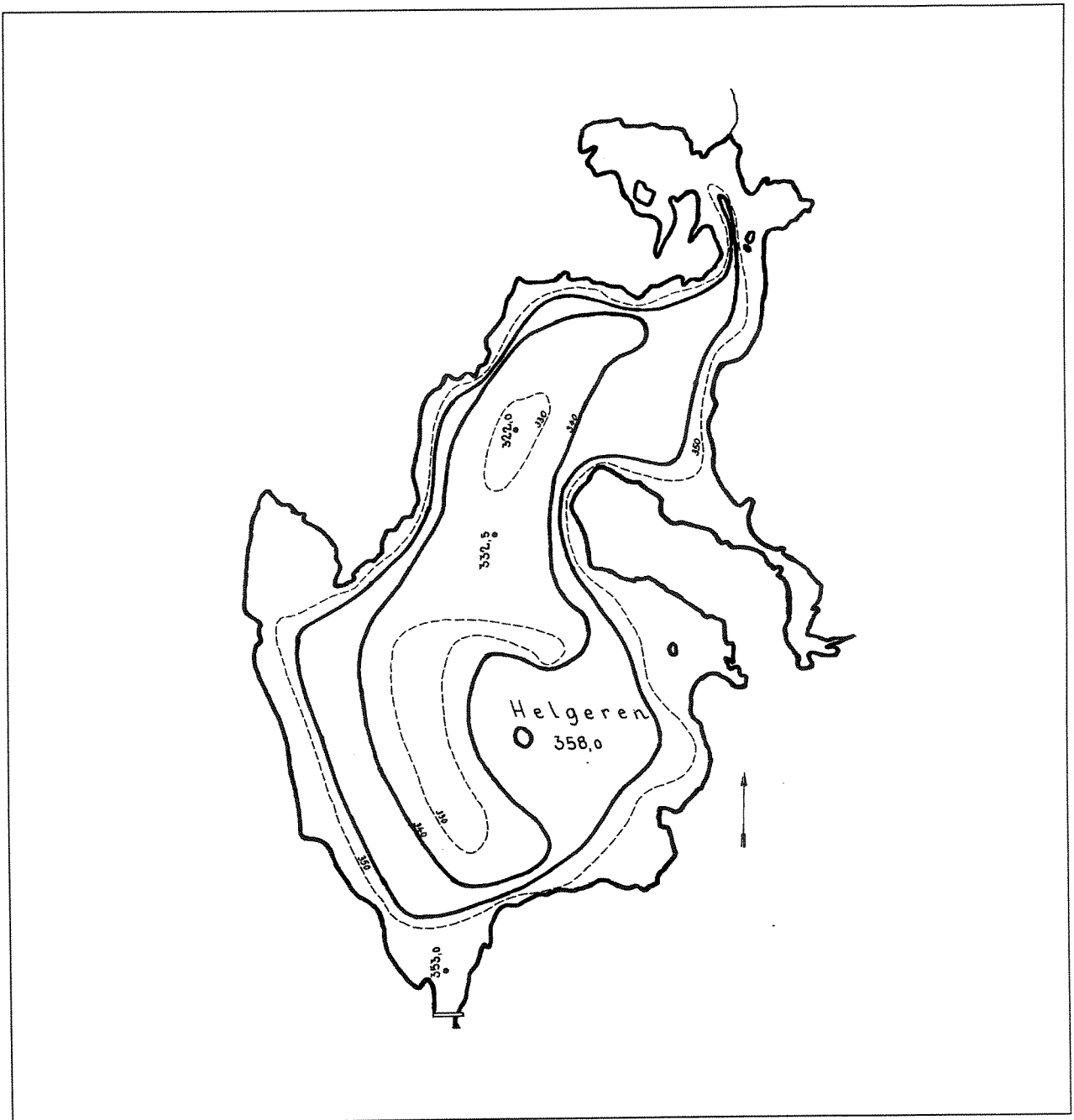


RAPPORT LNR 3495-96

Miljøkonsekvenser av midletidig nedtapping under LRV i noen av Oslos drikkevannsmagasiner



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-96164	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3495-96	

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

Rapportens tittel: Miljøkonsekvenser av midlertidig nedtapping under LRV i noen av Oslos drikkevannsmagasiner.	Dato: 12/6-1996 Trykket: NIVA 1996
	Faggruppe: Vassdragsreguleringer
Forfatter(e): Leif Lien Odd Stabbetorp Bjørn Rørslett	Geografisk område: Oslo/Oppland
	Antall sider: 22 Opplag: 50

Oppdragsgiver: Oslo kommune	Oppdragsg. ref.:
--------------------------------	------------------

Ekstrakt: For å sikre drikkevannsforsyningen til Oslo ønsker kommunen økt nedtapping av magasinene Gjerdingen, Ø/V Fyllingen, Helgeren og Maridalsvatn. En drikkevannsreserve for bare 3 1/2 måneder i mai 1996 var forårsaket av en 9 måneders tørkeperiode som bare har forekommet én gang tidligere i dette århundre. Ytterligere nedtappinger under LRV av disse magasinene vil få størst negativ effekt for produksjon og biologisk diversitet av planter, bunndyr og fisk i strandsonen spesielt i Maridalsvatnet, men også i Østre Fyllingen. Maridalsvatn er en betydelig referanse-lokalitet. Minst skade vil vi få i Helgeren som allerede er sterkt regulert. Gjerdingen er også betydelig skadet av reguleringer, og ytterligere nedtapping vil forsterke skadene.

Spesielt Maridalsvatnet men også Fyllingen bør spares for ytterligere nedtappinger. Andre reguleringsmagasiner i Nordmarka kan eventuelt vurderes som alternativ til disse i ekstreme tørkesituasjoner.

4 emneord, norske

1. Drikkevann
2. Reguleringer
3. Oslomarka
4. Miljøkonsekvenser

4 emneord, engelske

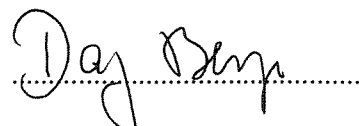
1. Drinking water
2. Reservoir
3. Oslo river system
4. Environmental impact

Prosjektleder



.....Leif Lien.....

For administrasjonen



..... Dag Berge.....

ISBN 82-577-3035-1

**Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Oslo**

O-96164

**Norsk institutt for naturforskning (NINA)
Oslo**

**Miljøkonsekvenser av midlertidig nedtapping under
LRV i noen av Oslos drikkevannsmagasiner.**

Oslo 12/6-1996

Saksbehandler Leif Lien (NIVA)
Medarbeidere Odd Stabbetorp (NINA)
Bjørn Rørslett (NIVA)

Innhold

Sammendrag og konklusjoner.	side 4
Innledning	6
Nåværende reguleringshøyder og ytterligere nedtappinger	7
Resultater og diskusjon	12
Nedbør/Tilførsler til magasinene.	12
Vannkvalitet.	13
Vannvegetasjon.	13
Tarmbakterier/Måker	16
Dyreplankton og bunndyr	16
Kreps	17
Fisk	17
Myr og skog rundt magasinene	19
Referanser	20

Sammendrag og konklusjoner.

Oslo kommune ønsker økt nedtapping under nåværende LRV av magasinene Gjerdingen, Østre- og Vestre Fyllingen, Helgeren og Maridalsvatnet. Dette har sammenheng med reduserte drikkevannsreserver forårsaket av en spesielt lang og nedbørfattig periode fra august 1995 til april 1996. I dette tidsrommet kom det bare 50 % av normal nedbørmengde. Tilsvarende lav nedbørmengde i løpet av så lang periode er bare registrert en gang tidligere i Oslo-området i dette århundre. Det er derfor lite sannsynlig at det blir nødvendig å benytte vannet under nåværende LRV i de aktuelle magasinene de nærmeste årene. Det var fortsatt drikkevannsreserver for ca 3 1/2 måneders forbruk når magasinene i Nordmarka var på det laveste med de nåværende reguleringshøydene.

Ved ytterligere nedtappinger forventes ikke utvaskingen av næringssalter å bli så stor at det vil forårsake vannkvalitetsproblemer på grunn av for høye algeproduksjoner i de øvre magasinene. Effekten på Maridalsvatn er noe vanskelig å forutsi, da det antas at næringssalt-konsentrasjonen i grunnområdene rundt Maridalsvatn er høyere enn i de andre magasinene.

Store partier av grunnområdene (1 til 4 m) i Maridalsvatn er dekket av brasmegras i tildels tette matter. Brasmegraset er meget erosjons-stabiliserende. Likevel observeres det sterkt grumsete vann i overflaten av Maridalsvatn på dager med sterk vind. Dette har sammenheng med den reguleringen av magasinet som foregår i dag. Vannverket har en omfattende silingsprosess for å fjerne partikler fra råvannet. Ved tørrlegging vil brasmegraset dø i løpet av kort tid, og den erosjons-stabiliserende effekten vil forsvinne. En vesentlig økning av partikler i Maridalsvatn kan forventes. Dybdeutbredelsen av brasmegras i Maridalsvatn ligger innenfor den totale reguleringshøyden (tidligere reguleringshøyde + ny nedtapping). En utnyttelse av den totale reguleringshøyden vil derfor slå ut tilnærmet hele bestanden av brasmegras. For vannverket vil dette medføre en vesentlig dårligere råvannskvalitet spesielt i den isfrie perioden (mai - desember).

Det er foretatt flere større undersøkelser av vannvegetasjonen i Maridalsvatnet. Innsjøen har derfor stor betydning som vitenskapelig referanselokalitet.

Det ventes ingen større langsiktige endringer av dyreplanktonet som lever i de fri vannmassene ved eventuelle økte senkninger av innsjømagasinene. Dyreplankton i strandsonen som trolig er godt representert i Maridalsvatn og også i Fyllingen vil skades ved økte reguleringer.

Vannstanden i uregulerte innsjøer varierer naturlig opp til én meter og for enkelte sjøer også mer gjennom året. Erfaringer fra vassdragsreguleringer generelt viser at først ved manøvreringshøyder over 4-5 m registreres større skadene på strandsonens produksjon av planter og bunndyr. Det må imidlertid understrekes at ved reguleringer under 4-5 m også registreres tildels betydelige skader. Blir den årlige reguleringshøydene over 8-10 m er det meste av strandsonen totalt ødelagt med hensyn til produksjon av planter, bunndyr og fisk.

Gyteforholdene og reproduksjonen av fisk påvirkes negativt ved de fleste reguleringer, både for innsjøgytende fisk som får strandsonen tørrlagt etter gyting, og for elvegytende fisk som får redusert vannføring/tørrlagte elvestrekninger. Dette gjelder både tørrlegging av rogn og av oppvekstområder for småfisk.

Det er ikke registrert verneverdige skog- og myrområder i direkte tilknytning til de aktuelle vannene. Med unntak av Maridalsvatnet er terrenget rundt strandsonen i hovedsak skrånende og med tynt morenedekke, slik at reduksjon i vannstanden har liten direkte effekt på vegetasjonen rundt vannene. Særlig økt erosjon fra terrenget kan heller ikke forventes, da vannene allerede er regulert. I Maridalsvatnet kan en nedregulering føre til økt løsmassetransport og forsterket uttørring av de

marine sedimentene, men effekten antas å være liten hvis senkningen kun gjennomføres for en kort periode.

Av de fem innsjøene vil ytterligere nedtapping få størst negativ effekt for produksjon av vannvegetasjon, bunndyr og fisk i strandsonen spesielt i Maridalsvatnet, men også i Østre Fyllingen. Minst skade vil oppstå i Helgeren som allerede er sterkt regulert. Gjerdingen, som har en regulering på 6.7 m, er allerede betydelig skadet. Ytterligere reguleringer vil forsterke dette. Vestre Fyllingen blir ikke berørt.

Våre konklusjoner blir at Maridalsvatnet bør spares for ytterligere senkninger under nåværende LRV. Fyllingen bør heller ikke senkes ytterligere. Andre reguleringsmagasiner i Nordmarka kan eventuelt vurderes som alternativ til disse i ekstreme tørkesituasjoner.

Innledning

Oslo kommune, Vann- og avløpsverket ber NIVA vurdere konsekvenser av nedtapping under nåværende LRV (Laveste Regulerte Vannstand) for vannmagasinene Gjerdingen, Østre- og Vestre Fyllingen, Helgeren og Maridalsvatnet. Kommunen vil benytte NIVA's konsekvensvurdering i forbindelse med søknad til Norges vassdrags- og energiverk (NVE) om tillatelse til de økte nedtappingene.

Det er også bedt om en vurdering av effekter på vegetasjon i terrenget rundt disse vannmagasinene. Denne vurderingen er gjort i regi av NINA.

Kommunen ber videre NIVA forta denne vurderingen i løpet av to uker. Det blir dermed ikke tid til å foreta spesielle studier av de aktuelle innsjømagasinene. Vurderingene vil derfor baseres på tidligere undersøkelser, en enkel befaring samt generelt erfaringsgrunnlag fra reguleringsmagasiner.

Kommunens ønske om nedtapping under nåværende LRV har sammenheng med reduserte drikkevannsreserver forårsaket av en spesielt lang og nedbørfattig periode (august 1995 - april 1996) på Østlandet.

Nåværende reguleringshøyder og ytterligere nedtappinger

De nåværende reguleringshøydene og de ytterligere nedtappingene Oslo kommune søker om å gjennomføre er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Nåværende reguleringshøyder og de ytterligere omsøkte nedtappingene for Gjerdingen, Fyllingen, Helgeren, og Maridalsvatn. Summen av begge reguleringshøydene samt høyeste regulerte vannstand (HRV) er gitt.

Innsjømagasin	Nåværende regulerings høyde (m)	Ytterligere nedtapping (m)	Sum regu- lering (m)	Høyeste regulerte vannst. (HRV moh)
Gjerdingen	-6.7	-7	-13.7	448.5
Fyllingen, Ø/V	-3.8	-8	-11.8	349.78
Helgeren	-10	-8	-18.0	358.02
Maridalsvatn	-2.56	-3.6	-6.2	149.16

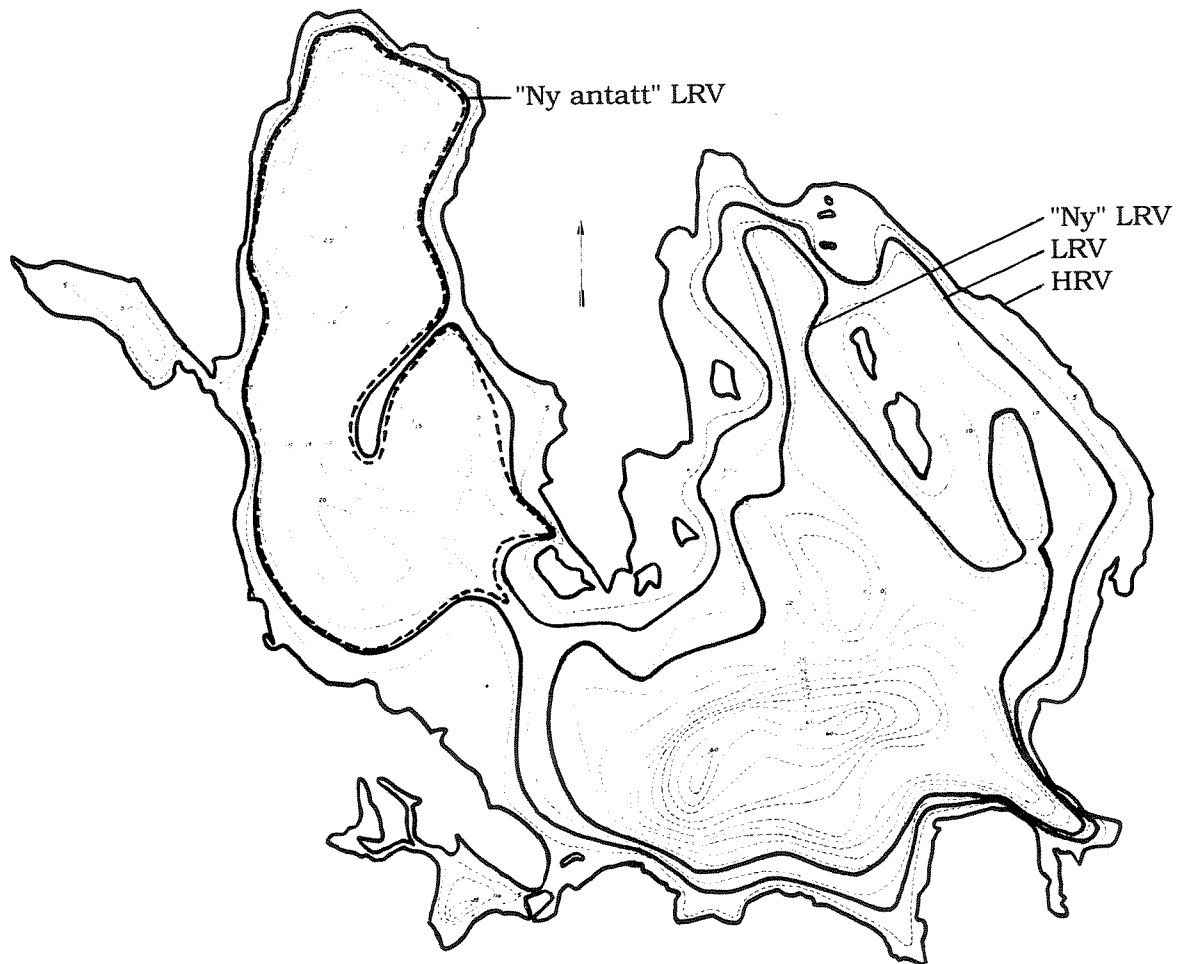
Østre og Vestre Fyllingen henger sammen i et smalt og grunt sund. Største dybde i dette sundet tilsvarer omlag dagens LRV. Uttappingen fra Fyllingen fra foregår fra den østre delen. En ytterligere nedtapping av Østre Fyllingen vil derfor ha liten eller ingen innvirkning på vannstanden i Vestre Fyllingen.

Den nordvestre delen av Gjerdingen er med den nåværende LRV avgrenset av et smalt og grunt sund. Dybden i dette sundet er ikke helt klarlagt, men terskelen ligger mellom 7 og 10 m, trolig rundt 8.5 m under HRV. En ytterligere nedtapping av Gjerdingen vil derfor bare delvis berøre den nordvestre delen av magasinet.

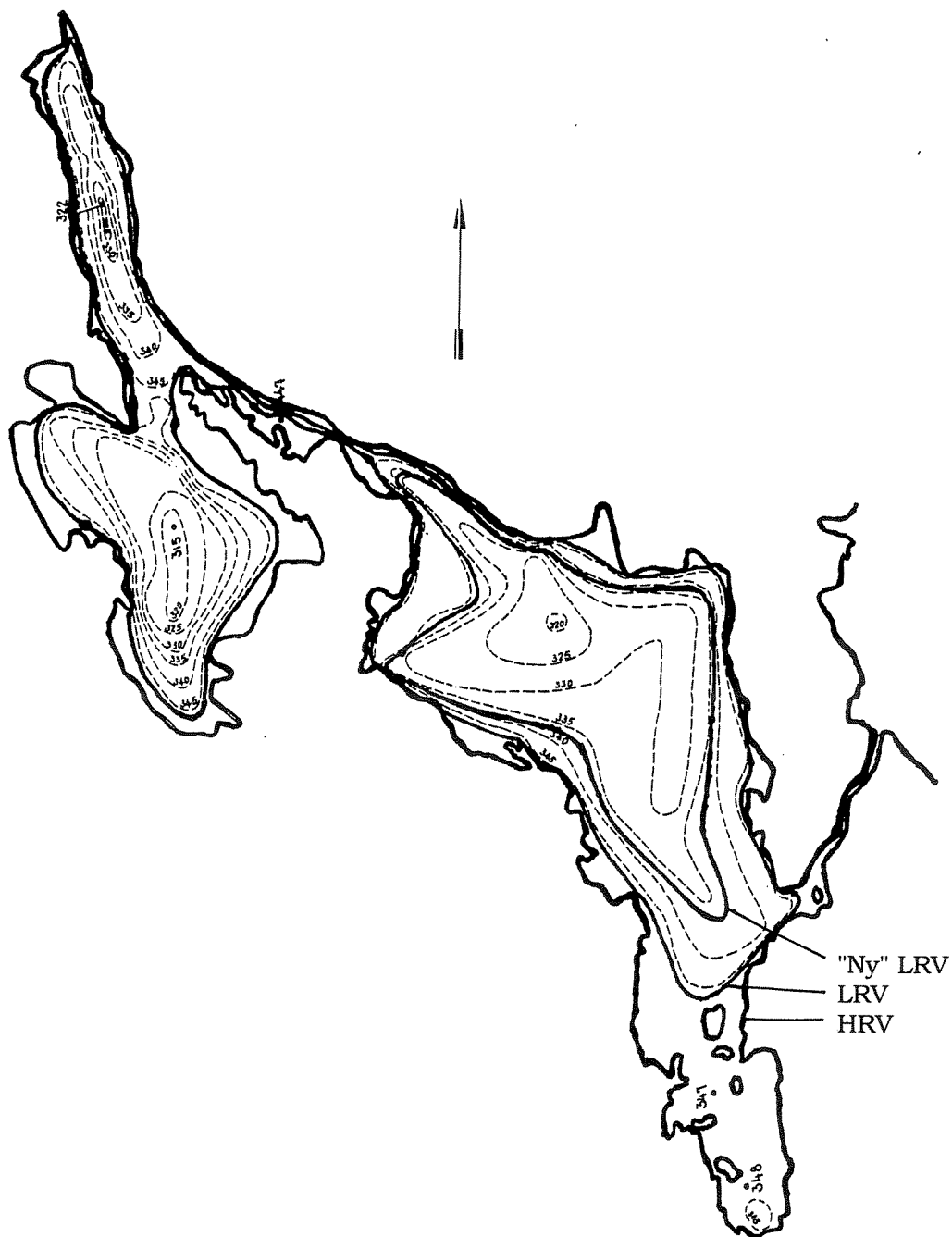
Det tørrellegges store strandflater i innsjømagasinene ved dagens manøvreringsreglement. Dette er satt opp i Tabell 2 sammen med arealer av de økte flatene som tørrellegges ved ytterligere senking av LRV. Det totale innsjøarealet ved (HRV) er også presentert i Tabell 2 sammen med prosent tørrelgging av totale strandarealer. Figur 1, 2, 3 og 4 viser hvilke strandsoner som blir tørrlagt ved nåværende og eventuell nye reguleringer av magasinene.

Tabell 2. Arealer (da) av innsjøer ved HRV, tørrlagte arealer i da og i prosent av hele innsjøflaten ved nåværende og ved eventuelt fremtidige reguleringer.

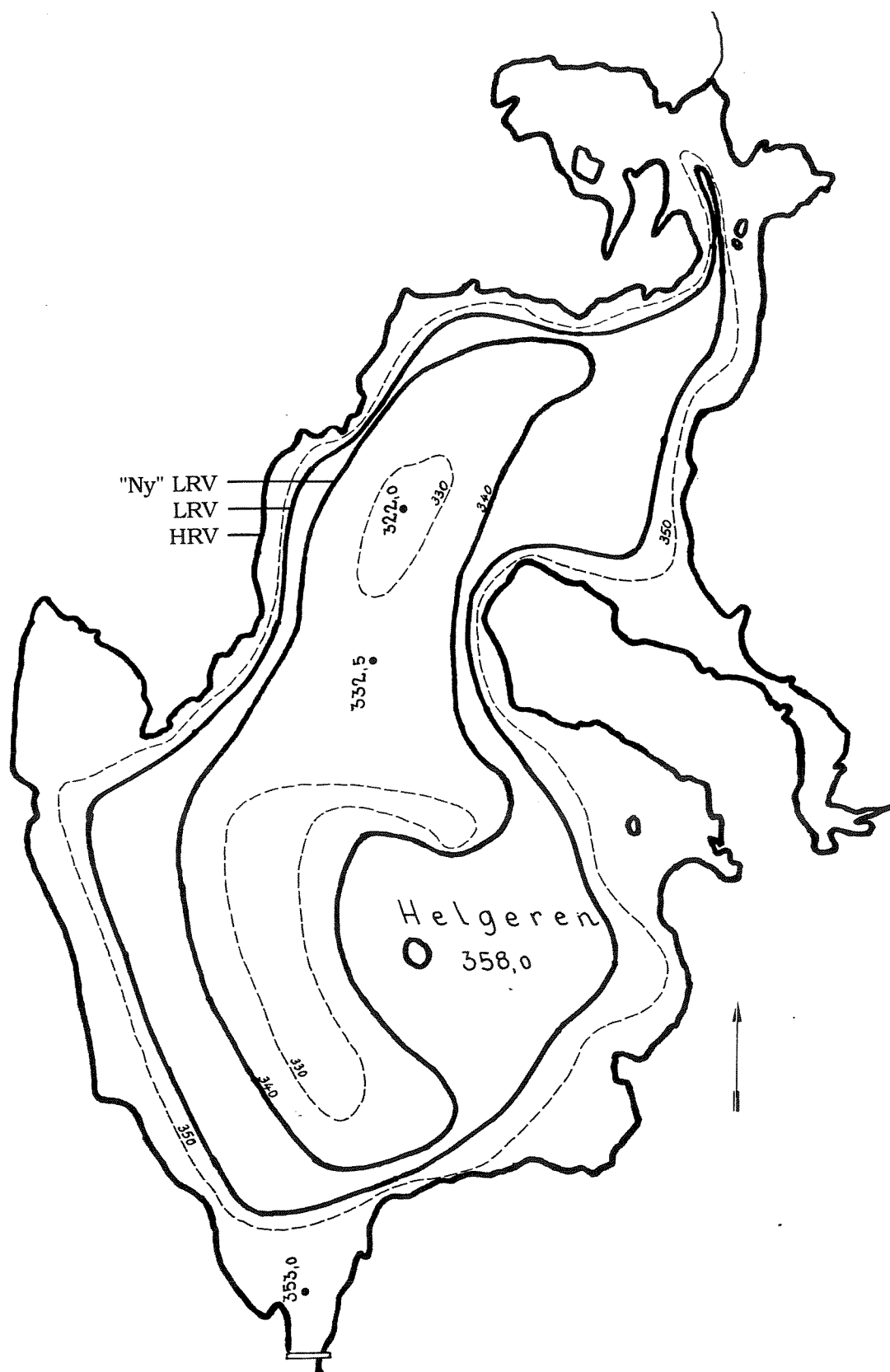
Innsjømagasin	Innsjøareal ved HRV	Tørrlagt areal nåværende reg.	Nytt tørrlagt areal ny senking	Sum ny + gammel tørrelgging
Gjerdingen	2804	803 da 28.5 %	563 da 20 %	1361 da 48.5 %
Østre Fyllingen	950	263 da 27.5 %	241 da 25 %	504 da 53 %
Vestre Fyllingen	566	174 da 30.5 %	0 da 0 %	174 da 30.5 %
Helgeren	1828	764 da 42 %	521 da 28.5 %	1285 da 70 %
Maridalsvatn	3710	491 da 13 %	440 da 12 %	931 da 25 %



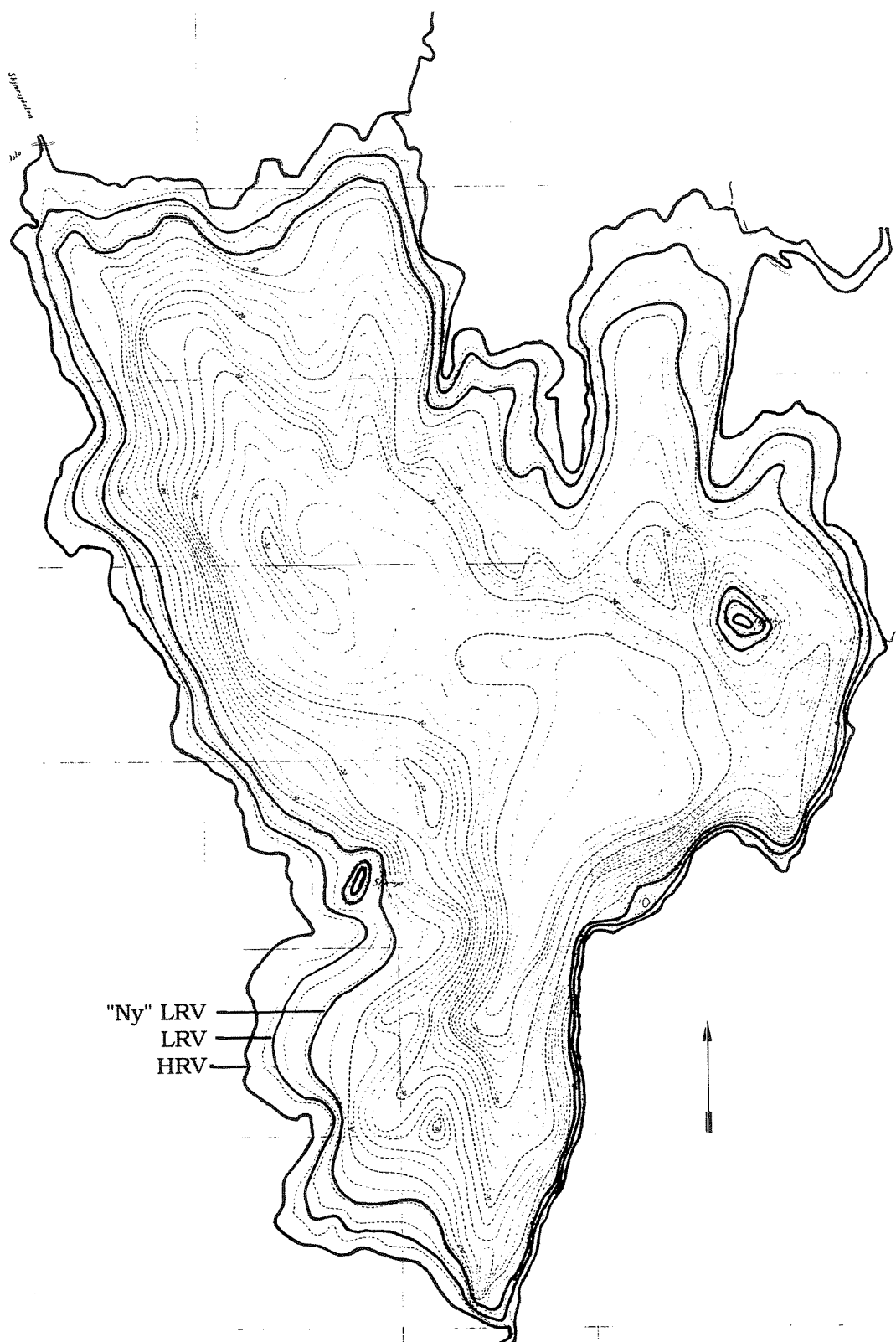
Figur 1. Gjerdingen. Strandsonen (HRV), nåværende LRV ved -6.7 m og LRV ved ytterligere nedtapping (-13.7 m) er tegnet inn. I den nordvestre delen er -8.5 m markert som antatt ny LRV.



Figur 2. Østre- og Vestre Fyllingen. Strandsonen (HRV), nåværende LRV ved -3.8 m og LRV ved ytterligere nedtapping (-11.8 m) er tegnet inn. Vestre Fyllingen blir lite eller ikke berørt av ytterligere nedtapping.



Figur 3. Helgeren. Strandsonen (HRV), nåværende LRV ved -10 m og LRV ved ytterligere nedtapping (-18 m) er tegnet inn.



Figur 4. Maridalsvatnet. Strandsonen (HRV), nåværende LRV ved -2.56 m og LRV ved ytterligere nedtapping (-6.2 m) er tegnet inn.

Resultater og diskusjon

Nedbør/Tilførsler til magasinene.

Kommunens ønske om nedtapping under nåværende LRV har som nevnt sammenheng med reduserte drikkevannsreserver forårsaket av en spesielt lang og nedbørfattig periode. Det er innhentet nedbørstall fra Meteorologisk institutt for målestasjonene Tryvasshøgda, Maridalsøset og Bjørnholt (Tabell 2).

Tabell 2. Månedsnedbør (mm) på målestasjonene Maridalsøset, Bjørnholt og Tryvasshøgda for perioden august 1995 til april 1996. Normalen (1960 -1990) er også satt opp i mm sammen med avviket fra normalen i prosent.

Måned/år	Stasjon Maridalsøset			Bjørnholt			Tryvass- høgda		
	Nedbør mm	Normal mm	Avvik %	Nedbør mm	Normal mm	Avvik %	Nedbør mm	Normal mm	Avvik %
Aug-95	25	96	26	33	118	28	42	129	33
Sep-95	105	98	107	124	128	97	134	133	101
Okt-95	73	96	76	69	139	50	83	138	60
Nov-95	31	81	38	29	120	24	34	121	28
Des-95	13	60	22	14	89	16	16	91	18
Jan-96	43	52	83	57	76	75	66	85	78
Feb-96	?	38	?	44	59	75	49	60	82
Mars-96	1	51	2	2	71	3	3	76	4
April-96	17	48	35	27	61	44	32	65	49
Sum	308	582	53	399	861	46	459	898	51

Tabell 2 viser at på alle tre stasjonene falt det ca 50 % av den normale nedbørmengden i løpet av disse ni månedene. Dette er meget lave verdier, og en tilsvarende nedbørmengden er bare registrert en gang tidligere i Oslo-området i dette århundre (1920 1921). For å nå opp til normal nedbørmengde til september 1996 må det falle 421 mm sommednedbør eller 179 % av normalen. Dette har forekommet fire ganger tidligere i dette århundre (1950, 1951 1966 og 1988) (Stein Kristiansen, Meteorologisk institutt, pers. medd.).

Det er ikke foretatt noen statistiske beregninger av sannsynligheten for gjentakelse av så lave nedbørmengder i Oslo-området. Det er imidlertid meget lite sannsynlig at det vil forekomme flere ganger i løpet av ett århundre. Det var fortsatt drikkevannsreserver for ca 3 1/2 måneder forbruk når magasinene i Nordmarka var på det laveste med de nåværende reguleringshøydene. Det er derfor lite sannsynlig at det blir nødvendig å benytte vannet under nåværende LRV i de aktuelle magasinene.

Vannkvalitet.

Det foreligger fysisk-kjemiske og bakteriologiske data spesielt fra Maridalsvatnet (Holtan og Holtan 1984). Datagrunnlaget for øvrig er vesentlig hentet fra en eldre undersøkelse (Henriksen og Andersen 1982). Grunnen til de eldre målingene er benyttet er at i denne undersøkelsen er alle magasinene undersøkt til samme tid sammen med over 160 andre innsjøer i Nordmarka. Vannkvaliteten har ikke endret seg vesentlig siden den tid. Verdiene er satt opp i Tabell 3. I perioden 1963 til 1983 varierte totalfosfor i Maridalsvatn mellom 3 og 16 µg/l med et middel på 4-6 µg/l, og fosfater varierte mellom 1 og 9 µg/l med et middel på 1-2 µg/l (Holtan og Holtan 1984). For de andre magasinene finnes bare sporadiske fosforverdier.

Tabell 3. Vannkvalitetsdata fra innsjøene Gjerdingen, Østre og Vestre Fyllingen, Helgeren, og Maridalsvatn.

Magasin	pH	Ledn.	Ca	Mg	Na	K	Cl	NO ₃ -N	SO ₄	Alk	TOC
Gjerdingen	6.46	26.5	2.35	0.43	1.04	0.4	1.1	110	6	71	2.9
Ø.Fyllingen	5.66	29.4	2.67	0.46	1.37	0.3	1.5	130	8.5	26	4.5
V.Fyllingen	6.01	28.8	2.95	0.46	1.26	0.3	1.5	120	7.4	45	5
Helgeren	6.41	28.2	2.98	0.42	1.24	0.3	1.4	140	6.5	67	4
Maridalsvatn	6.40	29.3	2.7	0.5	1.3	0.4	1.4	190	6.4	93	2.5

Generelt kan det sies om alle magasinene at de etter norske forhold er ionefatting, med lav alkalitet, og med en svakt sur karakter (pH mellom 6 og 6.5). Ø. Fyllingen er noe surere. Innsjøene er også generelt næringsfattige med middels lavt innhold av organisk stoff (TOC). I perioder observeres forhøyede turbiditetsverdier spesielt i strandsonen i Maridalsvatn.

Tilførsler av næringssalter til innsjøene fra nedbørfeltene vil holde seg stabile selv om vannstanden senkes i magasinene. På grunn av reduserte vannvolumer vil imidlertid konsentrasjonene øke. Det kan i tillegg også ventes en utvasking av (nærings-) salter fra reguleringssonene under nåværende LRV, og som vil medføre økte konsentrasjoner. Dette vil på kort sikt resultere i økt produksjon av planteplankton (og etterhvert dyreplankton og planktonspisende fiskearter). Utvaskingen av næringssalter forventes ikke å bli så stor at det vil forårsake vannkvalitetsproblemer på grunn av for høye algeproduksjoner i de høyere liggende magasinene. Effekten på Maridalsvatn er noe vanskelig å forutsi, da vi antar at næringssalt-konsentrasjonen i grunnområdene rundt Maridalsvatn er høyere enn i de andre magasinene.

Vannvegetasjon.

Vannvegetasjonen omfatter karplanter, kransalger og større moser som er tilpasset å være permanent neddykket i vann (Rørslett, 1991). Slik vegetasjon har stor betydning i mange innsjøer, såvel for primærproduksjon som oppvekstområder for fisk og bunndyr (Hutchinson, 1975). Vannvegetasjonen virker dessuten hindrende på erosjon i strand- og gruntvannsområdene. Det er vel dokumentert i litteraturen at erosjon med påfølgende resuspensjon av sediment tiltar kraftig dersom plantedekket reduseres (Baxter, 1977; Canter, 1985; Rørslett, 1984, 1988, 1989a,b; Rørslett og Johansen 1996; Rørslett, Johansen og Singsaas, 1993).

Av de aktuelle innsjøene i fase I finnes det bare vegetasjonsopplysninger fra Maridalsvatn. Til gjengjeld er denne innsjøens vannvegetasjon og økologiske egenskaper svært godt kjent ifra feltstudier, langtidsmålinger av lys og temperatur samt eksperimenter med transplanteringer langs dybdegradienter. Vegetasjonsdata herfra er bl.a. publisert i Rørslett (1988a,b), Rørslett og Brettum

(1989), Rørslett (1991) og Rørslett og Johansen (1995). Lysdata er publisert dels i de nevnte arbeider, dels i Rørslett (1996). I en vitenskapelig sammenheng utgjør derfor Maridalsvatn og dets vannvegetasjon en unik referanselokalitet.

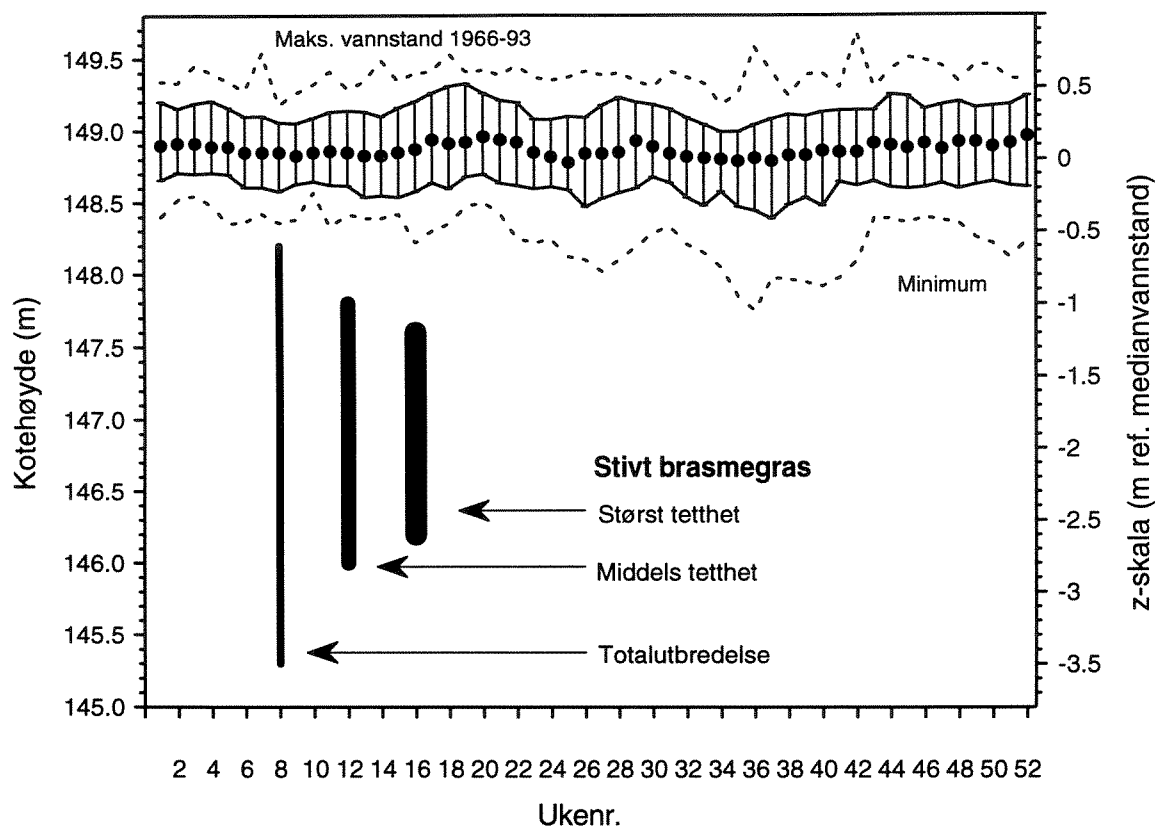
Vannstanden i Maridalsvatn varierer vanligvis mindre enn det tillatte området LRV-HRV (2.56 m, dvs. fra kote 146.6 opp til k. 149.16). Figur 5 viser at det normalt ligger et "pendlingsbånd" omlag 0.5 vertikalmeter på hver side av vannstandsmedianen. Variasjonsbredden i vannstand 1966-93 var 1.93 m, hvorav flomstigning over HRV alene utgjør 0.52 m. Årsvariasjon i vannstand i Maridalsvatn er utypisk i forhold til andre norske regulerte innsjøer (Rørslett, 1988a) fordi det mangler klare sesongrytmer. Alle vannstander er omtrent like sannsynlige uansett årstid. Lavest vannstand er målt i etterkant av sommeren (fig. 5).

I Maridalsvatn danner kortskuddsplanten stivt brasmegras (*Isoëtes lacustris*) tette enger på 1.2-2.4 m vanddyb (beregnet fra median vannstand; i perioden 1967-93 omkring 2.2 m på lokal skala, dvs. kote 148.8 m). Engene av brasmegras utgjør mer enn 95% av plantedekket i denne innsjøen. Nedre grense for brasmegraset varierer noe og ligger oftest omkring 3.5 m (dvs. kote 145.3 m). I dypvannsdelen av utbredelsesområdet er brasmegraset spesielt utsatt for episoder med dårlig lys, noe som forårsaker stor dødelighet (Rørslett, 1985, 1987b; Rørslett og Johansen, 1995). Nedre grense er derfor ofte svært skarp, p.g.a. lysbegrensning. Størst endringer skjer nemlig langs yttergrensene i det som Rørslett (1987a) betegnet som "Spatial survival niche". Her er artene mest følsomme og sårbare for svingninger i miljøfaktorene. Konkurransen mellom artene er ikke medvirkende til skiftningene i vegetasjonen, fordi vi observerer slike endringer uansett om det er én eller flere arter til stede.

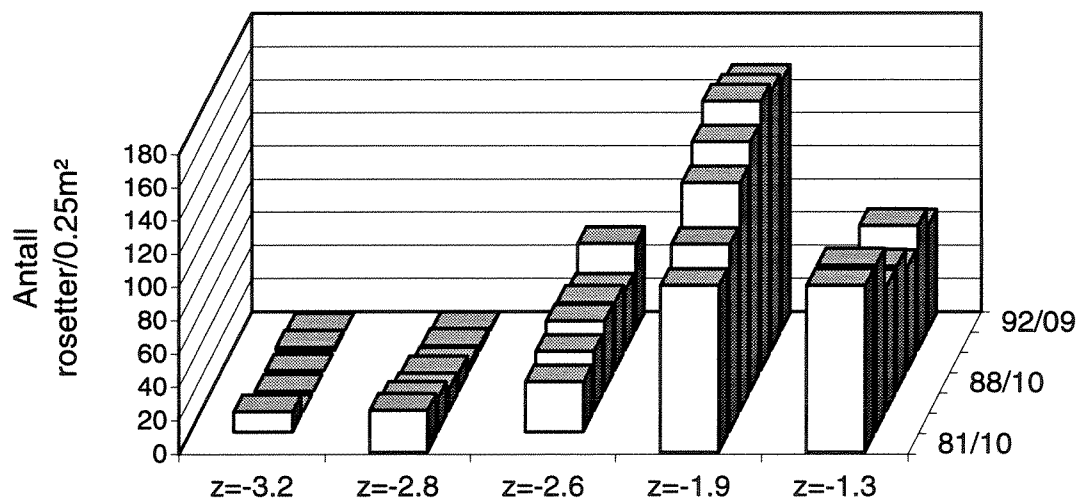
Stivt brasmegras er en saktevoksende art (Rørslett og Brettum, 1989) tilpasset et stresset livsmiljø (Murphy, Rørslett og Springuel, 1990). Den tåler imidlertid ikke frost eller tørrlegging i særlig omfang (Rørslett, 1984, 1985, 1988a,b). Dette gjelder også i Maridalsvatn, noe som fremstår tydelig på fig. 5. Hovedtyngden av brasmegrasets forekomst ligger godt under laveste målte vannstand. Det er å vente at denne arten med sitt saktevoksende livssett vil vise langsomme endringer over tid, dersom de hydrologiske forholdene forblir uforandret år om annet. Data fra fastruter i Maridalsvatn for tidsrommet 1981-92 bestyrker dette inntrykket (fig. 6). Feltobservasjoner vinteren 1995/96, hvor vannstanden var eksepsjonelt lav, viste at planter i øvre del av brasmegras-sonen hadde stor dødelighet p.g.a. is. Våren 1996 var det svære mengder dødt brasmegras skylt opp i voller langs strendene.

Insolasjon langs vertikalgradienten er fremstilt på fig. 7 og viser at brasmegrasets nedre grense faller omlag sammen med 10%-nivået for insolasjon. Omsatt i absolutte verdier tilsvarer dette 5-6 W (PAR) m⁻² energieffekt på årsbasis til brasmegrasbestandene. Dagslengde og isleggingsomfang er antakelig viktige faktorer som påvirker energibehovet til denne arten.

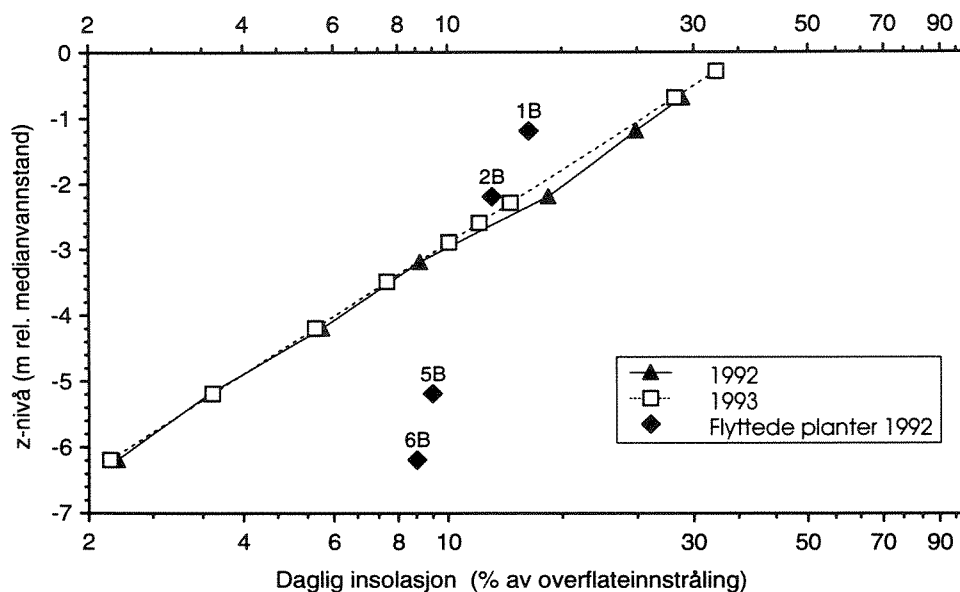
Brasmegrasets utvikling preges i minst én vekstsesong av foregående ugunstige vekstvilkår, ifølge forsøk i Maridalsvatn (Rørslett og Johansen, 1995). Ved en eventuell nedtapping under nåværende LRV vil brasmegras-samfunnet destrueres totalt, dersom engene av brasmegras blir tørrlagt mer enn 1-2 dager. Ut ifra vårt kjennskap til artens økologi og vekstmåte kan vi si at disse skadene kan det ta mange år å lege. Forutsetningen for at brasmegras kan rekolonisere Maridalsvatn etter en nedtapping er at finsedimentet forblir intakt i strandsonen. Fordi plantedekket vil gå tapt ved å senke vannstanden under dagens LRV, må det påregnes stor erosjonsaktivitet i strandsonen og påfølgende store vansker for re-etablering av vegetasjon i Maridalsvatn. Lysforholdene for undervannsvegetasjon vil dermed bli enda mer ugunstige enn tilfellet er i dag.



Figur 5. Vannstandsmønstre i Maridalsvatn for perioden 1966-93 (data fra OVA). Pendlingsbåndet er gitt ved 90-, 50 (median: fylt sirkel) og 10-persentil for vannstand innenfor de angitte ukenr. for hele tidsrommet. Basis er daglige målinger av vannstand. Omhyllingskurven viser hhv. maksimums- og minimumsverdier for vannstand i Maridalsvatn. Legg merke til at LRV (kote 146.6) ikke ble nådd innenfor dette tidsrommet. Utbredelsesområdet for stivt brasmegras (*Isoetes lacustris*) langs vertikalgradienten i Maridalsvatn er indikert med loddrette søyler. z-koordinatene (i m) er definert som avvik fra medianvannstand.



Figur 6. Tidsutvikling i antall bladrossetter for stivt brasmegras (*Isoetes lacustris*) langs en vertikalgradient i Maridalsvatn. Data for tidsrommet 1981-92. z-koordinatene (i m) er definert som avvik fra medianvannstand.



Figur 7. Vertikalfordelingen av insolasjon (korrigert for skiftende vannstand) i Maridalsvatn 1992-93. Brasmegrasetts nedre grense er lysbestemt og tilsvarer omlag 10% av innkommende insolasjon.

Tarmbakterier/Måker

Bakterieinnholdet i Maridalsvatnet er under kontinuerlig overvåking i forbindelse med drikkevannsinntaket. Dette er rapportert bl.a. av Holtan og Holtan (1985). Det observeres termostabile koliforme tarmbakterier i alle vannlag i den isfrie perioden av året, og det er mest sannsynlig at måker transporterer bakteriene til innsjøen (Lien 1983). Ved en nedtapping av Maridalsvatnet reduseres også vannvolumet, mens antall måker som søker til vannet vil trolig være den samme. Konsentrasjonen av tarmbakterier vil derfor øke i takt med eventuell nedtapping av magasinet. Måker er også kjent for å kunne transportere sykdomsfremkallende mikroorganismer som kan overføres til menneske (Ormerod 1984). Det har tidligere vært gjort forsøk på å redusere måkebestanden i Maridalsvatnet (Sandås 1985), og Vann- og avløpsverket gjør fortsatt tiltak for å holde måkebestanden nede.

Dyreplankton og bunndyr

En beskrivelse av dyreplanktonet er foretatt av Holtan og Kjellberg (1972) for alle magasinene unntatt Maridalsvatnet. Dyreplanktonet i Maridalsvatnet er beskrevet av Brabrand og Saltveit (1983) og av Løvik (1984). Alle rapportene omhandler dyreplanktonet i de åpne fri vannmassene (ikke standsoneartene). Det kan på kort sikt ventes en liten økning av dyreplanktonet i de fri vannmassene som følge av (nærings)-saltutvaskinger i reguleringssonen ved ytterligere senkning av vannstanden. Det ventes imidlertid ingen større langsiktige endringer av dette dyreplanktonet ved økte senkninger av innsjømagasinene.

Det finnes også et artsrikt og individrikt samfunn av småkreps i strandsonen i uregulerte og lite regulerte innsjøer. Disse samfunnene blir ofte sterkt reduserte ved større reguleringshøyder. Det foreligger imidlertid ingen beskrivelser av disse dyreplanktonsamfunn fra de aktuelle magasinene,

men de nåværende reguleringshøydene i Maridalsvatn og Fyllingen tilsier at det skulle finnes samfunn med betydelig artsdiversitet spesielt i Maridalsvatnet.

Bunndyrene i Maridalsvatnet er beskrevet av Brabrand og Saltveit (1983). Det ble bl.a. registret døgnfluer, steinfluer, vårfluer, fjæremygg i tillegg til biller, snegl, muslinger, fåbørstemark og krepsdyret asellus. De dominerende gruppene var døgnfluer, fjæremygg og fåbørstemark. De aller fleste av disse dyregruppene er viktige næringsdyr for fiskefaunaen i innsjøen. Ved en ytterligere regulering av vannstanden med 3.6 m vil alle disse med unntak av fjæremygg bli meget sterkt redusert.

For de andre magasinene foreligger det ingen bynndyrbeskrivelser. Med den nåværende moderate reguleringen av Østre- og Vestre Fyllingen kan man anta at det fortsatt er en viss bestand av bunndyr igjen i strandsonen. Ved eventuelle tilleggsreguleringer på -8 m av Østre Fyllingen vil disse forsvinne. Gjerdingen og Helgeren med nåværende reguleringshøyder på henholdsvis 6.7 og 10 m, forventes bunndyrsamfunnene i strandsonen allerede å være meget lave. Ytterligere senkninger av spesielt Helgeren men også Gjerdingen ventes ikke å gi nevneverdige tilleggs-skader.

Kreps

Maridalsvatn har en tett bestand av ferskvannskreps (*Astacus astacus*). I lange perioder av sommerhalvåret har den tilhold på grunt vann (0.5 - 5 m). Ved en senkning under nåværende LRV vil krepsen trekke mot dypere vann. Den må forlate sine kjente territorier med steinstrender (som den foretrekker) og huler, for å søke tilhold på bunnforhold men løsere underlag. Spesielt de yngre individene vil dermed bli mer utsatt for predasjon av bl.a. abbor. Mye av krepsens føde består av vegetasjon fra strandsonen. Denne delen av kosten vil bli borte, og krepsen må konkurrere med en rekke fiskearter (ørret, abbor, mort, ørekyt) om de reduserte mengdene og artene av bunndyr som blir igjen i innsjøen.

Gjerdingen er også kjent for å ha en brukbar bestand av ferskvannskreps til tross for at magasinet har en betydelig reguleringshøyde i dag (6.7 m). Ved en fordobling av reguleringshøyden vil det gå hardt ut over denne bestanden.

Krepsebestandene i Fyllingen Ø/V og Helgeren er ikke kjent.

Fisk

Det finnes ti fiskearter i de aktuelle innsjøene (Holtan og Kjellberg 1972). Disse er listet opp i Tabell 4. Ørret, sik, abbor og ørekyt forekommer i alle sjøene. Røye finnes ikke i Fyllingen, men i de tre andre sjøene. Mort er tilstede i Fyllingen og Maridalsvatn. Maridalsvatn er den eneste av innsjøene med gjedde, brasme og krøkle, mens trepigget stingsild er bare observert i Helgeren. I tillegg er elveniøye påvist i Maridalsvatn. Det skal også finnes lake i Maridalsvatn, men den er ikke observert de senere årene. (Brabrand og Saltveit 1983)

Tabell 4. Fiskearter registrert i innsjømagasinene Gjerdingen, Fyllingen, Helgeren og Maridalsvatn. (Tilstede +, tilstede i tynn bestand (+), ikke funnet -)

Fiskearter:	Ørret	Røye	Sik	Krøkle	Abbor	Gjedde	Mort	Brasme	Ørekyt	Trepigget stingsild
Innsjømagasin										
Gjerdingen	+	(+)	+	-	+	-	-	-	+	-
Fyllingen Ø/V	+	+	-	-	+	-	+	-	+	-
Helgeren	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+
Maridalsvatn	+	(+)	(+)	+	+	+	+	+	+	-

De fiskeartene vi finner i disse innsjøene lever hovedsakelig av bunndyr (ørret, abbor, brasme, ørekyt og stingsild) og dyreplankton (røye, sik, krøkle, mort). De aller fleste av disse fiskeartene kan også livnære seg av bare bunndyr eller bare dyreplankton når forholdene ligger til rette for det. Gjeddene er alt vesentlig fiske-eter, mens bl.a. mort og ørekyt tar også noe plantekost.

Vannstanden i uregulerte innsjøer varierer naturlig opp til én meter og for enkelte sjøer også mer gjennom året. Erfaringer fra vassdragsreguleringer generelt viser at først ved manøvreringshøyder over 4-5 m registreres større skadene på strandsonens produksjon av planter og bunndyr. Det må imidlertid understrekes at ved reguleringer under 4-5 m også registreres tildels betydelige skader. Blir den årlige reguleringshøyden over 8-10 m er det meste av strandsonen totalt ødelagt med hensyn til produksjon av planter, bunndyr og fisk (Faugli og medarb. 1993).

Som vist i Tabell 1 er de nåværende reguleringshøyden av Maridalsvatn og Østre- og Vestre Fyllingen moderate (2.6 - 3.8 m). Skader på produksjonen av bunndyr og fisk er derfor heller ikke av større omfang i disse innsjøene. Helgeren har 10 m nåværende regulering og Gjerdingen har 6.7 m, og disse to er derfor allerede betydelig mer skadet. Ytterligere reguleringer av disse to, spesielt Helgeren til 18 m men også Gjerdingen til 13.7 m vil ikke medføre vesentlige forverringer av produksjonsforholdene. Derimot, en økning av reguleringshøyden av Maridalsvatnet fra 2.6 m til 6.2 m og av Østre Fyllingen fra 3.8 m til 11.8 vil ha store negative virkninger på fisk som er avhengig av strandsonen.

Fiskearter som søker næring i fri vannmasser, røye, sik, krøkle og mort, får fortsatt brukbar tilgang til mat selv om reguleringene er store. Ofte forekommer en utvasking av (nærings-) salter i begynnelsen av et nytt manøvreringsreglement som medfører økt produksjon av alger - dyreplankton - planktonspisende fisk. Dette er kjent som "Korttidseffekten" ved vassdragsreguleringer, og det kan vare fra noen få år og opp til ti-femten år. De planktonspisende fiskene vi har i magasinene, røye, sik, krøkle og mort, kan derfor bli favorisert sammenlignet med de bunndyr-spisende artene. Ut fra mat- og sportsfiskehensyn kan dette være gunstig for røye og kanskje sik og krøkle (som næring til større ørret, røye og gjedde), mens forsterkede bestander av mort er ikke ønsket.

Gyteforholdene for alle fiskeartene blir drastisk forverret ved reguleringer. Elvegdytende arter som spesielt ørret men også delvis mort og ørekyt får reproduksjonen ødelagt/sterkt redusert ved tørrlegging/reduisert vannføring av elver og bekker. Mye av den reduserte reproduksjonen av ørret i Nordmarka blir kompensert ved store årlige utsetninger fra OFA's anlegg i Sørkedalen. De øvrige fiskeartene (Tabell 4), også hovedsakelig mort og ørekyt, er innsjøgytere, og med unntak av røye og sik er alle vårgytere. Ved nedtappinger og tørrlegging av gyteområder gjennom vinter/vår blir røye og sik skadelidende, mens en nedtapping senere på våren i en periode etter isgangen vil kunne redusere bestandene av bl.a. mort, ørekyt, brasme, men også abbor og gjedde. Ut fra mat- og sportsfiskehensyn kan dette være gunstig med hensyn til mort, ørekyt, brasme, men ikke alltid like ønskelig for abbor og gjedde.

Alle fem magasinene er regulert i varierende grad i dag. En senking av vannstanden om vinteren eller våren etter nåværende reglement vil redusere gytemulighetene for alle innsjøgytende fiskearter med unntak av Maridalsvatn hvor en vår-senking av vannstanden vil ha liten effekt på gytesuksessen for røye og sik. Virkninger av ytterligere senking av Maridalsvatn vil også redusere gyteforholdene for disse artene.

Skog og myr rundt magasinene

Fuktighetsforholdene er en av de viktigste økologiske faktorer når det gjelder utforming og produktivitet i skog- og myrvegetasjon (R. Økland 1989, T. Økland 1996). For at en endret regulering av vannmagasinene skal kunne få betydning for omgivelsene, må det imidlertid være en sammenheng mellom vannspeilets nivå og fuktigheten i det øvre jordsjiktet hvor de terrestre plantene har sitt vannopptak. Dette vil bare være aktuelt i tilfeller hvor det finnes flate områder i tilknytning til breddene av magasinet, eller hvor løsmassene har en såvidt stor mektighet at grunnvannsspeilet, som blir styrt av vannstanden i magasinet, blir senket slik at det skjer en økt uttørring i de øvre jordlagene.

For Fyllingen, Helgeren og Gjerdingen gjelder i hovedsak at magasinenes omgivelser er dekket av et relativt tynt dekke av veldrenert morenemateriale, og terrenget stiger forholdsvis raskt opp fra vannnivået ved høyeste regulerte vannstand. Ved slike betingelser vil overskuddsvann i jordsmonnet bevege seg forholdsvis raskt ned til magasinet uavhengig av hvor mye vannstanden her er senket. Noe sump- og myrvegetasjon finnes i tilknytning til mindre, grunne viker (særlig i Østre Fyllingen), men arealet av slike områder totalt er svært lite. Fra sump- og myrområder vil en normalt forvente en viss grad av erosjon og dermed økt tilførsel av humus- og næringspartikler til vannet. Siden de aktuelle vannmagasinene allerede har en betydelig reguleringszone, må en imidlertid anta at denne utvaskingen i stor grad allerede har funnet sted, og at en ytterligere senkning har ubetydelig effekt på dette.

Maridalsvatnet ligger under marin grense, og med unntak av østsiden er vannet omgitt av marine sedimenter av varierende tykkelse (Nordahl-Olsen 1993). I områder som ikke er oppdyrket, forekommer det her en del sump- og sumpskogsvegetasjon som er betinget av høy grunnvannstand knyttet til vannspeilet i Maridalsvatnet. Det er i dette området at en senkning under LRV kan tenkes å spille inn på den terrestriske vegetasjonen, og det er også her det er størst fare for en økt partikkel- og næringstransport til magasinet. Hvor store disse effektene vil være, er umulig å si med sikkerhet. Rent generelt kan det bemerkes at det også i slike sumper er normalt med en viss uttørring og senkning av vannspeilet i tørre somre, og vegetasjonen synes å ha en viss motstandskraft mot dette i naturlige situasjoner. Som en meget sjelden foreteelse antar vi derfor at senkning av vannstanden under LRV vil ha liten effekt på vegetasjonen og vannkvalitetsforringelse på grunn av erosjon fra omgivelsene. Likevel er Maridalsvatnet det av de aktuelle magasinene hvor det er størst risiko for uønskede virkninger med hensyn på den terrestre delen av vannsystemet.

I forbindelse med registrering av verneverdig natur i Norge er Nordmarka inventert med hensyn på å registrere verneverdige myrer (Moen 1970, Moen og Wischmann 1972) og skogsområder (Korsmo 1987). Det er i denne forbindelse ikke registrert verneverdige områder i direkte tilknytning til de aktuelle vannmagasinene. Det antas at det heller ikke finnes spesielt sjeldne eller sårbare plantearter i magasinenes umiddelbare nærområder (jfr. Stabbetorp et al. 1994).

Rent estetisk vil selvfølgelig en vannstandsreduksjon føre til en bredere sone med golde og lite tiltalende flater rundt vannspeilet (jfr. Tabell 2), og i friluftssammenheng er dette svært uønsket med hensyn på opplevelsesverdien for brukere av Marka. Tatt i betraktning at Nordmarka er et svært viktig rekreasjonsområde for Oslo og omegn, er dette også et perspektiv som bør tas i betraktning. Maridalsvatnet og Fyllingen inngår som særdeles viktige landskapselementer i mye benyttede turområder. I friluftssammenheng er derfor ytterligere senking av disse to vannene spesielt uheldig.

Referanser

- Baxter, R.M., 1977: Environmental effects of dams and impoundments. *Annual review of Ecology and Systematics*, 8, 255-283.
- Brabrand, Å. og Saltveit, S.J., 1983: Biologiske undersøkelser av Maridalsvatnet. Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske. Zoologisk Museum, Universitetet i Oslo. Rapport 61.
- Canter, L.W. 1985: *Environmental Impact of Water Resources Projects*. Lewis, Chelsea, Michigan, 352 pp.
- Faugli, E., Erlandsen, A.H. og Eikenes, O., 1993: Inngrep i vassdrag; konsekvenser og tiltak - en kunnskapsoppsummering. Bind 1 og 2. Norges vassdrags- og energiverk. Publikasjon 13/93
- Henriksen, A. og Andersen, S., 1982: Forsuringssituasjonen i Oslomarkas vann. *Acid Rain Research Rapport 2/1982*. Norsk institutt for vannforskning. F-80408.
- Holtan, G. og Brettum, P., 1989: Kontrollundersøkelse av Maridalsvatnet. Årsrapport 1988. NIVA O-85138, rapportnr. 2186, 14s.
- Holtan, G. og Holtan, H., 1985: Limnologisk forskning i Maridalsvatnet. Delrapport 5/84. Datarapport 1963-1983: Fysisk-kjemisk og bakteriologisk analyserapport med metodebeskrivelse og kommentarer. Norsk institutt for vannforskning. Rapport F-81424.
- Holtan, H. og Kjellberg, G., 1972: Nordmarksvassdraget. Regionallimnologisk undersøkelse og vurderinger vedrørende overføring av vann fra Randsfjorden/Hurdalsjøen. Vinteren og sommeren 1971. Norsk institutt for vannforskning. Rapport O-69/70.
- Hutchinson, G.E., 1975: *A Treatise on Limnology*. III. *Limnological Botany*. Wiley, New York, 660 pp.
- Korsmo, H., 1987: Barskogsområder i Nordmarka og Krokskogen vurdert i forbindelse med en landsplan for vern av barskog. Rapport til fylkesmannen i Oslo og Akershus. - Rapport, Økoforsk, NLH. 62 s.
- Lien, L., 1983: Limnologisk forskning i Maridalsvatnet. Delrapport 1/84. Transport av næringssalter og tarmbakterier med måker til Maridalsvatnet. Norsk institutt for vannforskning. Rapport F-81424.
- Løvik, J.E., 1984: Limnologisk forskning i Maridalsvatnet. Delrapport 3/84. Dyreplankton 1981. Norsk institutt for vannforskning. Rapport F-81424.
- Moen, A., 1970: Myrundersøkelser i Østfold, Akershus, Oslo og Hedmark. Rapport i forbindelse med Naturvernrådets landsplan for myrreservater og IBP-CT-Telma's myrundersøkelser i Norge. - Univ. Trondheim, K. Norske Vidensk. Selsk. Mus., Trondheim (upubl.).
- Moen, A. og Wischmann, F., 1972: Verneverdige myrer i Oslo, Asker og Bærum. Rapport i forbindelse med den norske myrreservatplanen. - K. Norske Vidensk. Selsk. Mus. *Miscellanea* 7: 1-69.
- Murphy, K.J., Rørslett, B. og Springuel, I., 1990: Strategy analysis of submerged lake macrophyte communities: an international example. *Aquat. Bot.*, 36: 303-323.

- Nordahl-Olsen, T., 1993: Oslo 1914 IV. Kwartærgeologisk kart M 1:50000 med beskrivelse. - Norges geologiske undersøkelse.
- Ormerod, K., 1984: Limnologisk forskning i Maridalsvatnet. Delrapport 3/84. Vurdering av den hygieniske vannkvaliteten i årene 1963-1983. Norsk institutt for vannforskning. Rapport F-81424.
- Rørslett, B., 1984: Environmental factors and aquatic macrophyte response in regulated lakes - a statistical approach. *Aquat.Bot.*, 19: 199-220.
- Rørslett, B., 1985: Death of submerged macrophytes - actual field observations and some implications. *Aquat.Bot.*, 22: 7-19.
- Rørslett, B., 1987a: A generalized spatial niche model for aquatic macrophytes. *Aquat. Bot.* 29: 63-81.
- Rørslett, B., 1987b: Niche statistics of submerged macrophytes in Tyrifjord, a large oligotrophic Norwegian lake. *Arch. Hydrobiol.*, 111: 283-308.
- Rørslett, B., 1988a: An integrated approach to hydropower impact assessment. I. Environmental features of some Norwegian hydro-electric lakes. *Hydrobiologia*, 164: 39-66.
- Rørslett, B., 1988b: Niche extension of aquatic macrophytes in hydrolakes: Predictive assessment of environmental impacts. *Internat. Rev. ges. Hydrobiol.*, 73: 129-143.
- Rørslett, B., 1989a: An integrated approach to hydropower impact assessment. II. Submerged macrophytes in some Norwegian hydro-electric lakes. *Hydrobiologia*, 175: 65-82.
- Rørslett, B., 1989b: Aquatic macrophyte problems associated with hydropower development on Norwegian rivers. In: Laikari, H. (Ed.), *IAWPRC Advances in Water Pollution Control, River Basin Management - V*, pp. 275-283.
- Rørslett, B., 1991: Principal determinants of aquatic macrophyte richness in northern European lakes. *Aquat. Bot.*, 39: 173-193.
- Rørslett, B., 1996: Modelling the underwater light climate in freshwater lakes using survival and failure time analysis. *Freshw. Biol.*, 51: 11-34.
- Rørslett, B. og Brettum, P., 1989: The genus *Isoëtes* in Scandinavia: an ecological review and perspectives. *Aquat. Bot.*, 35: 223-261.
- Rørslett, B. og Johansen, S.W., 1995: Dynamic response of the submerged macrophyte, *Isoëtes lacustris*, to alternating light levels under field conditions. *Aquat. Bot.*, 51: 223-242.
- Rørslett, B. og Johansen, S.W., 1996: Remedial measures connected with aquatic macrophytes in Norwegian regulated rivers and reservoirs. *Regulated Rivers: Research and Management*, (in press)
- Rørslett, B., Johansen, S.W. og Singsaas, S: 1993. Vegetasjonsetablering i reguleringssoner. I: Norwegian Water and Energy Board Publication 13 (1993), 569-590.
- Sandås, K., 1985: Måker som forurensningskilde i Maridalsvannet. Kontoret for natur- og miljøvernssaker. Oslo helseråd. Rapport.

Stabbetorp, O. E., Eriksen, J. E., Wesenberg, J. og Wischmann, F., 1994: Lokalfloora for Oslo og Akershus, foreløpig utgave. - Norsk Botanisk Forening, Østlandsavdelingen.

Økland, R. H., 1989: Hydromorphology and phytogeography of mires in inner Østfold and adjacent parts of Akershus, SE Norway, in relation to regional variation in SE Fennoscandian mires. - *Opera botanica* 97: 1-122.

Økland, T., 1996: Vegetation-environment relationships of boreal spruce forests in ten monitoring reference areas in Norway. - *Sommerfeltia* 22: 1-349.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3495-96.

ISBN 82-577-3035-1