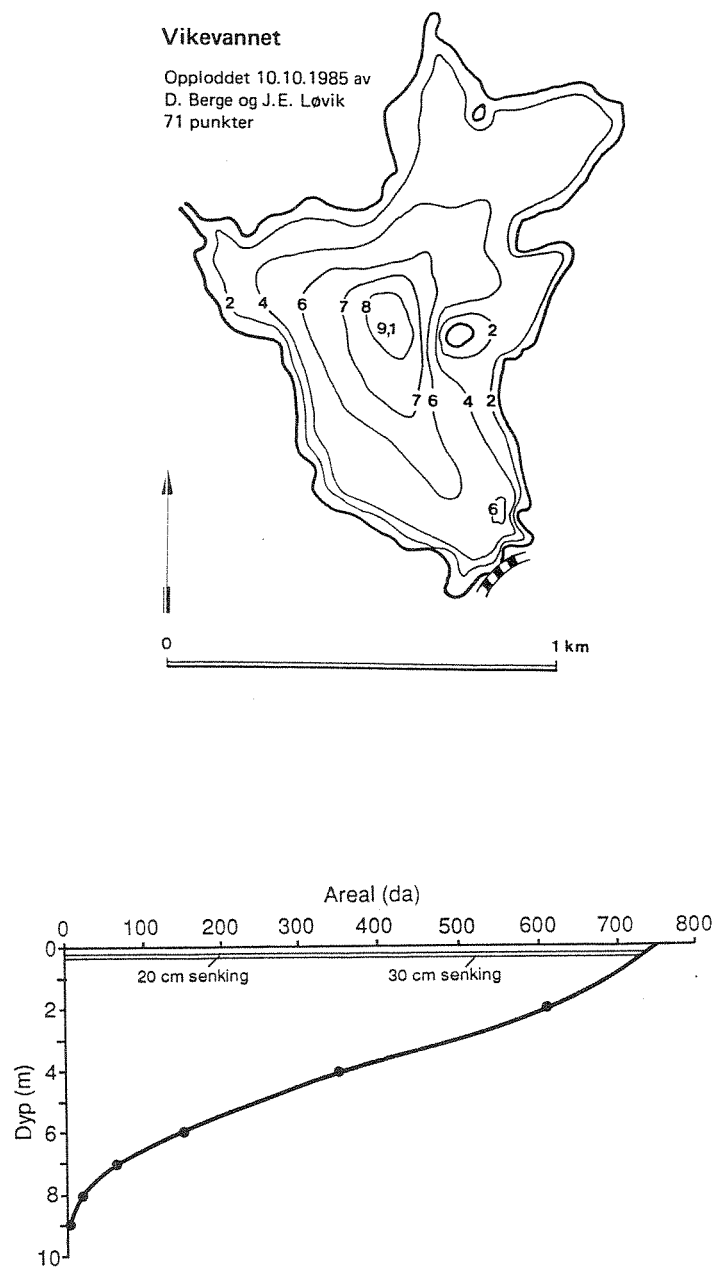


Fig. 4. Dybdekart og Bathygrafisk kurve over Vikevannet. Opploddet av Dag Berge og Jarl Eivind Løvik 1985.

4.1.3 Volummessige endringer

I de grunne vannene Haugestadvatn og Hillestadvatn har den lille senkingen stor innvirkning på volumet, hhv. 16-23% og 11-17%'s reduksjon, se tabell 3. Det dypere Vikevannet blir mindre påvirket, 6-9%'s reduksjon.

Tabell 3. Volumreduksjoner som følge av senkingene.

Parameter	Benevning	Hillestadvatn		Haugestadvatn		Vikevatn	
		Nom. verdi	(%) red.	Nom. verdi	(%) red.	Nom. verdi	(%) red.
Volum opprinnelig	($\times 10^6 \text{m}^3$)	3.25		1.0		2.98	
Volum 20 cm senking	"	2.9	(11)	0.84	(16)	2.80	(6)
Volum 30 cm senking	"	2.7	(17)	0.77	(23)	2.70	(9)

4.1.4 Reduksjoner i middeldyp

Selv om en så liten senking som 20-30 cm kan virke helt marginal, gir den allikevel betydelig utslag på middeldypet i de grunne innsjøene Haugestadvannet og Hillestadvannet, som får redusert sitt middeldyp med hhv. 8-13% og 14-19%, se tabell 4.

Tabell 4. Reduksjoner i middeldyp som følge av senkingen:

Parameter	Benevning	Hillestadvatn		Haugestadvatn		Vikevatn	
		Nom. verdi	(%) red.	Nom. verdi	(%) red.	Nom. verdi	(%) red.
Middeldyp opprinnelig	(m)	1.98		1.43		4.0	
Middeldyp 20 cm senking	"	1.82	(8)	1.23	(14)	3.8	(5)
Middeldyp 30 cm senking	"	1.73	(13)	1.16	(19)	3.7	(8)

4.1.5 Reduksjoner i vannets oppholdstid

Når volumet av innsjøene minker, mens nedbørfeltet jo er konstant, vil vannets oppholdstid i innsjøbassengene bli redusert. I Haugestadvannet vil oppholdstiden bli redusert med hele, 17-24%, i de andre innsjøene noe mindre, se tabell 5.

Tabell 6. Reduksjoner i vannets oppholdstid i innsjøene som følge av senkingene.

Parameter	Benevning	Hillestadvatn		Haugestadvatn		Vikevatn	
		Nom. verdi	(%) red.	Nom. verdi	(%) red.	Nom. verdi	(%) red.
Oppholdstid opprinnelig	(år)	0.040		0.012		0.034	
Oppholdstid 20 cm senking	"	0.036	(10)	0.010	(17)	0.032	(6)
Oppholdstid 30 cm senking	"	0.033	(18)	0.0091	(24)	0.031	(9)

4.2 Senkningenes eutrofimessige betydning

Det er flere forhold som må tas med i betraktning når man skal beregne senkningenes betydning for eutrofiering av innsjøene. For det første vil næringsssaltkonsentrasjonen i innsjøene øke som følge av at et mindre innsjøvolum nå vil motta forurensningstilførslene fra nedbørfeltet.

Senkingene har også resultert i at det terrestriske nedbørfeltet er blitt større. Erfaringer viser at nyutvunnet land mot senkede innsjøer ofte dyrkes opp, slik at dette også resulterer i at forurensningstilførslene blir større. I våre beregninger har vi ikke tatt hensyn til en slik økning i næringssalttilførselen da denne her vil bli liten sammenliknet med den totale næringssalttilførsel.

Den reduserte oppholdstiden til vannet i innsjøene vil resultere i at tilbakeholdelsen av fosfor i hver enkelt innsjø vil bli mindre, dvs. mer vil renne ut i neste nedenforliggende innsjø. Dette resulterer i at beregningene blir en slags "rente og rentes rente betraktning".

Da det også er av interesse hva det vil koste å reparere de av senkingene forårsakede eutrofieringsskader ved innsats på reduksjoner av kommunale utslipp, er de eutrofimessige effektene regnet om til hva de tilsvarer i økte fosfortilførsler.

4.2.1 Hillestadvannet

Beregnet fosforbelastning til Hillestadvannet er 2866 kgP/år. Divideres dette på årlig vanntilførsel på $81.4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ fås midlere innløpskonsentrasjon av fosfor $[P]_i = 35.2 \text{ mgP/m}^3$.

=====

Denne innløpskonsentrasjonen regnes for den samme med og uten senking, selv om det forurensningsproduserende terrestriske areal egentlig har blitt litt større som følge av senkingene. Innløpskonsentrasjonen vil imidlertid resultere i forskjellig konsentrasjon av fosfor i innsjøen avhengig av volum og gjennomstrømning, som begge er faktorer som påvirkes av senkingen.

Innsjøkonsentrasjonen regnes ut etter denne likningen:

$$[P]_\lambda = 0.436 [P] T_w^{-0.16}$$

Det er verdt å merke seg at det ikke bare er eksterne fosfortilførsler som er med på å opprettholde fosforkonsentrasjonen i Hillestadvannet og i Haugestadvannet i sommerhalvåret, men det skjer også betydelige interne tilførsler. Disse er i første rekke forårsaket av høye pH verdier som igjen har sin årsak i høy algeproduksjon. Vikevannet er noe mindre preget av intern gjødsling. Det er imidlertid den eksterne gjødslingen som "slår på" den interne. Får man redusert de eksterne tilførslene, vil de interne også reduseres etter en tid. Det er derfor tilstrekkelig å se bort fra interne tilførsler i denne omgang.

Teoretisk innsjøkonsentrasjon i Hillestadvannet:

$[P]_\lambda$ Uten senking	25.7 ugP/l
$[P]_\lambda$ 20 cm senking	26.2 ugP/l
$[P]_\lambda$ 30 cm senking	26.5 ugP/l

20 cm senking fører altså til en teoretisk økning i fosforkonsentrasjon i Hillestadvannet på 0.5 ugP/l, mens 30 cm senking fører til en økning på 0.8 ugP/l.

De samme senkingene fører til en forverring av vannkvaliteten som tilsvarer en fosfortilførsel på hhv 56 kgP/år og 89 kgP/år om den gamle vannstanden var opprettholdt. I henhold til Bruksplan for Eikerenvassdraget har man målsetting om å oppnå badevannskvalitet i Hillestadvannet igjen. For å oppnå dette må man altså fjerne mellom 56-89 års-kgP mer enn angitt tidligere.

4.2.2 Haugestadvannet

Som nevnt vil senkingen av Hillestadvannet resultere i nedsatt retensjon (tilbakeholdelse) av fosfor. Fosforretensjonskoeffisienten til en innsjø kan beregnes rimelig bra etter uttrykket gitt av Larsen & Mercier (1976) og Vollenweider (1976):

$$R = \frac{1}{1 + Tw^{-0.5}}$$

Der T_w er teoretisk oppholdstid på vannet i innsjøen (= tiden det tar for de innkommende elver å fylle opp innsjøbassenget om dette hadde vært tomt).

Fosformengden som renner ut av en innsjø er da gitt ved uttrykket

$$P_{ut} = P_{inn} (1 - R)$$

Anvendes dette på Haugestadvannet får vi at av de 2866 kgP/år som kommer inn i Hillestadvannet, vil følgende renne ut i Haugestadvannet:

Uten senking:	2387 kgP/år	
20 cm senking:	2410 kgP/år	= økning på 23 kgP/år
30 cm senking:	2425 kgP/år	= økning på 38 kgP/år

Tilførslene fra Haugestadvannet lokalfelt er ca 219 kgP/år

P-tilførsler til Haugestadvatn (GEFO/NIVA 1987): 2597 kgP/år
 +Redusert tilbakeholdelse i Hillestadvannet: 23 kgP/år

 =20 cm senking gir P-tilførsel på 2620 kgP/år
 =====

Tilsvarende gir 30 cm senking en P-tilførsel på 2636 kgP/år
 =====

Disse tilførselene ville ha gitt en teoretisk innsjøkonsentrasjon i Haugestadvannet (-bidrag fra intern gjødsling) på:

[P] λ Uten senking: 27.1 ugP/l
 [P] λ 20 cm senking: 28.1 ugP/l = økning på 1.0 ugP/l
 [P] λ 30 cm senking: 28.3 ugP/l = økning på 1.2 ugP/l

Dette tilsvarer en merbelastning på Haugestadvannet på:

20 cm senking: 96 kgP/år
 30 cm senking: 115 kgP/år

4.2.3 Vikevannet

P-tilførslene til Vikevannet er av GEFO/NIVA 1987 beregnet til 2481 kgP/år. Fordeles dette på årlig vanntilførsel fåes midlere fosforkonsentrasjon i innløp [P]_i = 28.2 ugP/l.

Fosfortilførslene til Vikevatn ved 20 cm senking:

Fra Hillestadvatn ut i Haugestadvatn.....	2410 kgP/år
+ Haugestadvatn nærrområde	219 kgP/år
= Sum	2629 kgP/år
- Retensjon gjennom Haugestadvatn (R=0.09)	237 kgP/år
= Ut av Haugestadvatn	2392 kgP/år
+ Nærrområder Vikevatn	142 kgP/år

= P-tilf. Vikevatn ved 20 cm senking	2534 kgP/år
	=====

Dette gir innløpskonsentrasjonen $[P]_i = 28.8 \text{ ugP/l}$
 =====

Fosfortilførsler til Vikevatn ved 30 cm senking:

Fra Hillestadvatn ut i Haugestadvatn	2425 kgP/år
+ Haugestadvatn nærrområde	219 kgP/år
= Sum	2644 kgP/år
- Retensjon gjennom Haugestadvatn(R=0.087)	230 kgP/år
= Ut av Haugestadvatn	2414 kgP/år
+ Nærrområde Vikevatn	142 kgP/år

= P-tilf. Vikevatn ved 30 cm senking	2556 kgP/år
	=====

Dette gir innløpskonsentrasjonen $[P]_i = 29.0 \text{ ugP/l}$
 =====

Den teoretiske innsjøkonsentrasjonen i Vikevatn blir da:

$[P]_\lambda$ Uten senking:	21.1 ugP/l
$[P]_\lambda$ 20 cm senking:	21.8 ugP/l
$[P]_\lambda$ 30 cm senking:	22.0 ugP/l

Dette tilsvarer en økt belastning på Vikevannet på

20 cm senking:	82 kgP/år
30 cm senking:	129 kgP/år

4.2.4 Bergsvannet

Selv om senkingsarbeidende ikke berører Bergsvannet fysisk, vil innsjøen få en større fosfor-belastning som følge av at tilbakeholdelsen av fosfor i de tre ovenforliggende innsjøer blir redusert (raskere vanngjennomstrømming).

Regnestykket blir da noe enklere, og fremgår av det følgende:

Uten senking:

P-tilførsel Vikevatn	2481 kgP/år
- Retensjon gjennom Vikevatn (R=0.156)	386 kgP/år
= Ut av Vikevatn	2095 kgP/år
+ Nærområder Bergsvatn	1064 kgP/år

= Fosfortilførsel til Bergsvatn uten senking	3159 kgP/år
=====	

20 cm senking:

P-tilførsel Vikevatn	2556 kgP/år
- Retensjon gjennom Vikevatn (R=0.15)	384 kgP/år
= Ut av Vikevatn	2150 kgP/år
+ Nærområder Bergsvatn	1064 kgP/år

= Fosfortilførsel til Bergsvatn uten senking	3214 kgP/år
=====	

30 cm senking

P-tilførsel Vikevatn	2556 kgP/år
- Retensjon gjennom Vikevatn (R=0.149)	383 kgP/år
= Ut av Vikevatn	2173 kgP/år
+ Nærområder Bergsvatn	1064 kgP/år

= Fosfortilførsel til Bergsvatn uten senking	3237 kgP/år
=====	

Bergsvannets fosforbelastning blir:

Uten senking:	3159 kgP/år	
20 cm senking:	3214 kgP/år	= en økning på 55 kgP/år
30 cm senking:	3237 kgP/år	= en økning på 78 kgP/år
=====		

4.2.5 Eikeren

Vannstanden i Bergsvatn er ikke berørt av senkingen, dvs. innsjøens selvrensningsevne blir som før. Den økte forfortilførsel som senkingen har påført Eikeren, er gitt av endringene i utløpet fra Bergsvatn etter likningen:

$$P_{ut} = P_{inn} (1 - R)$$

For enkelthets skyld betraktes her Bergsvannet som én innsjø til tross for at den fri vannbevegelsen mellom det nordre og søndre bassenget er begrenset som følge av vegfyllingen ved Rød.

I følge Åstebøl og medarb. (1987) er fosfortilførslene fra Eikerens lokale nedbørfelt på ca 2350 kgP/år.

Senkingens innvirkning på Eikerens totale P-belastning blir da:

Uten senking:	4593 kgP/år	
20 cm senking:	4532 kgP/år	= en økning på 39 kgP/år
30 cm senking:	4648 kgP/år	= en økning på 55 kgP/år
=====		

5 ØKT RENSEBEHOV OG MERKOSTNADER TIL RENSING

5.1 Økt rensbehov for å ivareta brukerinteressene

Eikerens resipientkapasitet er beregnet til ca 5200 kgP/år (Berge 1988). Økningen i fosfortilførsler som følge av senkingen har vært mellom 39 og 55 kgP/år, til hhv. 4532 og 4648 kgP/år. Eikerens vannkvalitet vil således ikke komme i fare som følge av senkingen så lenge man ser på innsjøen som helhet. Imidlertid vil Bergsvatn få mer blågrønnalger, og utløpet fra Bergsvatn vil påvirke vannkvaliteten i Eikeren innenfor Hesthammerøya i negativ retning med tanke på uttak av ubehandlet drikkevann.

Alle de andre innsjøene, Hillestadvannet, Haugestadvannet, Vikevannet og Bergsvannet er overbelastet med fosfor, dvs. man er nødt til å bedre vannkvaliteten hvis brukerinteressene skal kunne ivaretas. Styrende brukerinteresser for vannkvaliteten er her badevann og vanningsvann. Drikkevannskvalitet vil aldri kunne oppnås her. Veiledende behov for næringssaltreduksjoner er gitt i Vannbruksplan for Eikerenvassdraget (Åstebøl og medarb. 1987) og i Berge (1988).

I tillegg til disse verdier må man altså redusere tilførslene ytterligere for å kompensere for de negative vannkvalitetseffektene som senkingene har medført. Det økte rensebehov som senkingene har medført i de ulike innsjøene, er gitt i tabell 6.

Tabell 6. Det økte rensebehov som senkingen har medført i de ulike innsjøene (kgP/år).

	20 cm senking	30 cm senking
<i>Hillestadvannet</i>	56	89
<i>Haugestadvannet</i>	96	115
<i>Vikevannet</i>	82	129
<i>Bergsvannet</i>	55	78

Det vil imidlertid ikke bli riktig å summere disse verdiene for å finne det samlede ekstra rensebehov. Fjerner man fosfor fra Hillestadvannets lokalfelt, fjerner man jo også fosfor fra alle de nedenforliggende innsjøer, om enn i mindre grad jo lenger nedover man kommer i vassdraget. Man må derfor korrigere for innsjøenes selvrensningsevne. Dette er gjort i tabell 7 og 8.

Tabell 7. Analyse av ekstra rensebehov ved 20 cm senking.

	Hillestad vannet kgP/år	Haugestad vatn kgP/år	Vikevatn kgP/år	Bergsvatn kgP/år
Økt avlastn.behov (20cm senk.)	56	96	82	55
Fjerning fra Hillestadvatn	56	→ 47	→ 43	→ 36
Gjenværende ekstra avlastningsbehov	0	49	39	19
Fjerning fra Haugestadvatn		49	→ 45	→ 38
Gjenværende ekstra avlastningsbehov	0	0	0	0

Tabell 8. Analyse av ekstra rensebehov ved 30 cm senking.

	Hillestad vannet kgP/år	Haugestad vatn kgP/år	Vikevatn kgP/år	Bergsvatn kgP/år
Økt avlastn.behov (20cm senk.)	89	115	129	78
Fjerning fra Hillestadvatn's lokalfelt	89	→ 76	→ 70	→ 59
Gjenværende ekstra avlastningsbehov	0	39	59	19
Fjerning fra Haugestadvatn's lokalfelt		39	→ 36	→ 30
Gjenværende ekstra avlastningsbehov	0	0	23	0
Fjerning fra Vikevatn's lokalfelt			23	→ 19
Gjenværende ekstra avlastningsbehov	0	0	0	0

Man kan altså oppnå å kompensere for den negative vannkvalitetsutviklingen som senkingen har medført ved å redusere fosfortilførslene fra lokalfeltene til de tre innsjøene Hillestadvannet, Haugestadvannet og Vikevannet, se tabell 9.

Tabell 9. Økt netto rensebehov, korrigert for innsjøenes selvrensningsevne.

	Fra Hillestad vatn kgP/år	Fra Haugestad- vatn kgP/år	Fra Vike- vatn kgP/år	Sum kgP/år
20 cm senking	56	49	0	105
30 cm senking	89	39	23	151

5.2 Merkostnader til rensing

Merkostnadene forbundet med den økte rensinnsatsen på kommunal-sektoren som senkingen har medført, lar seg bare beregne nokså omtrentlig gjennom bruk av erfaringstall fra tiltaksplaner andre steder. I Tiltaksplan for Drammenselva og Drammensfjorden (Alsaker-Nøstdahl 1988) ble det beregnet at fjerning av av ett årstonn fosfor

koster anslagsvis 10 millioner 1986-kroner. Tiltaksplan for Oslo-fjorden gav ca 13 mill. kr. pr. årstonn P.

Begge disse beregningene er imidlertid gjort for bymessige områder. I spredt bebyggelse øker kostnadene som følge av mer ledningsnett pr. kg. fosfor fjernet. I følge Alsaker-Nøstdal (pers. medd.) er det fra 1.5 til 2 ganger dyrere å rense i spredt bebyggelse enn i bymessige områder, avhengig av selvfølgelig hvor spredt bebyggelsen er. Hvis vi i det videre tar utgangspunkt i Drammenstallene og multipliserer med 1.7, får vi at rensing av et årstonn fosfor koster 17 millioner kroner i investeringskostnader regnet som 1986-kroner. Antar vi 6% prisstigning pr. år, blir dette 22.7 millioner 1990 kroner i investeringskostnader pr. årstonn, eller 22700 kr. pr. årskilo fosfor fjernet.

Ved lån i Kommunalbanken på 13% over 20 år, avskrivning over 20 år, samt driftskostnader som lønn, vedlikehold, kjemikalier etc., er et konservativt estimat å anta en samlet årlig utgift på vel 20% av investeringskostnadene (cf. siv. ing. Lasse Vråle hos C-H Knudsen A/S).

Etter ovenstående beregningsgrunnlag vil det økte rensebehovet senkingene har medført, kreve ekstra investeringskostnader på mellom 2.4 og 3.4 mill. kroner, tilsvarende årlige utgifter for kommunene Holmestrand og Hof på tilsammen mellom 480000 og 680000 kroner.

=====
 Merkostnadene (investeringskostnader) for å oppnå badevannskvalitet i de 4 berørte innsjøene Hillestadvannet, Haugestadvannet, Vikevannet og Bergsvannet ser etter dette ut til å ligge mellom 2.4 og 3.4 millioner kroner om den negative vannkvalitetsutviklingen senkingen har medført, skal kompenseres ved ekstra tiltak mot kommunale forurensninger. For delt over 20 år, med 13% rente, pluss drift, vedlikehold, og avskrivninger, vil de årlige merkostnadene bli fra 480000 til 680000 kroner pr. år på det kommunale VAR-budsjettet.
 =====

Det må her presiseres at disse økonomiske beregningene er nokså omtrentlige i det de baserer seg på erfaringer fra tiltaksplaner i bymessige områder. Det er antatt at rensing i de mer landlige strøk det her er snakk om, er 1.7 ganger dyrere pr. kg. fosfor fjernet enn i bymessige områder. Tallene burde imidlertid være av riktig størrelsesorden.

6 ANDRE EFFEKTER AV SENKINGENE

Av andre effekter som senkingene vil medføre er først og fremst ekspansjon av vegetasjonsbeltene, og da særlig i Haugestadvatn som i allerede før senkingene var så grunn at den allerede har vegetasjonsoppslag flere steder over hele i de sentrale vannmasser i tillegg til mektige vegetasjonsbelter langs strendene.

Middeldypet i Haugestadvatn i dag er beregnet til 1.43 m, ved 20 cm senking reduseres dette til 1.23 m og ved 30 cm senking til 1.16 m. De store sivbeltene (sjøsivaks og takrør) har i dag en utbredelse til ca. 1.2 m's dyp. Utenfor her kommer vanlig tjønnaks, hjertetjønnaks og vannliljer. Hjertetjønnaks går lengst ut av disse. Hvor langt ut er ikke målt, men den forekommer i spredte bestander langt ute i Haugestadvannets sentrale deler allerede. Det sier seg da selv at enhver senking vil føre til meget store ekspansjoner av høyere vegetasjon i Haugestadvannet. Utviklingen vil trolig bli omtrent som det som skjedde i søndre basseng i Grennesvannet etter senkingen først på 60 tallet. Dette bassenget har nå ingen fri vannflate tilbake, og må nå regnes som et vårmarksområde. I Hillestadvannet vil det også skje betydelig ekspansjon av vegetasjon, men i noe mindre grad. Vikevannet vil bli ubetydelig berørt av vegetasjonsekspansjon.

7 NYTT REGULERINGSREGLEMENT FOR BERGSVANNET

7.1 Bakgrunn

Det er snakk om at Vestfold Kraftselskap skal overta den gamle kraftstasjonen ved Eidsfoss Verk som utnytter fallet på 17m mellom Bergsvannet (36moh) og Eikeren (19moh).

Forurensningssituasjonen i Bergsvatn har forverret seg de senere år med bl.a. økende innslag av blågrønnalger. Det er også observert giftige stammer av disse.

Bergsvannet er i dag nominelt regulert 4.7 m opp og ned. Innsjøen er ofte betydelig nedtappet både i vinterhalvåret og sommerhalvåret. Hof kommune ønsker å få en pekepinn på hva man kan oppnå i vannkvalitetsforbedringer ved å opprettholde en høyere vannstand i Bergsvannet, samt hva dette kan bety for redusert forurensningstilførsel fra Bergsvannet og ut i Eikeren.

7.2 Innvirkning på morfometriske og hydrologiske forhold

Reguleringskonsesjonen angir høyeste regulerte vannstand (HRV) på kote 36.0 moh og laveste regulerte vannstand (LRV) på 31.3 moh, dvs. en reguleringshøyde på 4.7 m. Vannstanden i Bergsvannet varierer betydelig over året, og variasjonsmønsteret kan være nokså forskjellig fra år til år avhengig av nedbørforhold, særlig gjelder dette i sommerhalvåret.

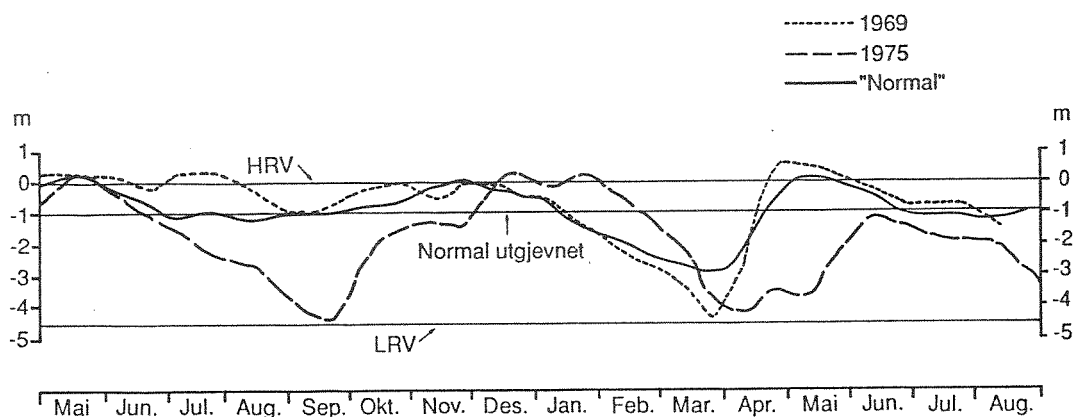


Fig. 5. Vannstandsvariasjoner i Bergsvatn. Etter Bjerke og medarbeidere, 1978.

I fig.5 har vi fremstilt en del observasjoner over vannstandsvariasjoner i Bergsvatn hentet fra Bjerke og medarb. (1978), hvor vi har tegnet inn HRV og LRV, samt konstruert en utjevnet normal vannstand. Normalen er konstruert etter observasjoner gjort av Eidsfoss Verk i perioden 1948-1961.

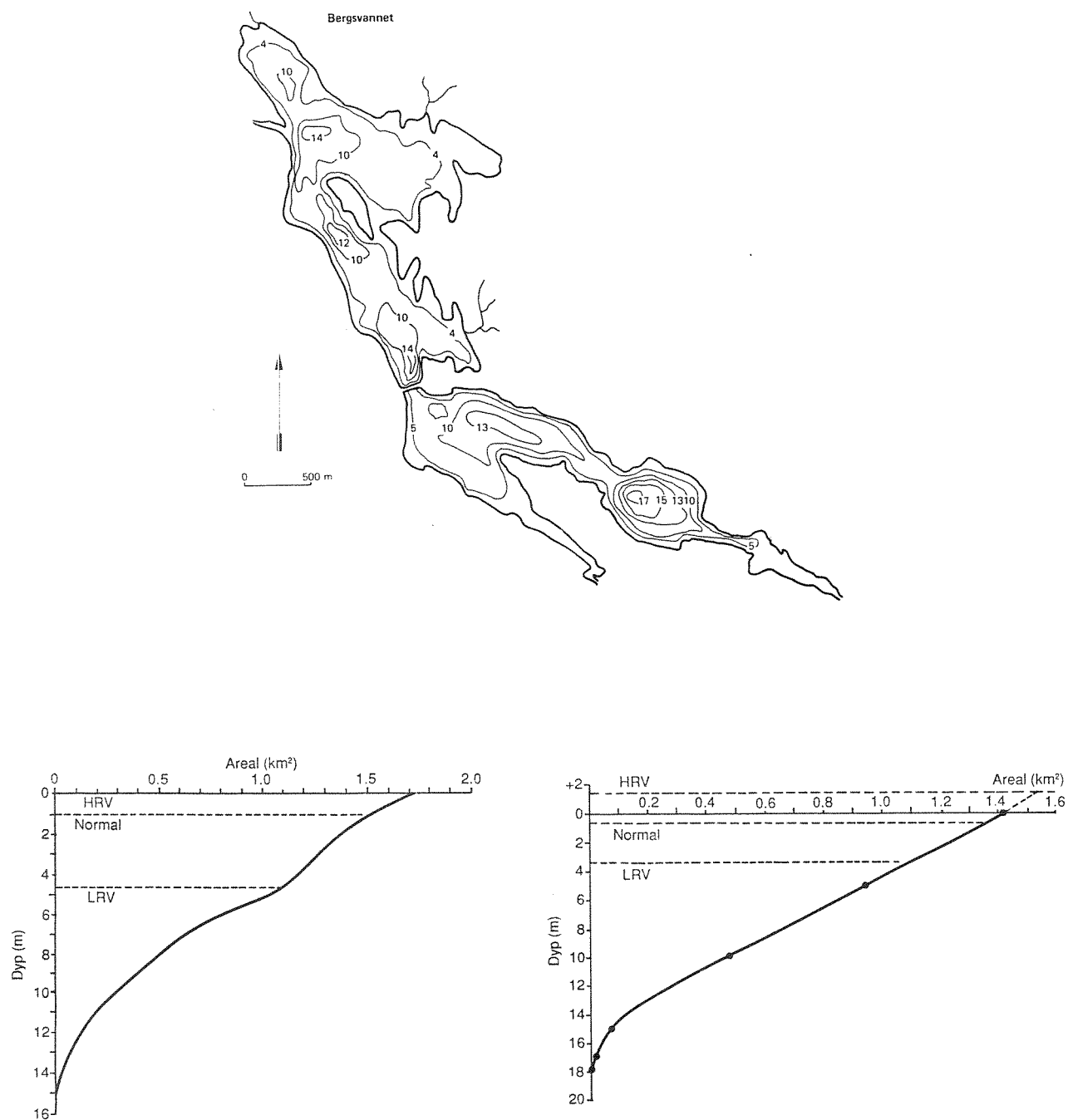


Fig. 6. Dybdekart over Bergsvannet, inkludert batygrafiske kurver for de to bassengene. Nordre basseng er loddet opp av K. Vennerød (1974), mens det søndre basseng er loddet opp av Dag Berge (1985).

Dybdekart over Bergsvannets nordre basseng er referert til HRV som 0-nivå, mens dybdekartet over det søndre basseng referer seg til 1.3 m lavere enn HRV. Dybdekart med batygrafiske kurver er gitt i fig.6. Det er neppe aktuelt å holde vannstanden høyere enn HRV. Vi tar utgangspunkt i dette og gjør beregninger også for "normalen" som har ligget ca 1 m under HRV, og for LRV som er 4.7 m under HRV. Lavere enn dette er det neppe aktuelt å holde vannstanden. I tabell 10 er det beregnet hvilke forskjeller dette innebærer for morfometriske og hydrologiske forhold.

Tabell 10. Innvirkning av 3 forskjellige vannstander på morfometriske og hydrologiske forhold i Bergsvannet.

Parameter			Bergsvatn S	Bergsvatn N	Bergsvatn
Areal	HRV	(0m)	1.55	1.7	3.25
	"	Normal (-1m)	1.37	1.5	2.87
	"	LRV (-4.7m)	1.09	1.12	2.21
Volum	HRV	$\times 10^6 m^3$	12.8	10.1	22.9
	"	Normal	9.8	8.5	18.3
	"	LRV	6.46	3.8	10.26
Middeldyp	HRV	m	8.3	5.9	7.1
	"	Normal	7.2	5.7	6.5
	"	LRV	5.9	3.4	4.7
Oppholdstid	HRV	år	0.12	0.086	0.19
	"	Normal	0.09	0.072	0.16
	"	LRV	0.06	0.032	0.087
Årlig avløp $\times 10^6 m^3$			107	117.8	117.8

Det fremgår av tabellen at det er markerte forskjeller i alle disse parametre avhengig av hvilke vannstand man velger. Størst forskjell blir det i volum og vannets oppholdstid, som begge reduseres med ca 55% med en vannstand på LRV sammenliknet med HRV.

7.3 Innvirkning på algevekst

Når volumet reduseres vil forurensningene fortynnes i et mindre vannvolum, men samtidig vil innsjøens vannfornyelse bli større. Dette er prosesser som virker i motsatt retning. Forurensningstransporten fra nedbørfeltet regnes som den samme, selv om det forurensningsproduserende areal blir noe større ved den laveste vannstanden.

Vi velger å regne Bergsvannet som én innsjø, selv om avsnøringen ved Rød kan begrense den frie vannbevegelse mellom de 2 bassenger. Regner videre med at den reelle senkingen av Vikevannet har vært 20cm, dvs. fosfortilførselen til Bergsvatn er:

$$P_{\text{inn}} = 3214 \text{ kgP/år.}$$

Dette gir en middelkonsentrasjon av fosfor i innløpet:

$$[P]_i = 27.3 \text{ ugP/l}$$

Teoretiske innsjøkonsentrasjoner av fosfor er da gitt av følgende modeller utviklet av Berge (1987):

$$(1) \quad [P]_{\lambda} = 0.436 \cdot [P]_i \cdot T_w^{-0.16}$$

$$(2) \quad [K]_{\lambda} = 0.6 \cdot [P]_{\lambda}^{0.96}$$

Resultatene av disse beregningene er gitt i venstre halvdel av tabell 10. Observasjoner som er gjort i Bergsvatn fra 1976 til 1985, gir middelverdier for total fosfor $[P]_{\lambda} = 17.2 \text{ ugP/l}$, mens beregnet via formelverket gav 16.0 ugP/l , dvs. noe mindre. Bergsvatn er nokså spesielt ved at det som følge av regulering ikke har de store sivbeltene langs land slik som i de ovenfor liggende innsjøene i vassdraget. Derfor har man mindre grad av næringsfiltrering i littorale vegetasjonsbelter og det er rimelig at de reelle konsentrasjoner av fosfor ligger noe høyere enn det modellene foreskriver. I høyre del av tabell 10 har vi korrigert for disse forskjellene.

Om vannstanden holdes på HRV gir dette ca 13% mindre alger enn om den holdes på LRV.

Med hensyn til å anslå hva dette har å si for andelen blågrønnalger i planktonet, er det også utviklet flere modeller. Disse er imidlertid ikke særlig presise noen av dem, men de skulle allikevel beskrive de relative forskjellene man kan forvente av forskjellige vannstander.

Modellen vi anvender er utarbeidet av Trimbee & Prepas (1987) og baseres på konsentrasjonen av total fosfor.

Her kan det prosentvise innhold av blågrønnalger beregnes ut fra de 2 likningene:

$$\text{BGindex} = -5 + 2.62 \cdot \log [P]^{\lambda} \quad (1)$$

der

$$\text{BGindex} = \ln\left(\frac{\% \text{BG}}{100 - \% \text{BG}}\right) \quad (2)$$

BG = Blågrønnalger

Ut fra disse beregningene vil man få 14% mer blågrønnalger ved å holde vannstanden på LRV sammenliknet med HRV, se helt til høyre i tabell 11. Periodevis er blågrønnalgeinnholdet i Bergsvannet mye høyere enn de 16.2% som modellen foreskriver. Vi har i enkelte perioder i august år om annet registrert helt opp i 80-90%. Det må imidlertid bemerkes at modellen beskriver det gjennomsnittlige innslag av blågrønnalger over hele sommerhalvåret. I mai og juni har vi ikke registrert blågrønnalger i Bergsvannet. Vi regner i midlertid med at modellen beskriver de relative forskjellene relativt bra.

Tabell 11. Beregnede konsentrasjoner av fosfor, algemengde gitt som klorofyll, samt prosentvist innslag av blågrønnalger.

Vannstand	Teoretiske konsentrasjonsberegninger		De samme konsentrasjonsberegninger basert på observasjoner i innsjøene			
	[P]λ ugP/l	[Kla] ug/l	[P]λ ugP/l	[Kla] ug/l	BGindex	Blågrønnalger % av algebiom.
HRV	15.5	8.33	16.7	8.33	-1.80	14.2
Normal	16.0	8.6	17.2	8.60	-1.76	14.7
LRV	17.6	9.4	18.9	9.40	-1.65	16.2

En stabilisering av vannstanden i Bergsvatn vil føre til at man får etablert stabile makrovegetasjonsbelter langs strendene slik som i de ovenforliggende innsjøene i Eikerenvassdraget. Dette vil også føre til en bedring ved at bestandene filtrerer diffuse forurensninger fra land. Hvor stor denne tilleggsbedringen vil bli, er imidlertid vanskelig å beregne.

7.4 Vannstandsni våenes betydning for avlastningsbehov

Vannstandenhevinger er ikke alene nok til å få en stabil og god vannkvalitet i Bergsvannet. Tiltak i øvre deler av vassdraget og i Bergsvannets lokalfelt bør gjennomføres i størrelsesorden som er skissert i Berge (1988). Det kan imidlertid beregnes hva vannstandsni våer vil ha å si for rensebehovet.

Øker man vannstanden fra normalni vået til HRV, dvs. ca 1 m høyere gjennomsnittsvannstand enn i dag får man at rensebehovet vil reduseres med ca 90 kgP/år, eller en besparelse på ca 900000 kr etter regnemethoden benyttet tidligere.

Hvis man derimot holder normalvannstanden helt nede på LRV, dvs. 3.4 m lavere enn i dag vil man få et økt rensebehov på ca 320 kgP/år tilsvarende en kostnad på 3.2 millioner.

7.5 Vannstandsvariasjonens betydning for fosfortransport til Eikeren

Formel for fosforretensjon er gitt tidligere. Anvendes denne vil de forskjellige vannstandene i Bergsvannet gi følgende endringer i fosforretensjon i Bergsvann og videretransport til Eikeren, se tabell

12.

Tabell 12. De ulike vannstanders betydning for fosforretensjon i Bergsvatn og videretransport til Eikeren.

Vannstand	Retensjons- koeffisient	Fosformengde ut av Bergsvatn kgP/år
HRV	0.304	2337
Normal	0.285	2298
LRV	0.227	2484

Ved å øke normalvannstanden til HRV, dvs. med ca 1 m fra dagens nivå, vil det renne ut ca 40 kg P mindre fra Bergsvannet og ut i Eikeren.

8 LITTERATURREFERANSER

- Alsaker-Nøstdahl, B. 1988: Tiltaksplan mot forurensning i Drammenselva og Drammensfjorden. Fylkesmannen i Buskerud, Miljøvernavdelingen, rapport nr. 19, 1988. 42 sider.
- Berge, D. 1976: Hillestadvannet og Grennesvannet. Hydrografi, Fytoplankton, og dammuslingen Anodonta piscinalis. Hovedfagsoppgave i Limnologi ved Universitetet i Oslo 1976: 203 sider.
- Berge, D. 1987: Fosforbelastning og respons i grunne og middels grunne innsjøer. Hvordan man bestemmer akseptabelt trofinivå og akseptabel fosforbelastning i sjøer med middeldyp 1.5-15 m. NIVA-rapport 0-85110, 44 sider.
- Berge, D. 1988: Morfometri, hydrologi, vannkvalitet og beregning av akseptabel fosforbelastning i 15 Vestfoldinnsjøer. NIVA rapport 0-87062. 98 sider.
- Bjerke, G., A.H. Erlandsen og K. Vennerød 1978: Hydrografiske

- undersøkelser i Bergsvatn og Eikeren. Hovedfagsoppgave i Limnologi, Univ. Oslo. 1978.
- Dillon, P.J., and F. H. Rigler 1974: The phosphorus-chlorophyll relationship in lakes. *Limnol. Oceanogr.* Vol. 19 (5):767-773.
- Larsen, D. P. & H.T. Mercier 1976: Phosphorus retention capacity of lakes. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 33(8): 1742-1750.
- NVE 1989: 730 Senking av Hillestad-Vikevatn, Kontrollmåling. Norges Vassdrags- og Energiverk, Forbygningsavd., sept. 1989.
- OECD 1982: EUTROPHICATION OF WATERS: Monitoring, assessment and control. OECD EUTROPHICATION PROGRAMME, Final report., Paris, France, 155 sider.
- Sakamoto, M. 1966: Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth. *Arch. Hydrobiol.* 62:1-28.
- Skaane, H., 1960: Hillestadvannet og Korssjøen - En sammenlikning mellom 2 innsjøer i Vestfold. Hovedfagsoppgave i limnologi, Geografisk institutt, Univ. Oslo.
- Trimbee, A.M., and E.E. Prepas 1987: Evaluation of total phosphorus as a predictor of the relative biomass of blue-green algae with emphasis on Alberta Lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44:1337-1342.
- Vollenweider, R.A. 1976: Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 33: 53-83.
- Åstebøl, S.O., F. Rosland, B. Malme og D. Berge 1987: Vannbruksplan for Eikerenvassdraget. Delutredning om vannkvalitet, forurensningstilførsler, samt tiltak for å sikre Eikeren som fremtidig drikkevannskilde. fellesrapport, GEFO/NIVA 1987: 70 sider.