NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

PUBLIKASJON

Sverre Husebye

LRV-PROSJEKTET:

UTNYTTELSE AV VANNVOLUMET UNDER LAVESTE REGULERTE VANNSTAND I EKSTREME TØRRÅR

HYDROLOGISK AVDELING

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEK

Nr 04
1993

Omslagsbilde: Strandevatn, Hol i Hallingdal
Foto: S. Husebye

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL LRV-PROSJEKTET: UTNYTTELSE AV VANNVOLUMET UNDER LAVESTE REGULERTE VANNSTAND I EKSTREME TØRRÅR	**PUBLIKASJON**
	DATO 25.02.1993
FORFATTER Sverre Husebye	ISBN 82-410-0188-6
	ISSN 0802-2569

SAMMENDRAG
Publikasjonen oppsummerer resultatene og vurderingene fremkommet under LRV prosjektet. Bakgrunnen er en ressursgjennomgang av reguleringsmagasinene i Norge. Det er foretatt en beregning av det teoretiske energipotensialet som vannvolumet mellom laveste regulerte vannstand og tappetunnelen representerer. Forutsetningen var at ingen større inngrep måtte utføres og at vannvolumet kun skulle benyttes i ekstreme tørrår, som et alternativ til dyr import eller rasjonering av elektrisitet. Realiserbarheten er vurdert ut ifra hydraulikk og samfunnsmessig nytteverdi samt miljøparametrene erosjon, tilsig og fiskeribiologi. De juridiske- og konsesjonsmessige sidene er helt sentrale for en eventuell realisering av tørrårsutnyttelse og er derfor behandlet spesielt.

Av 164 magasiner som representerer et energipotensiale på ca. 3 000 GWh, er 17 magasiner som hver har et potensiale på minst 50 GWh vurdert nærmere. 2 magasiner, Totak og Strandevatn, har vært gjenstand for mer omfattende undersøkelser og beregninger.

ABSTRACT
The publication gives an overview of the findings from the LRV project. These are based on a calculation of the theoretical energy potential represented by the water volume between the lowest regulation height (LRV) and the intake of the head race tunnel (LTV) in Norwegian hydro power reservoirs. The premises were both that no major technical encroachments would be needed and that the water volume only should be utilized for hydro power production in extremely dry years. In such years, the alternatives are either expensive imports or rationing of electricity. The way of achieving this energy potential is based on evaluation of hydraulics, soco-economic benefits and the environmental parameters of erosion, hydrology and fishery biology. The legal and licensing issues are fundamental regarding an utilization of these dry year reserves. Due to their importance, these subjects are thoroughly discussed.

Out of 164 reservoirs representing an energy potential of approximately 3 000 GWh, 17 reservoirs of at least 50 GWh each, are discussed more thoroughly. 2 reservoirs, Totak and Strandevatn, have been the subject of detailed investigations and calculations.

EMNEORD /SUBJECT TERMS
Reguleringsmagasiner/Reservoirs
Vannkraft/Hydro Power
Energiutnyttelse/Energy Utilization
Konsesjonsvilkår/Concession Requirements

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Erling Diesen
Vassdrags- og energidirektør

Kontoradresse: Middelthunsgate 29
Postadresse: Postboks 5091, Maj.
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Telefax: 22 95 90 00
Telex: 79397 NVEO N

Bankgiro: 0629.05.75026
Postgiro: 0803 5052055

I. 1011. Andvord.

LRV-PROSJEKTET: UTNYTTELSE AV VANNVOLUMET UNDER LAVESTE REGULERTE VANNSTAND I EKSTREME TØRRÅR.

FORORD

LRV-prosjektet inngår som et delprosjekt under O/U-prosjektet og ble startet opp av avdelingen for Vasskraftundersøkelser i NVE. Etter omorganiseringen i 1990 har prosjektledelsen for LRV-prosjektet ligget i Hydrologisk avdeling med et nært samarbeid mot Energiavdelingen. Prosjektet ble påbegynt i 1986 og avsluttet i 1992.

Denne publikasjonen gir en oversikt over resultatene fremkommet under LRV-prosjektet. Bakgrunnen er en ressursgjennomgang av reguleringsmagasinene i Norge. Det er foretatt beregning av det teoretiske energipotensialet som bunnmagasinet mellom laveste regulerte vannstand (LRV) og tappetunnelen (LTV) representerer. Forutsetningen var at ingen større tekniske inngrep måtte utføres og at vannvolumet kun skulle kunne benyttes i ekstreme tørrår, som et alternativ til dyr import eller rasjonering av elektrisitet. Realiserbarheten er vurdert ut ifra hydraulikk og samfunnsmessig nytteverdi samt miljøparametrene erosjon, tilsig og fiskeribiologi. Siden de juridiske- og konsesjonsmessige sidene er helt sentrale for en eventuell realisering av tørrårsutnyttelse, inngår en gjennomgang og vurdering av disse forhold.

Ressurskartleggingen er foretatt i samarbeid med Vassdragsregulantenes Forening (VR). Konsulentutredningene innen erosjon, tilsig og hydraulikk er utført av NHL/SINTEF, mens LFI ved Universitetet i Oslo har utfør de fiskeribiologiske undersøkelsene og vurderingene.

Oddvar Fossheim (Vassdragsavdelingen, NVE) har foretatt gjennomgangen og vurderingen av de konsesjonsmessige forhold, mens Øyvind Traagstad (Administrasjonsavdelingen, NVE) har utredet de juridiske aspekter. Rune Flatby (Energiavdelingen, NVE) har foretatt beregningene av samfunnsøkonomisk nytteverdi. Under hele prosjektet har det vært et nært samarbeid med Torodd Jensen (tidl. Energiavdelingen, NVE, nå NTNF) som har bidratt med verdifulle innspill og kommentarer. Publikasjonen er utarbeidet av Sverre Husebye (Hydrologisk avdeling, NVE) som også har vært prosjektleder for LRV-prosjektet.

Alle prosjektene er finansiert gjennom O/U-prosjektet ved midler fra konsesjonsavgiftsfondet og Enøk.

Oslo, februar 1993

Sverre Husebye

INNHOLD:

1. 0 INNLEDNING 1

2. 0 SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER 4

2. 1 Konsesjonsbehandling 6

2. 2 Juridisk vurdering 6

2. 3 Samfunnsmessig nytteverdi 8

2. 4 Totak 8

2. 5 Strandevatn 9

3. 0 RESSURSKARTLEGGING 10

4. 0 VALG AV MAGASINER OG UNDERSØKELSER 11

5. 0 GENERELL GJENNOMGANG AV MAGASINER 14

5. 1 Hydrologi og hydraulikk 14
5.1.1 Limingen 14
5.1.2 Tunnsjøen 14
5.1.3 Røldalsvatn 15
5.1.4 Strandevatn 15
5.1.5 Totak 15
5.1.6 Savalen 15
5.1.7 Oppsummering av beregningene 15

5. 2 Erosjon 16
5.2.1 Limingen 17
5.2.2 Tunnsjøen 17
5.2.3 Totak 17
5.2.4 Røldalsvatn 17
5.2.5 Savalen 17
5.2.6 Strandevatn 18

5. 3 Fisk 18
5.3.1 Limingen 19
5.3.2 Tunnsjøen 19
5.3.3 Røldalsvatn 20
5.3.4 Strandevatn 20
5.3.5 Totak 20
5.3.6 Savalen 20

5.3.7 Rødungen 20
5.3.8 Ustevatn 21
5.3.9 Vinstern 21

5. 4 Konsesjonsbehandling 21
5.4.1 Bygdin 21
5.4.2 Gjevilvann 22
5.4.3 Limingen 22
5.4.4 Lomivann 22
5.4.6 Lyngsvatn 22
5.4.7 Mjøsa 23
5.4.8 Møsvatn 23
5.4.9 Rødungen -Ustevatn 23
5.4.10 Røldalsvatn 23
5.4.11 Savalen 24
5.4.12 Selbusjøen 24
5.4.13 Strandevatn 24
5.4.14 Totak 25
5.4.15 Tunnsjøen 25
5.4.16 Tyin 25
5.4.17 Vinstern 25

6. 0 SPESIELLE UNDERSØKELSER I TOTAK OG STRANDEVATN 26

6. 1 Totak 26
6.1.1 Tilsig og hydraulikk 26
6.1.2 Erosjon og ras 29
6.1.3 Fiskeribiologi 31

6. 2 Strandevatn 32
6.2.1 Tilsig og hydraulikk 32
6.2.2 Erosjon og ras 33
6.2.3 Fiskeribiologi 33

7. 0 SAMFUNNSMESSIG NYTTEVERDI 34

7. 1 Simuleringer 35

7. 2 Totak 35
7.2.1 Grunnlagsdata 35
7.2.2 Økonomi 36

7. 3 Strandevatn 38
7.3.1 Grunnlagsdata 38
7.3.2 Økonomi 39

7. 4 Valg av verdsettingsalternativ 41

7. 5 Fastkraftbidrag Strandevatn/Totak. 41

8. 0 KONSESJONSBEHANDLING 42

8. 1 Tidligere praksis - midlertidige reguleringer 42

8. 2 Tørrårsmagasiner - dagens konsesjonsbehandling etter vassdragsreguleringsloven av 14.12.1917. 43

8. 3 Sammenligning mellom LRV - prosjektets magasiner og konsederte reguleringer etter vassdragsreguleringsloven av 14.12.1917. 44

9. 0 JURIDISK VURDERING 46

9. 1 Dagens lovverk 46

9. 2 Konsesjonsavgifter 46

9. 3 Tørrårsmagasiner 47

9. 4 Juridiske muligheter for å realisere tørrårsmagasin 48

9. 5 Generell lovendring 48

9. 6 Tilleggsregulering med spesielle vilkår for enkelte magasiner 49

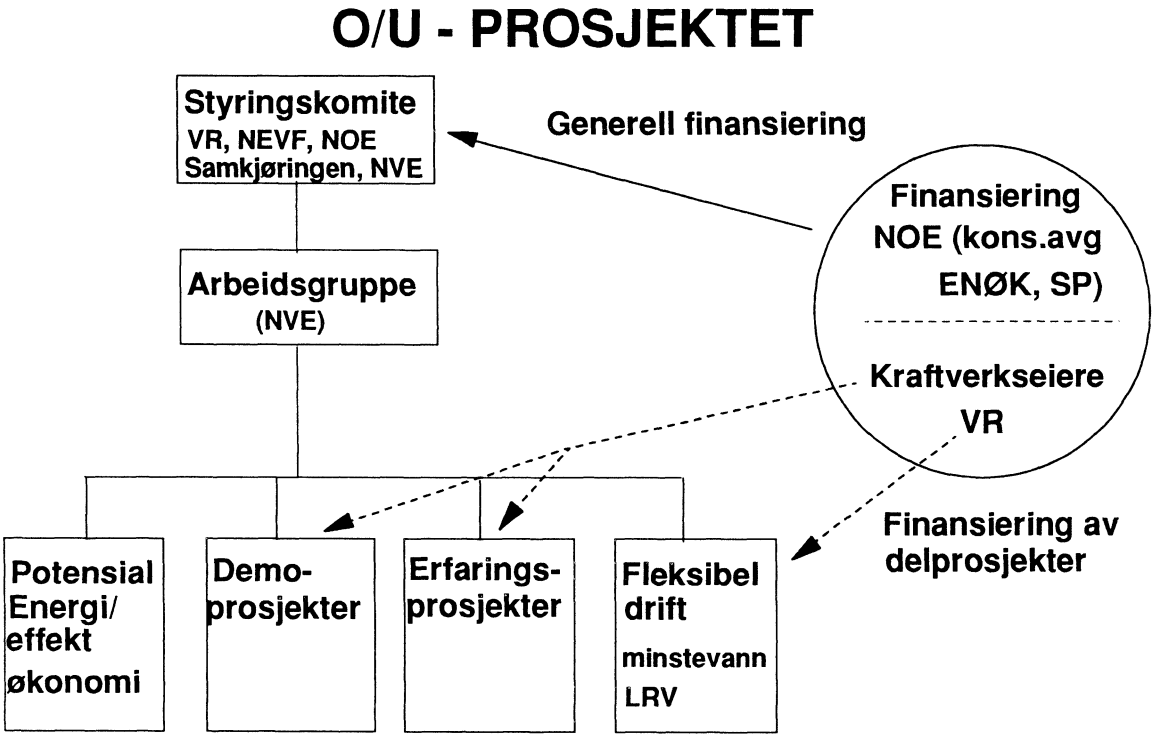
9. 7 Proposisjon "i beredskap" 50

1. 0 INNLEDNING

Prosjektet "OPPRUSTING OG UTVIDELSE AV KRAFTVERK" (O/U) ble igangsatt våren 1986 etter initiativ fra OED (nåværende NOE). Styringskomiteen har bestått av representanter fra Vassdragsregulantenes Forening, Samkjøringen av kraftverkene i Norge, Norges Energiverkforbund og NVE. OED har hatt observatør-status i styringskomiteen mens NVE har hatt prosjekt-ledelsen.

Prosjektets hovedmål er å arbeide for økt interesse for O/U av vannkraftverk. Dette gjøres gjennom utarbeidelse av oversikt over potensialet, vektlegging av prosjekter som er interessante og som kan realiseres innen overskuelig framtid (demonstrasjons-prosjekter), overføre erfaringer fra prosjekter som er realisert, bringe fram og vurdere barrierer samt problemer som hindrer eller forsinker O/U arbeid.

I prosjektet er opprusting definert som tiltak som kun trenger elektrisk konsesjon mens utvidelse er tiltak som krever vassdrags og/eller reguleringskonsesjon.



Figur 1 Organisasjonskart

LRV-prosjektet inngår som et delprosjekt under "fleksibel drift" i O/U-prosjektet. Prosjektets mål er å vurdere mulighetene for å utnytte magasinvolumet mellom laveste regulerte vannstand (LRV) og tappetunnelen, "laveste tappevannstand" (LTV), til energiproduksjon som et alternativ til rasjonering, dyr import og eventuell bygging av gasskraftverk som reserve i ekstreme tørrår. Statistisk opptrer slike tørrårssituasjoner en gang i løpet av en periode på 20-30 år. Forutsetningen var at ingen eller kun mindre tekniske inngrep måtte gjøres for å få ut vannet. Det potensial som på denne måten fremkommer, har senere fått økt interesse som et mulig alternativ til introdusering av gasskraft som tørrårsreserve. Imidlertid har innføring av den nye energiloven endret forutsetningene. Legging av flere kabler til England og kontinentet vil føre til økt utveksling av kraft. Dette vil også åpne muligheten for Norge til å inngå avtaler om import av kraft for å dekke etterspørselen i tørrårssituasjoner. Dette kan redusere behovet for tørrårssikring. På denne måten vil verdien av LRV-prosjektet, i sin opprinnelige form, kunne bli mindre. Det er imidlertid et åpent spørsmål hvilken pris leverandørene vil forlange i en slik situasjon.

Filosofien bak LRV-prosjektet som er å utnytte allerede eksisterende magasiner på en bedre måte, for på den måten å unngå å ta i bruk nye og uregulerte felter, har imidlertid ikke mistet sin aktualitet. I publikasjonen som omhandler klimaendringer og vannressurser (NVE, 1990) er det simulert at en midlere nedbørøkning på 7%, vil resultere i en midlere økning dagens (1990) produksjonssystem på 2-3%. Ved en nedbørøkning på 16,5% vil produksjonsøkningen bli betydelig større. Med så store tilsigsøkninger og dagens produksjonssystem vil imidlertid også flomtapene øke. I tillegg til en predikert nedbørøkning forventes også en fremtidig økning av vinternedbøren, en overgang mot hyppigere ekstremsituasjoner og mildere vintre. Muligheter for en bedre utnyttelse av allerede eksisterende magasiner kan i denne sammenheng være nærliggende både med hensyn på kraftforsyningen og med tanke på en mer fleksibel bruk av vassdragene.

I dagens diskusjon er likevel de mulighetene som ligger til grunn for "LRV-prosjektet" mest aktuelle sett i relasjon til gasskraft som alternativ tørrårssikring.

LRV-prosjektet har bestått av tre faser:

Fase 1	Landsomfattende ressurskartlegging
Fase 2	Generell gjennomgang av et utvalg magasiner
Fase 3	Grundigere undersøkelser i to magasiner

Fase 1 er gjennomført ved at NVE utarbeidet et spørreskjema som ble sendt ut til landets kraftselskaper. Gjennom svarene har så NVE beregnet det potensial mellom LRV og LTV som det teoretisk sett er mulig å hente ut av dagens kraftverk uten at det foretas nye tekniske inngrep.

Med bakgrunn i ressurskartleggingen ble det, ut i fra visse kriterier, foretatt et utvalg av magasiner for en grundigere gjennomgang. Målsettingen i fase 2 var å vurdere i hvilken grad og hvor mange av magasinene som kunne la seg realisere som tørrårssikring. Vurderingen ble foretatt på bakgrunn av miljøparametrene erosjon og fiskeribiologi samt hydrologi, hydraulikk og erfaring fra eksisterende konsesjonsbehandling. Eksterne

konsulenter fra SINTEF-NHL og LFI ble benyttet til å forestå de mer detaljerte studier og utredninger. I tillegg har NVE ved Energiavdelingen og Vassdragsavdelingen bidratt innen sine kompetanseområder.

Fase 2 viste at det ville være nødvendig med mer dyptgående undersøkelser, spesielt på miljøsiden, for å komme frem til hva som egentlig kan være mulig å hente ut ved en slik tilleggsenkning. I fase 3 ble det derfor lagt vekt på detaljerte studier i to magasiner med ulike fysiske og geografiske forutsetninger. I denne fasen er også den samfunnsmessige nytteverdien beregnet. De samme konsulentene som under fase 2, ble benyttet. Dette fordi firmaene både var innforstått med problemstillinger og kjent med magasinene fra arbeidet med fase 2.

Rapporten gir en oppsummering med henvisninger til de utførte undersøkelsene. I vedlegget inngår noe grunnlagsmateriale fra disse. I kapittel 2 er det gitt en kortfattet oppsummering med vurderinger og konklusjoner som kan trekkes ut fra de utredninger som er foretatt. Rapporten gir også en kortfattet historisk beskrivelse av magasinene med hensyn på offentlig saksbehandling (konsesjon) som kan være verdifull for ettertiden.

Undersøkelsene og utredningene som inngår i LRV-prosjektet ble igangsatt i 1986 og avsluttet våren 1992. Prosjektet er finansiert under O/U prosjektet gjennom midler fra konsesjonsavgiftsfondet og Enøk. I tillegg har NVE bidratt med en betydelig egeninnsats.

2. 0 SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

I 1986 utarbeidet NVE et spørreskjema som ble sendt til samtlige av landets kraftselskaper. Kraftselskapene ble bedt om å navngi magasiner der LTV ligger lavere enn LRV samt hvilket energipotensiale dette representerte. Samtidig skulle de angi hvilke tekniske inngrep som ville være nødvendig for å realisere en slik utnyttelse.

Vurderingene er foretatt på bakgrunn av miljøparametrene erosjon og fiskeribiologi samt hydrologi, hydraulikk og erfaring fra eksisterende konsesjonsbehandling. Eksterne konsulenter fra SINTEF-NHL og LFI er benyttet til å forestå de mer detaljerte studier og utredninger. I tillegg har NVE ved avdeling for Vasskraftundersøkelser (nedl.), Energiavdelingen og Vassdragsavdelingen bidratt innen sine kompetanseområder.

Resultatet av ressurskartleggingen var meget interessant i og med størrelsen på potensialet, totalt ca. 3 TWh som teoretisk sett kan tilføres det norske vannkraftsystemet tilnærmet uten kostnader. Problemet er imidlertid at dagens manøvreringsreglement er gitt etter en samlet vurdering av ulike brukerinteresser, miljøkonsekvenser og økonomi. Skjønn, erstatninger til berørte parter samt avgifter til det offentlige er basert på den konsesjonen som er gitt. Selv om forutsetningen som ligger til grunn for LRV-prosjektet er at eventuell tilleggsenkning kun skal foregå i ekstreme tørrår, noe som statistisk sett vil inntreffe 2-3 ganger i løpet av en normal konsesjonsperiode, vil konsekvensene for miljøet og forholdet til gjeldende lovverk og praksis være de faktorer som klarest vil begrense mulighetene for realisering. I tillegg kommer andre momenter som økonomi, lokalpolitiske forhold og problematikken rundt skjønn og erstatninger.

For å fremskaffe mer kunnskap om realiserbarheten av tapping under LRV var det nødvendig å foreta et utvalg av magasiner for mer inngående analyser.

Ved utvalg av magasiner skulle følgende kriterier oppfylles og være representert:

* Geografisk spredning
* Små og store eksisterende reguleringshøyder
* Små og store tilleggssenkninger
* Ulike forhold mellom eksisterende regulering og tilleggssenkning
* Ulike fysiske miljøer som geologi/løsmasser, hydrologi/tilsig, høyde over havet og størrelse
* Energibidrag av betydning, økonomisk interessante

Ved å sette grensen til 50 GWh (inkl. Ustevatn 43 GWh), ble antallet magasiner redusert til 17 med et samlet teoretisk potensiale på 1875 GWh . Det viste seg altså at 10% av magasinene representerte hele 62% av det totale teoretiske potensialet. Mulig innvinning av energi varierte mellom 43 og 568 GWh.

Muligheten for realisering av en tilleggssenkning vil til en stor grad være avhengig av miljøkonsekvensene. Innenfor prosjektets økonomiske rammer var det ikke mulig å gjennomføre tilsvarende undersøkelser som vanligvis inngår i en konsesjonssøknad. Etter en nærmere vurdering ble miljøparametrene erosjon og fisk i tillegg til hydrologi/tilsig ansett å være kritiske for gjennomføring av en tilleggssenkning. Dersom en øket senkning

vil føre til utglidninger/ras/erosjon som kan true bebyggelse eller andre verdier, fiskebestanden blir kritisk desimert eller tilsiget ikke er stort nok, vil disse forhold antagelig være tilstrekkelig til å stanse muligheten i det gjeldende magasin. Andre miljøkonsekvenser er også viktige, men fordi de valgte er forholdsvis enkle å kvantifisere ble disse valgt.

Basert på undersøkelsene og utredningene utført innenfor LRV-prosjektet supplert med generell kunnskap og andre opplysninger, er det foretatt en rangering av de ulike parametrene (Tab. 1).

Magasin	Tilsig hydraulikk	Erosjon	Fiskeri-biologi	Konsesjon	Andre forhold	Teoretisk potensial (GWh)	Antatt realiserbart (GWh)
Bygdin	3	1	?	3	3	113	0
Gjevilvatn	?	3	?	2	3	65	0
Limingen	?	1	1	2	2	135	135
Lomivatn	?	1	1	1	1	101	86
Lyngsvatn	?	?	?	1	1	53	53
Mjøsa	1	2	?	2	3	74	0
Møsvatn	?	1	?	1	2	60	60
Rødungen	1	1	1	1	2	54	54
Røldalsvatn	1	2	2	2	2	68	68
Savalen	3	3	3	3	3	107	0
Selbusjøen	?	3	?	2	3	87	0
Strandevatn	2	1	1	2	1	53	53
Totak	1	2	1	2	?	568	* 342
Tunnsjøen	1	1	1	1	?	99	99
Tyinvatn	?	1	?	2	2	81	81
Ustevatn	?	3	1	3	3	43	0
Vinstern	?	1	3	3	3	68	0

Tabell 1.

Tabell over de 17 magasinene med et energi potensiale på mer enn 50 GWh der de ulike parametrene er vurdert. Rangeringen er basert på kunnskaper fremkommet under prosjektet. 1=Små konsekvenser-/antatt få konflikter, 2= Middels konsekvenser/konflikter, 3=Store konsekvenser/konflikter, ?=Usikkert/det foreligger ikke tilstrekkelig informasjon. I rubrikken "mulig energipotensiale" er magasiner der karakteren 3 fremkommer, ansett som urealistiske. For Totak er energipotensialet redusert til den verdi (*) som undersøkelsene anbefaler som den mest optimale.

Selv om tabellen inneholder store usikkerheter, gir den en klar indikasjon på at det opprinnelige energi potensialet på maksimalt 1829 GWh minst må reduseres til 1031 GWh. Erfaringen fra de grundigere undersøkelsene i Totak og Strandevatn viste at sannsynligheten for en ytterligere reduksjon i dette anslaget må ansees som relativt høyt.

2. 1 Konsesjonsbehandling

Någjeldende reguleringslov har i alle år vært gjort ensartet gjeldende for alle typer reguleringer for kraftproduksjon. Dette gjelder også ekstreme overreguleringer for tørrårssikring.

Det er ikke hjemmel i den någjeldende reguleringsloven for å sette særvilkår for sikringsmagasiner med sjelden bruksfrekvens til erstatning for vilkår som ville være obligatoriske ved en tilsvarende regulering for jevnlig brukte magasiner. Etablering av disse sikringsmagasiner forutsetter at det vedtas en egen lov om slike.

Det største problemet for å realisere en senkning av enkelte magasiner under LRV i ekstreme tørrår, er knyttet til lovverket og konsesjonsmyndigheten. Magasinene må, dersom de skal særbehandles konsesjonsmessig og sannsynligvis også erstatningsmessig, skilles helt klart fra typiske tørrårsmagasiner:

* Klausuleres til bruk kun i helt spesielle situasjoner (2-3 ganger i løpet av en normal konsesjonsperiode på 60 år).
* Det må stilles opp klare kriterier slik at det blir et tydelig skille mot de ordinære tørrårsmagasiner.

Dette skillet er viktig for å unngå et to-sporet konsesjonssystem som vil skape uholdbare vanskeligheter ved behandling av fremtidige konsesjonssøknader. Det er ikke hjemmel i vassdragsreguleringsloven for å sette særvilkår for sikringsmagasiner med sjelden bruksfrekvens til erstatning for vilkår som ville være obligatoriske ved en tilsvarende regulering for jevnlig brukte magasiner. Etablering av sikringsmagasiner forutsetter at det vedtas en egen lov om slike.

2. 2 Juridisk vurdering

I henhold til vassdragsloven skilles det ikke mellom vanlige magasiner og flerårs-/tørrårsmagasiner når det gjelde konsesjonsplikt og krav til denne. I vassdrags-reguleringsloven er det forutsetningen om årlig regulering som ligger til grunn for praktisering av loven. I forbindelse med flerårsmagasin har konsesjonsmyndighetene i enkelte tilfeller gjort påslag på beregnet nat. hk. for at avgiftsgrunnlaget skal stå i rimelig forhold til magasinets reelle verdi.

Det er ikke hjemmel i eksisterende vassdragsreguleringslov til å sette (enklere) særvilkår for sikringsmagasiner med sjelden bruksfrekvens til erstatning for vilkår som ville være obligatoriske ved en tilsvarende regulering for jevnlig benyttede magasiner.

Dersom det forutsettes at det også fremtiden vil være behov for spesiell tørrårssikring, kan endringer i lovverket for å imøtekomme LRV-prosjektets muligheter, skje på ulike måter:

* En generell lovendring
* En tilleggsregulering med spesielle vilkår for enkelte magasiner
* En "beredskapsproposisjon"

En generell ny lovhjemmel kan f.eks. tenkes gitt som et nytt punkt 22 under § 12 og bygget på følgende elementer:

* Ytterligere regulering av dette slag begrenses til tidligere konsederte magasiner.

* Bruken bindes til særlig tørre år og når kjøp av kraft vil falle urimelig dyrt (import av kraft til høy pris, tørrår over større deler av landet).

* Bruksfrekvensen av magasinet spesifiseres nærmere i søknaden.

* Søknaden utformes og behandles etter reguleringslovens §§ 5 og 6, men uten bruk av forhåndsmelding.

* De gjeldende konsesjonsvilkår - ev. for den konsesjon som er gitt sist - gjøres gjeldende for tilleggsreguleringen med unntak av kraftøkningen som grunnlag for reguleringsavgifter og konsesjonskraft. Her legges til grunn en brukstid av magasinet på f.eks. 150 døgn og det forutsettes at hele magasinet brukes.

* Konsesjonsmyndighetenes samtykke til at kriteriene er oppfylt for å ta i bruk magasinet innhentes i det enkelte år.

LRV-prosjektets magasiner må - dersom de skal særbehandles konsesjonsmessig og sannsynligvis også erstatningsmessig - skilles helt klart fra typiske tørrårsmagasiner:

* Disse magasiner må klausuleres til bruk bare i helt spesielle situasjoner. I prosjektet er antydet en bruk av 2 til 3 ganger i løpet av normal konsesjonspierode på 60 år.

* For å skille de tydelig fra andre tørrårsmagasiner må det stilles opp klare kriterier for når magasinene kan tas i bruk.

Den siste muligheten er å utarbeide (men ikke fremme) en proposisjon med en nokså kortfattet hjemmel som gir pålegg til å gå under LRV for visse nærmere angitte magasiner i ekstraordinære tilfeller. I en slik proposisjon bør man ha plukket ut aktuelle magasin, og legge opp til en svært forenklet saksgang. Dette er en løsning som et stykke på vei tilsvarer de ekstraordinære lovhjemler på dette felt rundt 1960-tallet.

2. 3 Samfunnsmessig nytteverdi

Ved normal drift av magasinet i tørrårssituasjon vil man sikte mot tomt magasin ved slutten av tappesesongen. Ekstra volum i magasinet under LRV vil med en slik disponering medføre at man sikter mot et lavere sluttmagasin (LTV). Det ekstra vannet tas ut i form av noe større produksjon under hele rasjoneringsperioden. Dette tilsvarer tilnærmet verdsetting etter et alternativ der vannet verdsettes etter midlere kraftverdi under rasjoneringsperioden, alternativ 1. Alternativt kan vannet verdsettes etter de ukene med høyest rasjoneringskostnad, alternativ 2. Dette forutsetter at man er forutseende, slik at man på forhånd må vite når rasjonering-kostnaden er høyest og dermed spare vannet til disse ukene. Slik verdsetting representerer en øvre grense for verdien av vannet.

Vi anbefaler at alternativ 1 legges til grunn for verdisettingen. Ved pressing av systemet til langtidsgrensekostnad (26,3 øre/kWh) gir dette en verdi på ca 85 øre/kWh ekstra magasin i rasjoneringsåret. I den aktuelle simulerings-perioden, med rasjonering i et av tretti år, tilsvarer dette en verdi på ca 2,8 øre/kWh magasin pr år.

2. 4 Totak

I Totak viste undersøkelsene innen tilsig/hydraulikk og erosjon at den realistiske tilleggssenkning er 6,8 meter, hvilket er hele 5,2 meter mindre enn det som teoretisk sett er mulig. Dette reduserer det teoretiske energipotensialet med 136 GWh (fra 568 GWh til 342 GWh). Også med hensyn på erosjonsfaren, spesielt ved Bituas utløp, ble en så stor reguleringshøyde som teoretisk mulig ansett som meget kritisk. Ved en redusert senkning blir også erosjonsfaren sterkt redusert samtidig som tiltak kan settes inn (STF60 F90015).

Et annet moment som ytterligere kan redusere energiutnyttelsen er hvilken senknings-hastighet som er mulig. For å minimalisere rasfaren anbefales en senkningshastighet på 0,07 meter pr. døgn, hvilket medfører en tappeperiode på 105/97 døgn ned til kote 672,65/673,20. I forbindelse med nedtappingsstrategien som tar utgangspunkt i en nedre grense på 100 m3/s ut av Våmarvatn, er det imidlertid beregnet en gjennomsnittelig senkning av vannstanden i Totak på 0,4 meter pr. døgn (STF60 F90016). En optimalisering av driften slik at faren for ras minimaliseres vil derfor helt klart sette grenser for driften og derfor for mulighetene og lønnsomheten.

Effekten på de fiskeribiologiske forhold må ansees som moderat. At røyebestanden kan få redusert rekruttering i enkelte år vurderes som positivt i og med at røyebestanden i Totak er overtallig i forhold til næringsgrunnlaget. De største negative effektene på fiskebestanden vil være knyttet til utrasinger/erosjon og redusert siktedyp i magasinet. Ved den reduserte senkning som anbefales, vil også omfanget av utrasinger og erosjon avta. Forutsatt kompensasjonstiltak som foreslått (LFI Rap. nr. 122, 1990), vil en tapping under dagens LRV kunne aksepteres ut i fra fiskeribiologiske forhold.

En samlet vurdering av tilsig/hydraulikk og miljøparametrene erosjon og fiskeribiologi viser at en senkning ned til kote 673,2 må kunne karakteriseres som realistisk. Dette betyr at den teoretisk optimale senkning under LRV må reduseres fra 12 meter til 6,8 meter.

Ved vurdering av nytteverdien anses det som mest formålstjenlig å vurdere verdien av kraften etter midlere kraftverdi i hele rasjoneringsperioden (Alt. 1). Med en variasjon i korttids grensekostnad fra 19,5 øre/kWh til 29,3 øre/kWh, vil totalverdien variere fra 205 til 329 mill. kr. Med rasjonering i ett av tretti år, gir dette fra 6,8 til 11,0 mill. kr/år. Med bakgrunn i beregningene for Strandevatn (jfr. kap. 2. 5), kan det antydes at fastkraft-bidraget fra Totak med en senkning til kote 673,2, vil være ca. 30 GWh.

2. 5 Strandevatn

Tilleggssenkningen i Strandevatn er liten i forhold til dagens reguleringshøyde. Utredningene viste få konflikter. Magasinet var også for få år siden senket under dagens LRV på grunn av revisjon av lukene. Strandevatn er allerede et flerårsmagasin, hvilket innebærer at normalt årstilsig ikke er tilstrekkelig for å fylle magasinet. Det foreligger imidlertid planer om overføring av overskuddvann fra Stolsvatn. Vannspeilet i Strandevatn vil da kunne heves til HRV de fleste år.

Undersøkelsene i Strandevatn har vist at den skisserte energimengden på 53 GWh er fullt mulig å realisere uten alvorlige negative konsekvenser sett i relasjon til de parametrene som inngår i LRV-prosjektet.

Ved vurdering av nytteverdien ansees det som mest formålstjenlig å vurdere verdien av kraften etter midlere kraftverdi i hele rasjoneringsperioden. Med en variasjon i korttids grensekostnad fra 19,5 øre/kWh til 29,3 øre/kWh, vil totalverdien variere fra 35,4 til 56,8 mill. kr.. Med rasjonering i ett av tretti år, gir dette fra 1,2 til 1,9 mill. kr/år. Alternativt har simuleringer utført for Strandevatn med volumet under LRV tilgjengelig hvert år, gitt et fastkraftbidrag på 6 GWh, noe som tilsvarer 10 % av energiinnholdet i vannet under LRV. På grunn av de små endringene er usikkerheten i fastkraftberegningen relativt stor.

3. 0 RESSURSKARTLEGGING

I 1986 ble det utarbeidet et spørreskjema som VR sendte til samtlige av sine medlemmer. Kraftselskapene ble bedt om å navngi magasiner der LTV ligger lavere enn LRV samt hvilket energipotensiale dette representerte. Samtidig skulle de angi hvilke tekniske inngrep som ville være nødvendig for å realisere en slik utnyttelse. På bakgrunn av svarene viste det seg at i 164 magasiner foreligger det et teoretisk potensiale på ca. 3 TWh. Ved å sortere prosjektene etter størrelse i GWh viste det seg at 17 magasiner har et potensiale på mer enn 50 GWh (se tab 2, 3).

Størrelse på prosjektet (GWh)	Antall	Potensial GWh
$P \geq 100$	5	1038
$50 < P < 100$	12	837
$10 < p < 50$	41	787
$P < 10$	106	382
Sum	164	3004

Tabell 2: Oversikt over mulig energipotensiale ved utnyttelse av magasinvolumet mellom laveste regulerte vannstand (LRV) og tappetunnelen (LTV).

4. 0 VALG AV MAGASINER OG UNDERSØKELSER

Resultatet av ressurskartleggingen var meget interessant i og med størrelsen på potensialet, totalt ca. 3 TWh som teoretisk sett kan tilføres det norske vannkraftsystemet tilnærmet uten kostnader. Problemet er imidlertid at dagens manøvreringsreglement er gitt etter en samlet vurdering av ulike brukerinteresser, miljøkonsekvenser og økonomi. Skjønn, erstatninger til berørte parter samt avgifter til det offentlige er basert på den konsesjonen som er gitt. Selv om forutsetningen som ligger til grunn for LRV-prosjektet er at eventuell tilleggsenkning kun skal foregå i ekstreme tørrår, noe som statistisk sett vil inntreffe 2-3 ganger i løpet av en normal konsesjonsperiode, vil konsekvensene for miljøet og forholdet til gjeldende lovverk og praksis være de faktorer som klarest vil begrense mulighetene for realisering. I tillegg kommer andre momenter som økonomi, lokalpolitiske forhold og problematikken rundt skjønn og erstatninger.

For å fremskaffe mer kunnskap om realiserbarheten av tapping under LRV var det nødvendig å foreta et utvalg av magasiner for mer inngående analyser.

Ved utvalg av magasiner skulle følgende kriterier oppfylles og være representert:

* Geografisk spredning
* Små og store eksisterende reguleringshøyder
* Små og store tilleggssenkninger
* Ulike forhold mellom eksisterende regulering og tilleggssenkning
* Ulike fysiske miljøer som geologi/løsmasser, hydrologi/tilsig, høyde over havet og størrelse
* Energibidrag av betydning, økonomisk interessante

Ved å sette grensen til 50 GWh (inkl. Ustevatn 43 GWh), ble antallet magasiner redusert til 17 med et samlet teoretisk potensiale på 1875 GWh (Tab. 3). Det viste seg altså at 10% av magasinene representerte hele 62% av det totale teoretiske potensialet. Mulig innvinning av energi varierte mellom 43 og 568 GWh. En nærmere vurdering av magasinene viste at kriteriene som ble stilt opp som grunnlag for analysene var oppfylt.

Muligheten for realisering av en tilleggssenkning vil til en stor grad være avhengig av miljøkonsekvensene. Innenfor prosjektets økonomiske rammer var det ikke mulig å gjennomføre tilsvarende undersøkelser som vanligvis inngår i en konsesjonssøknad. Etter en nærmere vurdering ble miljøparametrene erosjon og fisk i tillegg til hydrologi/tilsig ansett å være kritiske for gjennomføring av en tilleggssenkning. Dersom en øket senkning vil føre til utglidninger/ras/erosjon som kan true bebyggelse eller andre verdier, fiskebestanden blir kritisk desimert eller tilsiget ikke er stort nok, vil disse forhold antagelig være tilstrekkelig til å stanse muligheten i det gjeldende magasin.
Andre miljøkonsekvenser er også viktige, men fordi de valgte er forholdsvis enkle å kvantifisere ble disse valgt.

Magasin	HRV (mo.h.)	LRV (mo.h.)	LTV (mo.h.)	HRV-LRV (m)	LRV-LTV (m)	HRV-LTV (m)	Pot. GWh
Bygdin	1057,5	1048,3	1046,5	9,2	1,8	11,0	113
Gjevilvatn	660,8	645,8	640,8	15,0	5,8	20,8	65
Limingen	411,7	409,0	407,0	2,7	2,0	4,7	135
Lomivatn	709,3	650,0	638,0	59,3	12,0	71,3	101
Lyngsvatn	686,4	636,4	630,5	50,0	5,9	59,9	53
Mjøsa	123,2	119,6	118,6	3,6	1,0	4,6	74
Møsvatn	918,5	900,0	898,0	18,5	2,0	20,5	60
Rødungen	957,4	943,9	940,0	13,5	3,9	17,4	54
Røldalsvatn	380,0	363,0	352,0	17,0	11,0	28,0	68
Savalen	707,2	702,5	694,1	4,7	8,4	13,1	107
Strandevatn	978,0	950,0	948,0	28,0	2,0	30,0	53
Totak	687,3	680,0	668,0	7,3	12,0	19,3	568
Tunnsjøen	357,6	352,6	350,6	5,0	2,0	7,0	99
Tyinvatn	1082,8	1072,5	1071,0	10,3	1,5	11,8	81
Ustevatn	985,0	967,5	965,0	17,5	2,5	20,0	43
Vinstern	1031,5	1027,5	1026,0	4,0	1,5	5,5	68

Forklaring til tabellen:

HRV: Høyeste reguleringsvannstand
LRV: Laveste reguleringsvannstand
LTV: Laveste tappevannstand (inntakstunnelens høyde)
LRV-LTV: Senkingsmulighet under LRV, eksisterende anlegg
HRV-LTV: Potensiell reguleringshøyde i ekstreme tørrår

Tabell 3 Magasiner som inngår i LRV-prosjektet (> 50 GWh).

Det ble valgt et undersøkelsesprogram som gikk ut på å foreta en generell gjennomgang med hensyn på de utvalgte parametre med hovedvekt på 6 magasiner (Tab. 4). Også her ble det lagt vekt på å dekke utvalgskriteriene.

Magasin	HRV m o.h.	HRV - LRV m	LRV - LTV m	Pot. GWh	Eier
Limingen	411,7	2,7	2,0	135	Nord-Trøndelag Elverk
Tunnsjøen	357,6	5,0	2,0	99	Nord-Trøndelag Elverk
Savalen	707,2	4,7	8,4	107	Glommens & Laagens Brukseierforening
Totak	687,3	7,3	12,0	568	Statkraft
Røldalsvatn	380,0	17,0	11,0	68	Røldal og Suldal Kraft A/S
Strandevatn	978,0	28,0	2,0	53	Oslo Energi
Sum				977	

Tabell 4. Magasiner som dannet grunnlag for en generell undersøkelse.

Magasinene ble valgt med hensyn på energipotensiale, spredning på så vel geografisk beliggenhet som fysiske forhold, ulike reguleringshøyder og varierende forhold mellom nåværende- og potensiell tilleggsregulering. Dette for å optimalisere en eventuell overføringsverdi til andre magasiner for derved også å kunne foreta en bedre vurdering av disse.

For å vurdere realiserbarheten ble miljøparametrene erosjon og fiskeribiologi valgt fordi disse er kvantifiserbare og kritiske for realiseringen av en senere senkning. I tillegg ble hydrauliske- og hydrologiske forhold undersøkt.

5. 0 GENERELL GJENNOMGANG AV MAGASINER

I dette kapitlet gjengis konklusjoner og andre opplysninger av spesiell interesse slik de fremkommer i de utførte undersøkelsene. For mer detaljerte data og bakgrunn henvises til de refererte fagrapportene (se Vedlegg 1) samt Vedlegg 2.

5. 1 Hydrologi og hydraulikk

Undersøkelsen er utført av SINTEF-NHL (STF60 A89028, STF60 F90016). Hensikten var å vurdere mulighetene for nedtapping av reguleringsmagasin under laveste regulerte vannstand i forbindelse med en krisesituasjon som ekstreme tørrår. Programmet ENMAG er benyttet i beregningene. Dette er en generell vassdragssimuleringsmodell som kan simulere de hydrologiske og hydrauliske forhold i et vassdrag. ENMAG brukes i dette prosjektet som et regnskapssystem for å vise vannmengdene som går med til oppfyllingen av et magasin som er tomt ved vårflommens begynnelse.

Hensikten har vært å produsere et forløp av magasinfyllingen slik det ville ha foregått om det var tomt på samme startdato i en årrekke. 30 års perioden 1921-1950 er benyttet for alle magasinene. Avløpet fra nedslagsfeltene beregnes fra en måleserie av naturlig tilsig. For hvert av magasinene er det brukt en tidsserie i eller svært nær det angjeldende vassdrag.

I de fleste tilfellene er det både regulerte og uregulerte felt oppstrøms magasinet. Tilsiget fra uregulerte felt antas å bli transportert til magasinet uten tidsforsinkelse. For regulerte felt er det gjort de nødvendige forenklinger for å representere systemet i hovedtrekkene.

5.1.1 Limingen

Limingen er koplet sammen med Tunnsjøen. I denne analysen er de vurdert hver for seg og uavhengig av hverandre. Limingen er avhengig av overføring fra Namsvatn. Overføringen går delvis i en tunnel som er den begrensende faktor i overføringen. En mer detaljert analyse vil trenge bedre data om tilførselen fra Namsvatn.

5.1.2 Tunnsjøen

Tunnsjøen avhenger av overføringen fra Namsvatn via Vekteren og Limingen. Fra Limingen går vannet gjennom Tunnsjø kraftverk som antas å begrense overføringskapasiteten. Tunnsjøen fylles til LRV i løpet av kort tid. Oppfyllingen til HRV er også svært rask selv med et begrenset tilskudd av vann fra Namsvatn.

5.1.3 Røldalsvatn

Røldalsvatn tilføres vann fra et større regulert felt i tillegg til et mindre lokalfelt. I inngangsdata er det totale nedslagsfeltet slått sammen til et lokalt uregulert felt. Røldalsvatn fylles opp svært hurtig. Det årlige middeltilsiget er stort i forhold til magasinvolumet. Selv med en justert tilsigsserie vil oppfyllingen skje etter kort tid.

5.1.4 Strandevatn

Strandevatn er et magasin som inngår i Holsverkene. Nedslagsfeltet er uregulert, uten magasiner. I tillegg til det lokale feltet er det en mindre overføring fra Stolsvatn. Den går gjennom driftstunnelen fra et inntak ved Urunda. Oppfyllingen til LRV foregår meget raskt. Strandevatn blir derimot ikke fylt opp til HRV noen av årene som inngår i 30 årsperioden med tilsigssdata. Overføringen fra Stolsvatn har en svært begrenset effekt på oppfyllingen.

5.1.5 Totak

Totak er et av de mer kompliserte system. Det har to uttak som er knyttet til Tokke. det ene går via Vinje kraftverk. Lokalfeltet er stort. Dessuten mottar det vann fra to kraftverk, Kjela og Songa, begge med store ovenforliggende magasiner og nedslagsfelt. Totak vil fylles ganske raskt både til LRV og HRV. Analysen trenger en bedre representasjon av utslippene fra Songa og Kjela. Dessuten bør det vurderes en mer korrekt beregning av overføringen gjennom tunnelen fra Venemo.

5.1.6 Savalen

Den vesentlige tilførselen til Savalen er en kapasitetsbegrenset overføring fra Einunna nedstrøms Einunna kraftverk. Oppstrøms Einunna ligger tre andre reguleringsmagasin, Elgsjø, Fundin og Marsjø. Bidraget fra de tre øverste magasinene er av stor betydning for oppfyllingen av Savalen. Uten tapping herfra er det usikkert om oppfyllingen vil nå opp til LRV. Med denne overføringen vil magasinet alltid fylles til HRV i løpet av sesongen. Forutsetningene for analysen bør vurderes på ny, spesielt med henblikk på hvordan de tre regulerte magasinene skal reguleres i en krisebetont situasjon.

5.1.7 Oppsummering av beregningene

Limingen:	Stort magasin som alltid fylles opp, men etter noen tid.
Tunnsjø:	Middels volum som fylles meget hurtig
Røldal:	Lite volum som fylles meget hurtig.
Strandevatn:	Middels volum som ikke fylles i løpet av året.
Totak:	Stort volum ved LRV og middels volum ved HRV som fylles hurtig.
Savalen:	Lite volum som sannsynligvis ikke fylles uten overføring fra Fundin/Elgsjø/Marsjøen.

5. 2 Erosjon

Undersøkelsen er utført av SINTEF-NHL (STF60 F88158, STF60 F90015). Erosjonsskader i forbindelse med vannkraftreguleringer er et kjent fenomen. Erfaringsmessig er erosjonsutviklingen mest dramatisk det første året, og særlig ved bekkeinnløpene til magasinet. Også bølgeerosjon i kombinasjon med grunnvannserosjon har mange steder ført til ustabile skråninger og utrasinger. Selv om de mest dramatiske erosjonsskadene gjerne opptrer de første år etter en regulering, vil erosjonen kunne fortsette i mange tiår før noenlunde stabile tilstander igjen etableres. Ved en senkning av vannstanden under LRV i ekstreme tørrår må det regnes med en videreutvikling av de eventuelle erosjonsskader som oppsto som følge av reguleringen.

Bekkeerosjonen er den form for erosjon som har den mest dramatiske utvikling, spesielt der bunnen faller bratt utenfor utløpet. Det eksisterende dekklaget i bekken undergraves, brytes opp og erosjonen utvikler seg inntil et nytt og stabilt dekklag er utviklet, eller til gradienten er blitt så lav og hastigheten så liten at erosjonen stanser av den grunn.

Områder som består av løsmasser vil kunne eroderes som følge av bølgekreftene når områder som tidligere lå under vann og var skjermet, blir utsatt for disse kreftene. Erosjonen vil fortsette i mange år inntil helningen på den nye strandsonen er blitt så slak at den samsvarer med bølgekreftene og de partikkelstørrelsene den består av. Dette er en langsom prosess sett i relasjon til bekke-erosjon. Bølge-erosjon i foten av en løsmasseavsetning kan også resultere i at en ustabil skråning raser ut. Vanligvis vil magasinene være dekket av is når vannspeilet er senket til LTV. Oppfyllingsperioden blir imidlertid lenger enn før, slik at bølge-erosjonen vil virke over en lengre tidsperiode i tilfellet senkning til LTV.

Når vannstanden i et magasin senkes raskt, vil grunnvannsgradienten langs stranden øke. Dette skjer først og fremst i finkornede løsmasser, hvor permeabiliteten er liten. Overkritiske gradienter fører til erosjon som vanligvis tar form av små raviner. Grunnvanns-erosjonen medvirker i enkelte tilfeller til å forsterke bølge-erosjonen. Grunnvanns-erosjon er underordnet bekke- og bølge-erosjen.

Vinderosjon kan oppstå i nedsenkede magasiner når store flater med finkornede sedimenter eksponeres for sterk vind. Dette er ikke den mest vanlige erosjonsform, men eksempler kan nevnes fra Gjevilvatnet og Tunsbergdalsvatn. Faren for sandflukt ble også nevnt i forbindelse med konsesjonsbehandlingen av Totak.

En rask senkning av magasiner kan påvirke stabiliteten mot ras på flere måter. Ved for hurtig senkning vil det kunne bygge seg opp et poretrykk i de vannfylte porene. Det er vanlig å forlange at senkningshastigheten ikke skal være større enn at porevannet kan senkes i samme takt. Selv om kravet til senkningshastighet er oppfylt kan de økede strømningshastigheter som oppstår som følge av senkningen gi ugunstige stabilitetsforhold. Undersøkelser av stabilitetssituasjonen under eller etter senkning vil være meget omfattende samtidig som usikkerheten angående virkningen av en senkning vil være stor.

Erosjon av løsmasser rundt et magasin vil føre finpartikler i suspensjon utover i vannmassene. De fineste kornene kan holde seg svevende i flere døgn og transporteres til

inntakene. Det vanligste er at partikkelkonsentrasjonene er høyest det første året etter regulering, for så gradvis å avta. En senkning under LRV vil uvilkårlig føre til en økning i sedimentkonsentrasjonen. Resuspensjon av finpartikler vil redusere siktedyp og kunne virke inn på turbinslitasjen. Pelton turbiner er den typen som er mest utsatt for sandslitasje.

5.2.1 Limingen

En senkning på 2 meter under LRV vil ikke medføre problemer for eksisterende anlegg. Det må imidlertid regnes med at senkningen av vannstanden vil føre til økt erosjon. Dette gjelder stort sett på de steder der den nåværende regulering har resultert i erosjon.Utløpet av Limingelva er det eneste stedet der det er god grunn til å vurdere forholdene nærmere. Her er faren for erosjon og ras stor.

5.2.2 Tunnsjøen

Det ansees ikke for sannsynlig at en senkning på 2 meter vil medføre driftsproblemer for eksisterende anlegg. Det er ikke påvist fare for alvorlig erosjon eller ras i forbindelse med en senkning.

5.2.3 Totak

En senkning på 12 meter under LRV vil utvilsomt føre til alvorlig erosjon med stor fare for ras, spesielt ved Bitus utløp i Totak. Andre utsatte områder er Tansosen og Songas utløp. Det bør foretas grundigere undersøkelser med henblikk på konsekvenser og preventive tiltak.

5.2.4 Røldalsvatn

Senkningen på 11 meter vil ikke føre til problemer for eksisterende anlegg. Stabiliteten til de avsatte masser i nordenden av magasinet bør undersøkes nærmere. Det samme bør gjøres i motsatt ende av magasinet hvor Botnen har sitt utløp.

5.2.5 Savalen

En senkning av Savalen er tidligere faglig vurdert. I denne vurderingen fra 1974 heter det: " Spørsmålet om det er riktig og forsvarlig å gå til en 13 m senkning er vanskelig å besvare. Det vil i alle fall bli en vurderingssak. Men at skadevirkningene øker med økende reguleringshøyde er hevet over tvil. Med de reservasjonene som her er tatt synes det dog som om forholdene ligger slik til rette at en bør kunne ta sikte på 13 m senkning.

5.2.6 Strandevatn

Det synes ikke som om en ytterligere senkning på 2 meter i Strandevatn vil medføre erosjonsproblemer av betydning.

5. 3 Fisk

Analysen er foretatt av LFI ved Zoologisk museum, Universitetet i Oslo (LFI-Notat nr. 2, 1989, LFI-Rapport nr. 122, 1990, LFI-Notat nr. 2 1990) . Vurderingen er foretatt ved en gjennomgang av litteratur. Det er ikke foretatt feltundersøkelser. De magasiner som er behandlet er de der det allerede foreligger materiale fra (selv om dette er gammelt).

Den betydeligste produksjonen av næringsdyr for fisk i en næringsfattig innsjø foregår i strandsonen. Dette skyldes planteveksten, tilførsel av mye organisk materiale fra landområdene, rikelig med oksygen og gunstige sommertemperaturer. Denne sonen er sterkest utsatt ved reguleringer.

Reguleringsvirkningene kan inndeles i en korttids- og en langtidsvirkning. Ved oppdemning gis bunnfaunaen adgang til nye områder og i den første tiden med store mengder dødt organisk materiale som næring. Få bunndyr vil imidlertid kunne tilpasse seg den stadige vannstandsvariasjonen og erosjonen i strandsonen. Både makro og mikrovegetasjonen som bunndyrene er avhengig av, vil etter etterhvert forsvinne. Under reguleringssonen vil bunnen påvirkes av økt sedimentering og eventuelle utrasinger. Korttidsvirkningen medfører derfor en kvantitativ og kvalitativ desimering av bunndyrene både i reguleringssonen og i dypere områder.Varigheten av korttidsvirkningene er vanskelig å forutsi og vil variere fra magasin til magasin. Under nedre reguleringsgrense vil imidlertid mengden bunndyr nærmest tilsvare det opprinnelige.

Is-erosjon og bølgeslag vil etter hvert føre til utvasking av næringssalter i reguleringssonen, som vil kunne utvikles til en naken steinstrand med lite organisk materiale (langtidsvirkning). På lang sikt blir det en forskyvning til fordel for fjærmygg, og vannstandssenkningen om vinteren medfører at faunaen i dypvannssonen vil få et mer arktisk preg. Det arktiske krepsdyret (Lepidurus arcticus) har for eksempel vist seg å få meget stor betydning som føde for fisk i høyfjellsmagasiner etter regulering.

Virkningen av senkning på fisk og næringsdyr er også avhengig av omfanget av eventuell tilslamming i magasinet.Varigheten og intensiteten er viktigst. Den biologiske virkningen vil være avhengig av tidspunktet for senkningen, og hvor fort dette gjøres. Virkningen av tilslamming er flersidig; dels reduserer det produksjon av næringsdyr, dels vil fisk unngå grumset vann og gyteområder kan bli utsatt. Videre kan en senkning føre til at gyteområder for innsjøgytende fiskearter blir utsatt for direkte tørrlegging. Ved tilslamming kan fiskebestander bli kraftig redusert. Virkningene av tilslamming vil være avhengig av graden av nedtapping og hvor raskt magasinet fylles. Rask fylling under påfølgende vårflom vil trolig gi mindre tilslamming enn tilsvarende nedtapping og sen fylling.

Når det gjelder kompenserende tiltak, er disse knyttet til rekruttering/beskatning. Virkninger som skyldes endret næringstilbud i de frie vannmasser eller strandsone, som følge av redusert siktedyp, kan det vanskelig gjøres noe med. Imidlertid vil det være viktig å tilpasse beskatningen til de endrede forhold en ytterligere senkning representerer, og videre at gamle utsettingspålegg endres i forhold til magasinets produksjonskapasitet.

Innsjøgytende sik og røye med eggutvikling om vinteren kan bli skadelidende ved tørrlegging av gyteområdene. For ørret forgår gytingen vanligvis på rennende vann. En senkning vil derfor ikke påvirke ørretens reproduksjon direkte, bortsett ved en eventuell tørrlegging eller vanskeligjøring av opppgangsmulighetene fra nedsenket magasin. Dette anses som lite aktuelt da oppgangen skjer sommer/høst da magasinene vanligvis ikke er nedtappet. Der ørret gyter i innsjøer vil virkningene bli de samme som for røye og sik.

Effekten på rekruttering er helt avhengig av på hvilket dyp i magasinet gytingen forgår. For røye og sik er gytedyp vanskelig forutsigbart i og med at dette varierer sterkt mellom ulike bestander. Flere bestander kan finnes i samme innsjø eller magasin.

Ørreten står i en særstilling i og med at gytingen foregår i elver eller bekker, men enkelte bestander kan gyte i innsjøer der strømforholdene gjør dette mulig. I magasiner der de naturlige gytemulighetene er vanskeliggjort som følge av reguleringen, kan innsjøgyting hos ørret stå for den vesentlige delen av naturlig rekruttering. En ytterligere senkning i slike magasiner kan gi sterke effekter.

De planlagte senkninger er knyttet til ekstreme tørrår, og kan betraktes av relativt sett kort karakter. For et flertall av de aktuelle magasiner er det foretatt tidligere fiskeribiologiske undersøkelser som gir en god beskrivelse av forholdene, men for enkelte magasiner er undersøkelsene relativt tynne.

5.3.1 Limingen

Produksjonen for fisk i Limingen er dårlig. En ytterligere senkning på 2 m vil trolig berøre røyas gytemuligheter og forverre disse. Faren for erosjon og utrasinger må vurderes meget nøye i og med at dette vil berøre både gyteområder og produksjonsgrunnlaget. Det foreligger måleserier for røya i Limingen over en årrekke som kan vis om det er rekrutteringssvikt eller næringsmangel som er dominerende faktor. Ved en eventuell senkning under LRV må disse målingene følges opp, fordi en "før-etter" vurdering i Limingen vil kunne gi generell informasjon om effekter av senkning.

5.3.2 Tunnsjøen

Det er sannsynlig at dagens regulering av Tunnsjøen har ført til en reduksjon i rekrutteringen til enkelte røyestammer i innsjøen, men at det totalt sett er brukbar rekruttering av røye, selv om produksjonsgrunnlaget er dårlig. Virkningene av en ytterligere senkning på 2 m er, i likhet med Limingen, avhengig av om den begrensende faktor er knyttet til rekrutteringen eller næringsgrunnlaget. En ytterligere senkning vil trolig redusere rekrutteringen hos røye.

5.3.3 Røldalsvatn

Det er sterkt påkrevet med undersøkelser av fisk og næringsdyr i vannet før det blir vedtatt å kunne senke magasinet under LRV. Tilleggsenkingen er betydelig i forhold til eksisterende reguleringshøyde. Bunnen består i hovedsak av sand, som ved en ny senking kan medføre en sterk partikkelforurensning. Videre har innsjøen opplagt en fortsatt rimelig produksjon av ørret, idet pelagiske fiskearter ikke finnes.

5.3.4 Strandevatn

Selv om reguleringshøyden i utgangspunktet er høy, vil Strandevatn uten planktoniske næringskonkurrenter fortsatt kunne produsere ørret av rimelig god kvalitet forutsatt riktig forhold mellom rekruttering (inkl. utsetting) og beskatning. Tilleggsenkningen på 2 m er liten når det gjelder virkningen på næringsdyr, sett i relasjon til den eksisterende på 28 m. Fiskeribiologiske undersøkelser bør gjennomføres fordi egenrekrutteringen kan endres vesentlig.

5.3.5 Totak

Produksjonspotensialet for røye er betydelig og vil fortsatt være det etter eventuell tilleggsenkning i ekstreme tørrår.Utover problemer forbundet med fornuftig drift av fiskebestandene, vil en tilleggsenkning på 12 m sannsynligvis berøre gytearealer for røye, og områder for næringsopptak for ørretbestanden. Fiskebestandene er dårlig undersøkt og bør undersøkes med hensyn på bestandstruktur, gytearealer og ernæring. Informasjon om næringsdyr i strandsonen er meget mangelfull, slik at det ikke er mulig å foreta en vurdering av effekten på denne.

5.3.6 Savalen

Magasiner er godt dekket med fiskeribiologiske undersøkelser, og de endringer som er dokumentert spesielt med hensyn på ernæring var forutsigbare. En tilleggsenkning på 8,4 m vil trolig berøre gyteområdene for røye i vesentlig grad og redusere næringsdyrproduksjonen for ørret. Selv om det i dag er en uaktuell problemstilling må muligheten for tilførsel av nye fiskearter gjennom fylling av vann fra Glomma påpekes. Spesielt gjelder dette abbor som i regulerte innsjøer med en bestand av røve, ørekyte og ørret, vil kunne øve meget sterkt konkurransepress ovenfor ørret.

5.3.7 Rødungen

Etter at sik og røye ble ført over gjennom tunnelen fra Ustevatn, er bestandsammensetningen vesentlig forandret. Ørret blir bare sporadisk påvist, og fiskebestanden er fullstendig dominert av småvokst røye. dette henger opplagt sammen med dårlig rekruttering hos ørret og kraftig næringskonkurranse fra røye. En ytterligere senkning vil trolig ikke endre forholdet mellom røye og ørret, idet naturlig rekruttering hos

ørret antas opphørt. Endret rekruttering hos røye vil kunne kompenseres ved innvandring fra Ustevatn, men er vanskelig å forutsi. Dersom utrasninger ikke skjer, vil en senkning på 3,9 m utover eksisterende reguleringshøyde trolig gi en mindre reduksjon i totalproduksjonen av fisk gjennom redusert næring.

5.3.8 Ustevatn

Forholdene i Ustevatn må karakteriseres som typiske for reguleringsmagasiner med stor reguleringshøyde. Næringsdyrproduksjonen er liten. Med sterk næringskonkurranse mellom fiskearter, blir fiskeproduksjonen lav og bestandene små. En ytterligere senkning på 2,5 m i ekstreme tørrår vil relativt sett bety lite sett i forhold til de eksisterende dårlige forhold. Forutsetningen for denne vurderingen er at omfanget av erosjon og utrasinger ikke øker nevneverdig utover dagens forhold.

5.3.9 Vinstern

Vinstern betraktes som rimelig godt undersøkt med hensyn på å angi effekter av tilleggssenkning. En økt senkning kan medføre store negative virkninger. Til tross for en 4 m regulering er det viktige næringsdyr i reguleringssonen, noe som er spesielt viktig for ørret i innsjøer der det også er sik. Ved ytterligere redusert næringstilbud fra strandsonen vil ørret i nærvær av sik ikke kunne kompensere for dette.

5. 4 Konsesjonsbehandling

Omtale av enkeltprosjektene er gitt i lys av tidligere behandling av reguleringssaken i NVE/OED. Konsesjonsseksjonen ved Vassdragsavdelingen i NVE har utarbeidet gjennomgangen.

5.4.1 Bygdin

Konsesjonen er fra 1948 og magasinet grenser opp til Jotunheimen nasjonalpark. I "alle" år har reguleringen av Bygdin vært kjent som en meget hårdhendt regulering sett i forhold til magasinets beliggenhet. NVE arbeidet i slutten av 1970-årene med forskjellige muligheter for å bedre fyllingen av magasinet for med det å mildne skadevirkningene ved det skjemmende utseende av de tørrlagte strendene. I forbindelse med reguleringsforeningens forhåndsmelding om videre regulering i Heimdalen ba NVE foreningen om å ta opp planer om forskjellige tiltak bl.a. å overføre vann fra Sjoa (Gjende). Saken er imidlertid ikke kommet videre idet reguleringsforeningen ikke har vist noe initiativ i Heimdalsaken.

En ytterligere regulering av Bygdin må antas å være meget kontroversiell.

5.4.2 Gjevilvann

Dette magasinet ble konsedert i 1968 som en del av reguleringer og overføringer for Driva kraftverk. Det er foretatt en balansert avveining mellom en raskest mulig oppfylling av magasinet av landskapsmessige hensyn og hensynet til tilstrekkelig vannføring for laksefiskeinteressene. I denne forbindelse er utarbeidet et uvanlig detaljert manøvreringsreglement med bl.a. krav til vannstanden pr. 1.og 15.juni og 1.og 15. juli og senere. Disse krav er kombinert med krav til vannføringen av hensyn til laksefisket. Reguleringen av Gjevilvann møtte stor motstand fra naturvernhold og det ble bl.a. ført en lengre diskusjon med Kommunaldepartementet som fremmet forslag om å redusere reguleringshøyden med 3,5 m. En kan oppfatte det restriktive manøvreringsreglementet som et kompromiss i reguleringssaken. Betydelig utrasing har også skjedd under uttappingen.

5.4.3 Limingen

Reguleringen er delvis svensk og inngår i et omfattende reguleringssystem med reguleringer og overføringer av Namsvatna og Vekteren. Disse reguleringer var av de store reguleringssaker i etterkrigstiden. Planen for regulering av Limingen ble redusert under sakens gang med 2,0 m og det ble stilt krav om rask oppfylling av Limingen ved tvungen overføring og lagring av vann pr.15.juli hvert år.

Ved ytterligere senking blir svenske interesser berørt i noen grad ved redusert trykkhøyde på kraftverket i Ångermannselv.

5.4.4 Lomivann

Konsesjonen ble gitt i 1976. Magasinet er et typisk tørrårsmagasin med en magasinprosent på 195. Konsesjonssaken var ukomplisert.

5.4.6 Lyngsvatn

Konsesjonene er fra 1948 og 1962. Disse sakene var temmelig enkle. Lyse kraftverk har en total magasinprosent på ca.60. Lyngsvann har en partiell magasinprosent på ca.342. På grunn av overføringer kan den faktiske magasinprosent ligge på ca.70. Dette er også å regne som et flerårsmagasin.

5.4.7 Mjøsa

Konsesjonene for regulering av Mjøsa er gitt i 1906,1947 og i 1961. Reguleringssakene gikk relativt greit gjennom i sin tid. Manøvreringsreglementet er detaljert og særlig gjelder dette for flomsituasjoner. Problemet med ytterligere senking ligger vesentlig i de mange interesser som blir berørt d.v.s. i erstatningsspørsmålet. Dette vil omfatte både rede penger og tiltak (forlengelse av vannledninger o.l.). Konsesjonene utløper forøvrig i 1997 for de private deltagerne i reguleringene.

5.4.8 Møsvatn

Møsvatnets samlede magasin er 1064 mill.m^3 tilsvarende 67% av midlere årlig avløp fra nedbørfeltet. Det er bare de øverste 4,0 m av en total reguleringshøyde på 18,5m som er konsedert etter reguleringsloven, jfr kgl.res. av 16.04.1948. Det er derfor bare 27% av magasinet som gir årlige avgifter til kommuner og staten. Det er således på det rene at kommuner og staten går glipp av store inntekter og det må regnes med at berørte kommuner vil være svært avvisende til enhver ytterligere regulering som ikke vil gi inntekter (avgifter) av betydning.

Det er fastsatt visse restriksjoner på tappingen i manøvreringsreglementet. Magasinets nærhet til Hardangervidda nasjonalpark vanskeliggjør også etablering av ytterligere regulering her.

5.4.9 Rødungen -Ustevatn

Dette er i første rekke en magasinkombinasjon for kraftverkene Uste-Nes i Hallingdalselva. Den er et resultat av naturvernhensyn som særlig gjaldt miljøet (hyttebyen) omkring Ustevatn. Konsesjonen ble gitt i 1962 - tilleggskonsesjonen for Rødungen i 1970 - og var en av de første virkelig store reguleringssaker der hensynet til naturpåvirkning i vesentlig grad var medbestemmende for planens utforming. Oslo lysverker begrenset senkingen av Ustevatn ved å trekke inn Rødungen som magasin og fordyret angivelig planen med 15 mill.kr. Det er sterke restriksjoner på reguleringen av Ustevatn. Det skal bl.a. være opphør av tappingen fra 1.mars av hensyn til skitrafikken over vannet etter denne tid. Fylling av Ustevann skal skje før overføring til Rødungen kan finne sted.

NVE og Departementet foreslo en redusert regulering av Ustevatn til 14 m i alt, men Stortinget innvilget søknaden fullt ut med 17,5m regulering. Samlet magasinprosent for Uste kraftverk er ca. 80. Ytterligere regulering av Ustevatn må i alle fall antas å være meget vanskelig.

5.4.10 Røldalsvatn

Magasinet er en del av kraftkomplekset i Røldal-Suldalvassdraget som ble utbygget for reising av aluminiumsverket på Karmøy. Det ble gjennomført hardhendte reguleringer og ikke minst gjelder dette Røldalsvann som ligger sentralt i bygda. Det ble av denne grunn innført betydelige restriksjoner i form av krav til tidlig fylling - etter planen 1.juli. En

nevner videre oppdemningen i Valldalen som må regnes som et av de store naturinngrep i kraftutbyggingssammenheng. Østre vassdrag er også sterkt regulert og utbygget.

Forsøk på å presse mere kraft ut av disse vassdrag kan ikke påregnes å bli enkelt og særlig ikke dersom det ikke samtidig kan påregnes betydelige motytelser til distriktet.

5.4.11 Savalen

Savalens nåværende regulering på 4,7 m tilsvarende 61 mill.m^3 har vært gjenstand for en lang behandlingsprosess fra søker og fra konsesjonsmyndighetenes side. Den er sluttresultatet av flere søknadsbehandlinger. Søknaden omfattet opprinnelig et magasin på 133 mill.m^3, men oppdemningen på 4,3 m ble avslått ut fra rene naturvernhensyn og manøvreringsreglementet har fyllingsrestriksjoner som gjelder fram til 15. september.

Senere ble det søkt om tillatelse til å senke Savalen ytterligere 8,4 m (ca 78 mill.m^3) i forbindelse med pumping av vann fra Glomma via Savalen pumpekraftverk. Forutsetningen for en slik senking var bygging av en terskel for å hindre senking av Savalbotn under kote 706,2 d.v.s. 1 m reguleringshøyde for denne delen av Savalen. Også andre betydelige erosjonsforebyggende tiltak ved utløpet av overføringstunnelen fra Einuna og i Belsvika ble stilt som betingelse for denne tilleggsreguleringen.

Etter gjentatte drøftelser i regjeringen ble denne søknaden avslått. Etter senere behandling av planendringssøknad om bortfall av overføringer av nabofelt (Gløta, Spasjøen) har Savalen fått den nevnte regulering på 4,7 m.

Etter dette må ytterligere senking ansees for å være meget kontroversielt naturvernmessig og dessuten må den regnes å bli dyr på grunn av omfattende erosjonssikringstiltak.

5.4.12 Selbusjøen

Selbusjøens senking etter tillatelsen av 1919 til kote 150 er for mange år tilbake blitt begrenset til kote 155-157. på grunn av risikoen for omfattende utrasinger i strandsonen. Konsesjonæren har ikke vist noen interesse for å forsøke å få opphevet denne restriksjonen. Det må antas at ytterligere senking krever så omfattende sikringstiltak at dette i realiteten vil forhindre senkingen.

5.4.13 Strandevatn

Konsesjonene er gitt i 1948 og 1956 for et magasin på i alt 554 mill.m^3 tilsvarende 166% av midlere årlig tilløp. Etter først å ha blitt avslått ble tilleggsreguleringen av 1956 ved 2.gangs behandling tillatt.

5.4.14 Totak

Reguleringstillatelsen av 1956 begrenset reguleringshøyden i Totak fra omsøkte 11,3 m til 7,3 m idet senkingen ble redusert fra 10,1 m til 7,3 m. Magasinet i Songa ble isteden øket med 4 m. Hoved begrunnelsen var hensynet til et "usedvanlig vakkert landskap" og fare for sandflukt. Fra grunneierhold ble det bl.a. sagt at "eg vil kaupa kamel". Det gjelder at Totakmagasinet i alle år skal være fylt til ca. alminnelig sommervannstand d.v.s. til ca. 1,3 m under HRV.

Reguleringen av Totak ble meget grundig vurdert under fastsettelsen av reguleringsbestemmelsene og var til dels et kjent tema i den offentlige debatt om vassdragsreguleringer på den tid.

5.4.15 Tunnsjøen

Reguleringstillatelsen er av 1942 - stadfestet i 1948 - og diskusjonen om reguleringens virkninger var meget knapp etter dokumentene å dømme.

5.4.16 Tyin

Reguleringstillatelsene er fra 1950 og 1958. Det ble anført mulig forringelse av turistnæringen grunnet skjemmet utseendet ved reguleringen. Turistnæringen er ytterligere utviklet i området siden 50-årene. Magasinet ligger like syd for Bygdin og en kan ikke se bort fra at en ytterligere regulering i Tyin vil avdekke en beslektet problematikk med den som hefter til Bygdinreguleringen.

5.4.17 Vinstern

Konsesjonene er fra 1948 og 1950. I 1948 ble søknaden vedr. Vinstern bare realitetsbehandlet for oppdemningen mens omsøkt 3 m senking ble ansett for ikke tilstrekkelig utredet. I 1950 framkom en redusert søknad omfattende 2 m senking. Samlet magasin ville utgjøre ca 70% av årlig tilsig nedenfor Bygdin.

Det var ikke uten betenkeligheter konsesjonen ble gitt selv for den reduserte senking. Virkningen på turisttrafikken og på et meget verdifullt fiske ble anført som negative sider. Nødvendigheten av å skaffe magasin for Vinstrautbyggingen ble avgjørende.

6. 0 SPESIELLE UNDERSØKELSER I TOTAK OG STRANDEVATN

Totak og Strandevatn ble valgt ut for mer inngående undersøkelser med hensyn på kapasitet ved tapping og fylling, erosjon og ras, fiskeribiologi og samfunnsmessig nytteverdi. Totak ble valgt på grunn av den store tilleggssenkningen i forhold til eksisterende regulering samt det teoretiske potensialet på hele 568 GWh dette innebærer. Strandevatn ble valgt fordi en senkning på 2 m under dagens LRV må karakteriseres som meget liten sett i relasjon til dagens reguleringshøyde på hele 28 m. Målet med undersøkelsene kan oppsummeres i følgende punkter:

1. Hvor mye under LRV er det mulig å senke magasinene sett i sammenheng med de begrensninger som foreligger.

2. Hva er den samfunnsmessige nytteverdien av senkning under LRV i tørrår.

3. Hvilke muligheter for generalisering foreligger.

6. 1 Totak

6.1.1 Tilsig og hydraulikk

For å oppnå den foreslåtte nedtappingen av Totak under LRV vil det være nødvendig med en nedtappining av Våmarvatn. Hele systemet fra Totak til Vinje kraftverk innbefatter flere potensielle flaskehalser. Disse er innløpet til tunnelen fra Våmarvatn til Vinje kraftverk, dernest selve Våmarvatn og så tunnelen fra Totak til Våmarvatn. Det er benyttet to vannføringen i analysen. De representerer yttergrensene for drift av kraftverket slik det er tenkelig i forbindelse med en nedtapping av Totak under LRV. Driftskapasiteten ved Vinje på 165 m3/s er den øvre grense. Den nedre praktiske grense for drift av kraftverket på 100 m3/s er fremkommet i forståelse med Statkraft (NHL, STF60 F90016).

Nedtappingen av Totak er kontrollert av kapasiteten på overføringen gjennom Våmarvatn. Den alternative nedtappingen gjennom Kolås gir en dårligere utnyttelse og er derfor ikke undersøkt. Hvis det tappes hele tiden med den maksimale vannføring som til enhver tid er mulig, vil forløpet bli som vist i tabell 5.

Dag nr.	Vannstand (mo.h.)	Vannføring (m3/s)	Magasinvolum (mill. m3)
0	687,3	165	631
24	677,5	165	292
35	673,2	100	160
60	669,0	25	39

Tabell 5. Forløpet av en nedtapping av Totak under forutsetning av at det hele tide tappes med den maksimalt mulige vannføring.

Med en vanlig driftsvannføring ved Vinje kraftverk på 165 m3/s kan Totak tappes ned til 677,5 mo.h. Nedre grense for en driftsvannføring på 100 m3/s er 673,2 mo.h., mens 669 mo.h. er nedre grense for 25 m3/s (Tab. 5, 6). Dette betyr at den laveste tappevannstand som kan oppnås i Totak er 669 mo.h. Mer sannsynlig er det å anta at den lønnsomme nedre grense er ved en driftsvannføring på 100 m3/s som gir en laveste reguleringsgrense på 673,2 mo.h. For Totak er det altså ikke aktuelt med en senkning ned til 668 mo.h. som teoretisk sett er mulig. Mest realistisk i denne sammenheng er en LTV på 673,2 mo.h., noe som representerer en tilleggssenkning i forhold til dagens LRV på 6,8 m. Dette vil medføre tilnærmet en dobling av dagens reguleringshøyde fra 7,3 m til 14,1 m, men likevel betraktelig mindre enn det som teoretisk sett er mulig, 19.3 m.

STED	VANNFØRING VINJE KRAFTVERK		
	165 m^3/s	100 m^3/s	25 m^3/s
Vannstand i Våmarvatn	670,5	669,8	668,7
Minimum for utløpskanalen	673,2	671,2	(668,1)
Nedre ende av tunnelen	674,1	671,9	(668,3)
Øvre ende av tunnelen	677,5	673,2	669
Vannstand i Totak (antatt)	677,5	673,2	669

Tabell 6. Laveste vannstand Totak - Våmarvatn

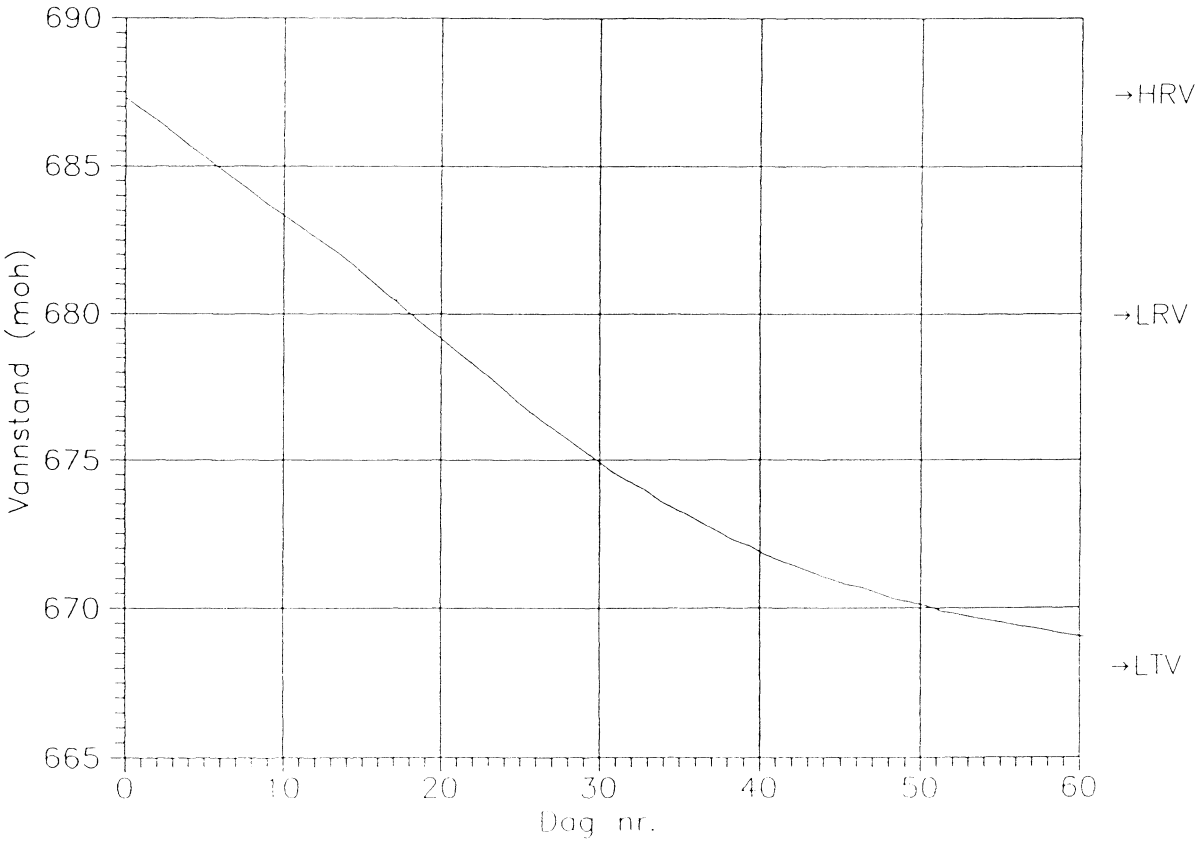
Innløpet til driftstunnelen mot Vinje kraftverk bestemmer den laveste vannstand i Våmarvatnet (Tab. 6). Tersklene som har vært påpekt ute i selve Våmarvatn, vil ikke ha noen betydning. Tunnelen fra Totak til Våmarvatn bestemmer falltapet mellom de to magasinene.

I den mer detaljerte undersøkelsen (NHL rapp. STF 60 F90016) går det frem at de lokale magasinene generelt vil ta mer enn ett år før de fylles opp igjen etter en nedtapping. Under de omstendigheter som antas å foreligge i forbindelse med en nedtapping av Totak til LTV, må også de andre magasinene være maksimalt utnyttet. Magasinene oppstrøms Kjela - Songa vil derfor være nedtappet til sine respektive LRV. En optimalisering ut fra rent økonomiske hensyn ville sannsynligvis tilsi at disse magasinene i oppfyllingsperioden til en viss grad burde tilgodeses med gjenoppfylling. En prioritering av Totak har en markert effekt på oppfyllingen av oppstrøms magasiner. I beste fall vil oppfyllingen av disse magasiner forsinkes kraftig, mens de i verste fall ikke vil fylles i løpet av kalenderåret. Alternativet med å gi første prioritet til oppstrøms magasiner ville gjøre det ytterst vanskelig å gjenoppta normal drift av Vinje kraftverk i løpet av ett enkelt år.

Totak mottar det vesentligste av sitt tilsig fra kraftverkene Kjela og Songa. Tilsiget fra nedbørfeltene til kraftverkene ved Kjela og Songa går med til oppfylling av Totak så vel som oppstrøms magasiner. Selv om overføringen er antatt å være begrenset oppad til driftsvannføringene i de to kraftverk, viste den første undersøkelsen (NHL rapp. STF A 89028) en gunstig oppfylling av Totak. Det konkluderes med at denne oppfyllings-strategien totalt sett er å anbefale (NHL, STF60 F90016).

Kapasiteten på tunnelsystemet fra Kjela-feltet er på omtrent 44 m3/s. Etter en endring i vannføringen fra Kjela kraftverk vil vannføringen nedover i resten av systemet innstille seg på en likevektsverdi i løpet av få dager. I den opprinnelige analysen ble det brukt en kapasitet på 50 m3/s på denne overføringen. Dette har vært et godt anslag som har gitt rimelig gode svar i denne sammenheng. En korreksjon nedad på denne kapasiteten vil bare ha mindre effekt på simuleringen uten å føre til en kvalitativ forskjell på konklusjonene som ble presentert i den generelle undersøkelsen (STF60 A89028).

Nedtappingen av Totak via Vinje kraftverk må forgå i to faser i henhold til kapasiteten. Den første fasen er mens vannstanden i Totak er høyere enn 677,5 mo.h. Da kan det tappes med maksimal driftsvannføring, 165 m3/s. Når vannstanden i Totak går fra 677,5 til 673,2 mo.h., vil vannføringen gradvis måtte reduseres ned mot 100 m3/s som er den laveste vannføringen. Beregninger av nedtappingshastigheten fra dag 0 når tappingen begynner med et volum som tilsvarer HRV (Fig. 2), viser at vannstanden i Totak vil synke med et gjennomsnitt på 0,4 meter pr. døgn.

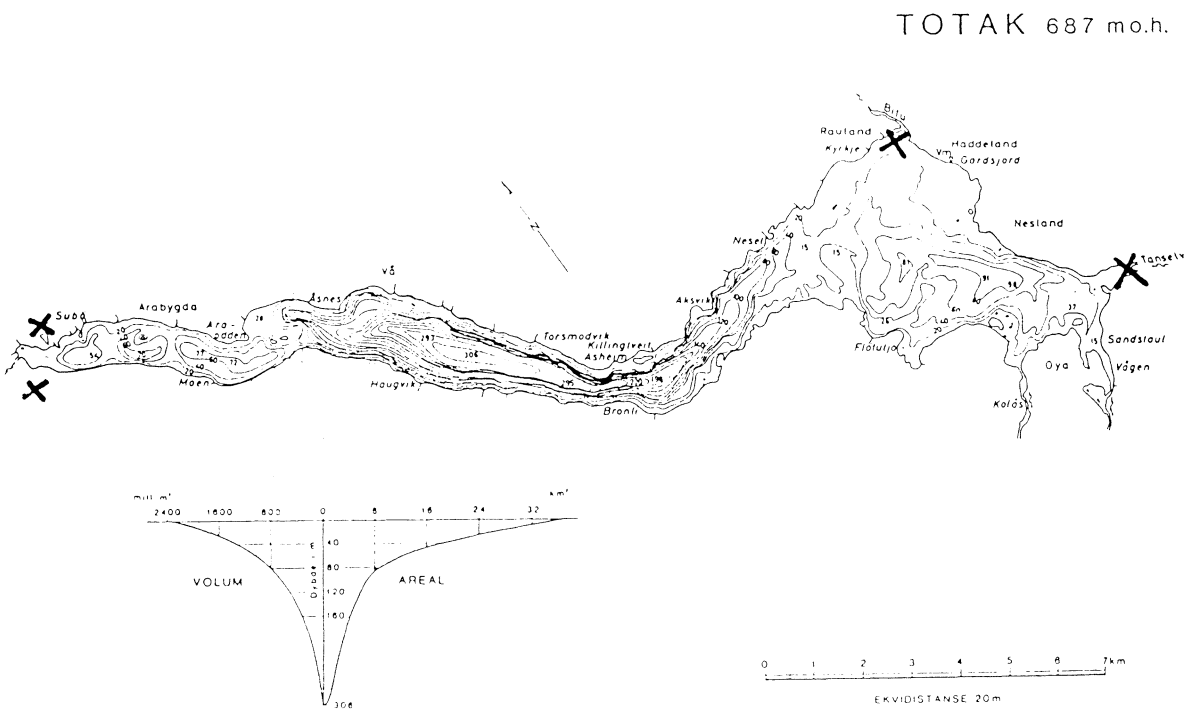


Figur 2. Nedtapping av Totak. Overføring gjennom Våmarvatn.

6.1.2 Erosjon og ras

Ut i fra den generelle undersøkelsen (STF60 F88158) pekte følgende steder seg ut som utsatte for erosjon og ras ved en senkning til LTV (Fig. 3):

1. Utløpet av Bitu
2. Utløpet av Songa kraftverk
3. Tansosen
4. Utløpet av overføringstunnelen fra Venemo.



Figur 3. Områder spesielt utsatt for erosjon og ras ved en senkning av Totak under dagens LRV (STF60 F90015).

En senkning av Totak 12 meter under dagens LRV vil utvilsomt føre til kraftig erosjon i Bitus delta. Utenfor utløpet av Bitu består deltaet av sand. Elva vil skjære seg ned i løsmassene og transportere store mengder sand og grus ut på dypt vann. Basert på tidligere erfaringer kan det her være snakk om flere hundretusen m^3. Det er imidlertid mulig å hindre en slik utvikling ved å steinsette en kanal fra utløpet av elva over deltaet og ned til et nivå under LTV. En slik kanalisering er kostnadberegnet til et sted mellom 0.5 og 1.0 mill. kr. Deltaskråningen utenfor Bitu er bratt, ca. 1:4. Langs hele denne bratte skråningen må det antas å kunne gå ras. Slike ras vil også kunne skade den prosjekterte kanalen.

En annen løsning som bør vurderes er å lede Bitu gjennom en tunnel og ut i Totak når magasinet er nedtappet under LRV. Dette er en kostbar løsning sammenliknet med en kanal, men sikrere.

Ved en senkning på 6 meter til kote 674 mo.h., vil faren for ras i deltaskråningen bli betraktelig redusert samtidig som en kanalløsning vil bli sikrere. Det er prosjektert en kanal som kan bygges når vannstanden er på LRV. Kanaliseringsarbeidene trenger da ikke foregå under vann, noe som vil medføre en bedre bygd kanal til forhåpentligvis lavere kostnader.

Ved utløpet av Songa kraftverk finnes det en del løsmasser som vil eroderes når Totak senkes til LTV. Konsekvensene av denne erosjonen vil ikke bli så store at tiltak synes nødvendige. Det må likevel regnes med at bunnen utenfor kraftstasjonen senkes med ca. 3 meter. Vannstanden like utenfor utløpet fra kraftverket vil da bli stående 5 meter under LRV. Dette vil medføre erosjon og ras fra sideskråningene. Det er ingen grunn til å frykte skader på trafo anlegget. Neset øst for utløpet, der det gikk små ras i 1988, vil bli mest utsatt. Det synes heller ikke som om veien kan bli truet. Konsekvensene skulle derfor ikke bli så store ved en senkning til LTV at tiltak for å hindre senkning av bunnen utenfor kraftstasjonsutløpet er aktuelt.

Tanså har sitt utløp i en bukt som synes å være adskilt fra hovedbassenget ved en terskel. En nærmere oppmåling av terskelen må gjøres for å fastslå om den er sammenhengende over hele bredden av bukta. Hvis den er det og samtidig består av fast fjell eller grove masser, så vil ikke vannstanden i Tansosen påvirkes av en senkning av hovedbassenget under LRV. Selv om det skulle vise seg at terskelen ikke er sammenhengende over bukta så synes det ikke å være noen alvorlige konsekvenser av senkningen som krever tiltak.

Der overføringstunnelen fra Venemo har sitt utløp i Totak, består bunnen av sand og grusavsetninger. En senkning av Totak til LTV vil fremkalle kraftig erosjon av bunnmassene. Imidlertid vil ikke erosjonen føre til slike konsekvenser at kompenserende tiltak må settes inn.

Ved en nedtapping til LTV vil det også kunne gå primærras eller grunnvannsras i avsetninger bestående av silt-finsand. De er gjerne en direkte følge av at vannstanden senkes og den økte belastning dette gir massene gjerne i form av redusert mottrykk og økt grunnvannsgradient. Vanligvis er den første nedtapping kritisk, men ras kan også inntreffe senere. Det finnes ingen gode sikringstiltak som kan hindre slike ras i finsand og silt. Det eneste er å redusere vannstanden i magasinet svært langsomt. Basert på grunnundersøkelser og poretrykksmålinger (Geoteam rapp. 32148.01, 1989) er det beregnet at Totak kan senkes med gjennomsnittlige 7 cm pr. døgn under LRV uten at poretrykksgradienten endres. Under avsmeltningen om våren øker poretrykksgradienten drastisk. dett er derfor den kritiske periode for ras generert av poretrykksgradienter, noe det altså er lite å gjøre med.

Dersom det forutsettes at magasinet ved en relativt sett langsom tapping når LRV 15. januar og avsmeltningen i nedbørfeltet fører til en øking i grunnvannshøyden 1. mai, innebærer dette en tappeperiode på ca. 105 døgn. For å motvirke faren for grunnvannskred bør den gjennomsnittlige synkehastighet under LRV ikke skal overstige 7 cm pr. døgn.

Under disse betingelser, som kan virke realistiske i en tørrårssituasjon, så kan ikke Totak senkes lavere enn til kote 672,5 mo.h. eller totalt 6,35 under dagens LRV.

Undersøkelsene viser at både finsand og silt er pålagret under LRV. Finpartiklene vil eroderes og bringes derved i suspensjon, spesielt ved første gangs senkning under LRV. Hvor store konsentrasjoner av finstoff det vil bli eller i hvilken grad siktedypet blir redusert kan ikke beregnes på en forsvarlig måte. Hvor mye siktedypet reduseres lokalt og generelt i magasinet avhenger hovedsakelig av mektighet og partikkelsammensetning av de masser som eroderes og raser ut. I tillegg vil bølger og strøm skape et turbulensnivå som igjen vil medvirke til å redusere partiklenes fallhastighet. I denne sammenheng vil data fra første gangs senkning av Totak i 1958, eller en sammenlikning med Devdisjavri som har sammenliknbare løsmasser, kunne være en løsning.

6.1.3 Fiskeribiologi

Totak har i dag en reguleringshøyde som gjør at flere viktige næringsdyr for ørret i strandsonen er bort eller redusert i antall. De dominerende bunndyr (fåbørstemark og fjærmygglarver) har liten betydning som fiskeføde. Bunndyrartene i Totak er kjent fra magasiner med stor reguleringshøyde. Viktige næringsdyr som marflo og snegl er ikke påvist. Næringsgrunnlaget i de frie vannmasser er dominert av vannlopper.

Forekommende fiskearter er røye, ørret og trepigget stingsild. Totak har en tett bestand av småfallen røye som baserer sitt næringsopptak på zooplankton. Veksten er relativt sett dårlig (20-25 cm) og gytingen forgår i midten av november på 20-40 meters dyp. Enkelte fiskespisende individer av røye finnes. Ørretbestanden oppholder seg i grunnere områder nær land, og baserer seg på en diett av bunndyr, noe zooplankton og stingsild. Veksten er dårlig, noe som henger sammen med næringskonkurranse fra røye, og at reguleringssonen er på 7,3 meter. Rekruttering skjer ved utsettingspålegg (4.200 tosomrige settefisk, Tunhovdstammen) og naturlig rekruttering.

Virkningen av en senkning under LRV på fisk og næringsdyr er knyttet til tørrlegging av potensielle gyteområder, tørrlegging av bunnområder for produksjon av næringsdyr og redusert siktedyp i vannmassene som følge av utrasninger.

Røye gyter i selve magasinet om høsten og klekker påfølgende vår. Ved gyting på høy vannstand med påfølgende senkning vil tørrlegging av gyteområder kunne inntreffe. Imidlertid indikerer undersøkelsene at gytingen foregår på større dyp enn 20 meter. Røyebestanden antas å tåle en redusert rekruttering enkelte år. Dette vil også kunne betraktes som positivt, idet røyebestanden i Totak er overtallig i forhold til næringsgrunnlaget. Spesielt i forbindelse med senkning vil næringsgrunnlaget bli vesentlig svekket dersom siktedypet reduseres, og det vil da virke mindre negativt på røyebestanden om rekrutteringen i slike år reduseres.

Rekruttering hos ørret skjer ved utsetting og trolig ved naturlig rekruttering i enkelte av innløpsbekkene. Rekruttering hos ørret antas å bli lite berørt, idet senkningen vil skje gjennom vinteren og starte etter at ørret har vandret opp i gytebekkene og gytt. Dersom vannstanden i Totak er lav i august-september, vil oppvandringsforholdene kunne endres.

Dette kan kompenseres ved økte utsettinger. Imidlertid vil redusert næringstilbud i tiden etter tilsi mindre effekt på kvaliteten av ørret, dersom bestandtettheten i perioden reduseres.

Den største effekten på fiskebestandene vil være knyttet til utrasinger og eventuelt redusert siktedyp i magasinet. Spesielt omfanget av de suspenderte masser har de største biologiske konsekvenser. En stor del av fiskeproduksjonen i Totak er basert på produksjon av zooplankton. Flere undersøkelser har vist at de samme artene som også er viktige i Totak er svært følsomme for høyt innhold av mineralpartikler. Dette skyldes at mange arter zooplankton er lite selektive når det gjelder opptak av næringspartikler, og at konsum av mineralpartikler gjør dyrene så tunge at de synker. Senkningen av Mårvatn og Ustedalsfjorden og Ringedalsmagasinet har vist at tilslamming har en klar negativ effekt på næringstilgangen og derved også for bestanden av røye og ørret. Graden av påvirkning er imidlertid direkte knyttet til omfang av tilslamming.

Ved en tørrårssenkning av Totak på 12 meter under LRV kan følgende hovedkonklusjoner trekkes:

1. Rekruttering hos røye og ørret antas lite berørt. For ørret kan rekruttering tilpasses næringsforholdene ved å redusere eventuelt stanse utsettingene i den perioden siktedypet er redusert.

2. Produksjonen av næringsdyr i strandsonen under LRV vil bli sterkt påvirket i negativ retning på grunn av tørrlegging. Avhengig av livssyklus vil det ta 1-3 år etter nedtapping før produksjonsforholdene er gjenetablert.

3. Produksjonen av næringsdyr i de frie vannmasser vil bli redusert idet følsomme arter utgjør viktigste føde for røye. Omfanget vil være direkte avhengig av intensitet og varigheten av redusert siktedyp. Forholdene vil raskt være tilbake når siktedypet er gjenetablert.

4. Tap av næringsproduksjon vil reflekteres i fiskebestanden. Pkt. 2 vil primært gi redusert produksjonsforhold for ørret, mens pkt. 3 vil gi redusert kondisjon for røye. Fiskebestandene vil trolig være påvirket 1-3 år etter at oppfylling og siktedyp er gjenetablert.

6. 2 Strandevatn

6.2.1 Tilsig og hydraulikk

Nedtappingen av Strandevatn foregår gjennom driftstunnelen til Hol kraftverk. Det har ikke vært funnet noen flaskehalser eller andre begrensninger på dette systemet.Det er både regnet på et erfaringstall på 26 mill. m3/år for overføring fra Stolsvatn via Urunda til Strandevatn og at hele tilsiget fra Stolsvatn lokalfelt kan overføres til Strandevatn.

Når vannstanden i Stolsvatn er 1086 m o.h. er vannspeilet felles med Mjåvatn. Når vannstanden derimot er lavere enn 1086 m o.h. vil bare tilsiget fra Stolsvatn lokalfelt være tilgjengelig for overføring til Strandevatn. I en ekstrem situasjon der Strandevatn tappes under LRV, er det rimelig å forutsette både at Stolsvatn er nedtappet og at alt tilsiget prioriteres fremfor overføring til Strandevatn.

Vannet fra Stolsvatn går inn på driftstunnelen fra Strandevatn til Hol kraftverk gjennom et bekkeinntak ved Urunda. Vannspeilet i bekkeinntaket ligger høyere enn HRV i Strandevatn. Overføringen skjer derimot i motsatt retning av det som er normalt når Hol kraftverk kjøres fra Strandevatn.

Tunnelen fra Urunda er ikke begrensende på overføringen fra Stolsvatn. Tilsiget fra lokalfeltet til Stolsvatn overstiger ikke kapasiteten på tunnelen i de 30 årene som er simulert. Det er derimot mulig at selve kanalen fra Stolsvatn til Urunda ikke har tilstrekkelig kapasitet uten en fremtidig utbedring. Beregningen er gjort under forutsetning av at det ikke samtidig er drift av kraftverket. hele tilsiget kan dermed overføres til Strandevatn.

Beregningene viser at lokaltilsiget til Strandevatn ikke er stort nok til å fylle magasinet i løpet av året. Magasinet er da også et flerårsmagasin. Ved overføring av vann fra Stolsvatn vil mulighetene for fylling av Strandevatn økes betraktelig. Resultatet er at det i enkelte år vil oppnås fylling av Strandevatn helt til HRV.

6.2.2 Erosjon og ras

Det er ingen indikasjoner på at en senkning av Strandevatn 2 meter under dagens LRV vil føre til alvorlig erosjon eller utløse ras av betydning.

6.2.3 Fiskeribiologi

Eneste fiskeart i Strandevatn er ørret. Bunnprøvene fra magasinet er bare fra bløtbunn og viser dominans av fjærmygg, fåbørstemark og muslinger, som ikke er viktig føde for ørret. Vårfluer, planktonkreps og skjoldkreps er imidlertid påvist i mageinnholdet. Planktonkreps betyr mest på høsten og er tilgjengelig for ørret grunnet mangel på konkurranse fra sik og røye.

Utover mulighetene for mer effektivt fiske og noe tilslamming forventes ingen påvirkning av fiskebestanden av betydning ved en senkning 2 meter under LRV, sett i relasjon til dagens reguleringshøyde på 28 meter. Økt utvandring og mer effektivt fiske kan kompenseres ved økt utsetting.

7. 0 SAMFUNNSMESSIG NYTTEVERDI

Totak og Strandevatn har til sammen ca 400 GWh tilgjengelig under LRV. Vurderingene er samfunnsøkonomiske, slik at det kun er sett på endringer i totalsystemet uten hensyn til eierforhold til de ulike kraftstasjonene i vassdragene. Vannet under LRV representerer ikke noe økt energitilskudd sett over hele simuleringsperioden, men må anses som vann som benyttes "på forskudd" og som må etterfylles. Oppfyllingen i påfølgende periode innebærer en tilsvarende reduksjon i produksjonen i denne perioden og dermed reduserte inntekter. Nytten av å kunne tappe magasinene ned under LRV i ekstreme situasjoner ligger derfor i differansen mellom kraftens verdi under rasjoneringen og den verdien kraften kunne vært solgt til i påfølgende oppfyllingsperiode. Det norske vannkraftsystemet har magasinkapasitet på ca 66% av midlere årstilsig. I perioder med rasjonering er samtlige magasiner tappet langt ned slik at vannverdien i systemet vil vær høy i en lengre periode etter rasjoneringen. Oppfylling av magasiner med reguleringsgrad som Totak og Strandevatn vil derfor kun i unntakstilfeller kunne gjøres med billig flomvann eller spillkraft.

Under normal drift av årsmagasinet vil man sikte mot tomt magasin mot slutten av vintersesongen. Det vil si at i år med rasjonering vil rasjoneringen starte før man har tappet magasinene helt ned. Dette er begrunnet ut i fra at en liten rasjonering over lengre tid medfører mindre kostnader enn en stor rasjonering ved vinterens slutt. Den økte produksjonen på grunn av nedtapping under LRV kan derfor ikke bli større pr uke enn differansen mellom maksimal produksjonsevne og den produksjonen man ville hatt ved normal nedtapping til LRV.

Verdsetting av vannet under LRV er gjort på to måter:

Alt.1: Vannet er verdsatt etter gjennomsnittlige kraftverdi under hele rasjoneringsperioden.

Alt.2: Vannet verdsatt etter midlere kraftverdi for det antall uker som er nødvendig for å få tappet vannet ut. Det er valgt de ukene da rasjoneringskostnaden er høyest. Maksimal ekstra tapping er differansen mellom maksimal tappekapasitet og det som ville vært tappet uten at vannet under LRV var tilgjengelig (normal nedtapping).

Et vesentlig problem ved vurdering av økonomien er å bestemme i hvilken periode magasinet skal etterfylles til "normaltilstand". Oppfyllingen av de to magasinene er noe forskjellig da Strandevatn er et flerårsmagasin, mens Totak vil bli forsøkt utnyttet hvert år. Etter nedtapping av Strandevatn vil det normalt ikke tappes vann påfølgende sommer slik at økt uttak under LRV må etterfylles (tilbakekjøpes) i form av redusert tapping i påfølgende vintersesong. I Totak vil det være aktuelt med noe produksjon om sommeren også etter vanlig nedtapping til LRV. Som en forenkling har vi valgt å beregne verdien av vannet som må etterfylles lik midlere kraftverdi i påfølgende vintersesong (uke 41-18).

Verdien av nedtappingen er beregnet som brutto nytte. Eventuelle utgifter i form av bygningsmessige arbeider etc. som er nødvendige for å nytte vannet er ikke kjent og således ikke tatt med i beregningene.

7. 1 Simuleringer

Beregningene er basert på simuleringer med modellen JARSIM. Modellen benytter et datasett for hele Norge ved stadium ca år 2000. Simuleringene er gjort med tilsigsserien 1930-1960. I den aktuelle perioden er det kun vinteren 1941-42 som har rasjonering av betydning. Dette året er nummer to av to påfølgende tørrår. Vurderingen bygger derfor på kraftverdivariasjonene slik modellen reagerer på disse tilssigsårene. Verdien av magasinvolumet under LRV vil være avhengig av hvor hardt systemet er presset. Vi har valgt å foreta simuleringer med ulik fastkraftbelastning slik at korttidsgrensekostnad varierer mellom 19,5 og 29,3 øre/kWh.

Rasjoneringskostnaden er representert som en stigende kostnad fra 60 øre/kWh fra første kWh til 80 øre/kWh ved 10 % rasjonering og videre til 400 øre/kWh ved 25% rasjonering. Beregningene er referert til pengeverdi 01.01.88.

Modellens tappestrategi er ikke i stand til å håndtere variable magasingrenser som er styrt av økonomiske kriterier. Det har derfor under simuleringen ikke vært mulig å ta hensyn til muligheten til å tappe magasiner ned under LRV i perioder med rasjonering. Simuleringen er gjort for å bestemme kraftverdien i de aktuelle periodene og den tappingen som finner sted ved normal drift ned til LRV. Verdien av volumet under LRV er deretter beregnet manuelt ut i fra kraftverdiene basert på ulike forutsetninger som angitt ovenfor.

Som et regneeksempel er det sett på fastkraftbidraget fra Strandevatn dersom vannet under LRV var tilgjengelig i alle år. Dette er mulig for Strandevatn fordi magasinet disponeres som flerårsmagasin og dermed bare tappes helt ned i tørrårssituasjoner. Simuleringsresultatet viser at vannet under LRV kun nyttes i rasjoneringsperioder. Tilsvarende metode er ikke mulig å benytte for Totak fordi reguleringsgraden her er slik at modellen vil forsøke å nytte vannet under LRV hvert år.

7. 2 Totak

7.2.1 Grunnlagsdata

Laveste mulige tappevannstand er angitt til 668 m o.h., men laveste realistiske tappevannstand er beregnet til 673,2 m o.h. (hydrauliske forhold ved drift av Vinje kraftverk og faren for erosjon ras). Dette betyr at det er tilgjengelig 213 mill.m^3 vann under LRV. Med en samlet energiekvivalent på 1,606 kWh/m^3 ned til havet tilsvarer dette 342 GWh. Tappingen av magasinet vil være bestemt av slukevnen i nedenforliggende stasjoner. Første stasjon, Vinje, har slukevne på 165 m^3/s, mens neste stasjon, Tokke 1, har slukevne på kun 128 m^3/s. Med Tokkes høye energiekvivalent (0,933 kWh/m^3) vil denne stasjonen være bestemmende for hvor raskt det er lønnsomt å tappe vannet. I beregningene er 128 m^3/s brukt som største tappekapasitet. For nederste del av volumet reduseres tappekapasiteten til 100 m^3/s på grunn av tappebegrensninger i overføringstunellen mellom Totak og Våmarvatn. Nedtappingen av volumet under LRV kan gjøres på 25 dager, når man tar hensyn til den tapping som foregår ved normal tapping ned til LRV. Ekstra produksjon er lik maksimal tappekapasitet minus normal tapping.

NHL's simuleringer viser at oppfyllingen av magasinet i år etter tomkjøring er avhengig av prioritering av oppstrøms magasiner (STF60 A89028, STF60 F90016). Dersom disse også skal fylles er sannsynligheten for at magasinet vil nå HRV i løpet av første sommer under 50%. Vassdragets relativt gode regulering og totalsystemets hardt nedtappede magasiner i perioden etter rasjonering medfører at det er små muligheter for oppfylling av magasinet med flomvann.

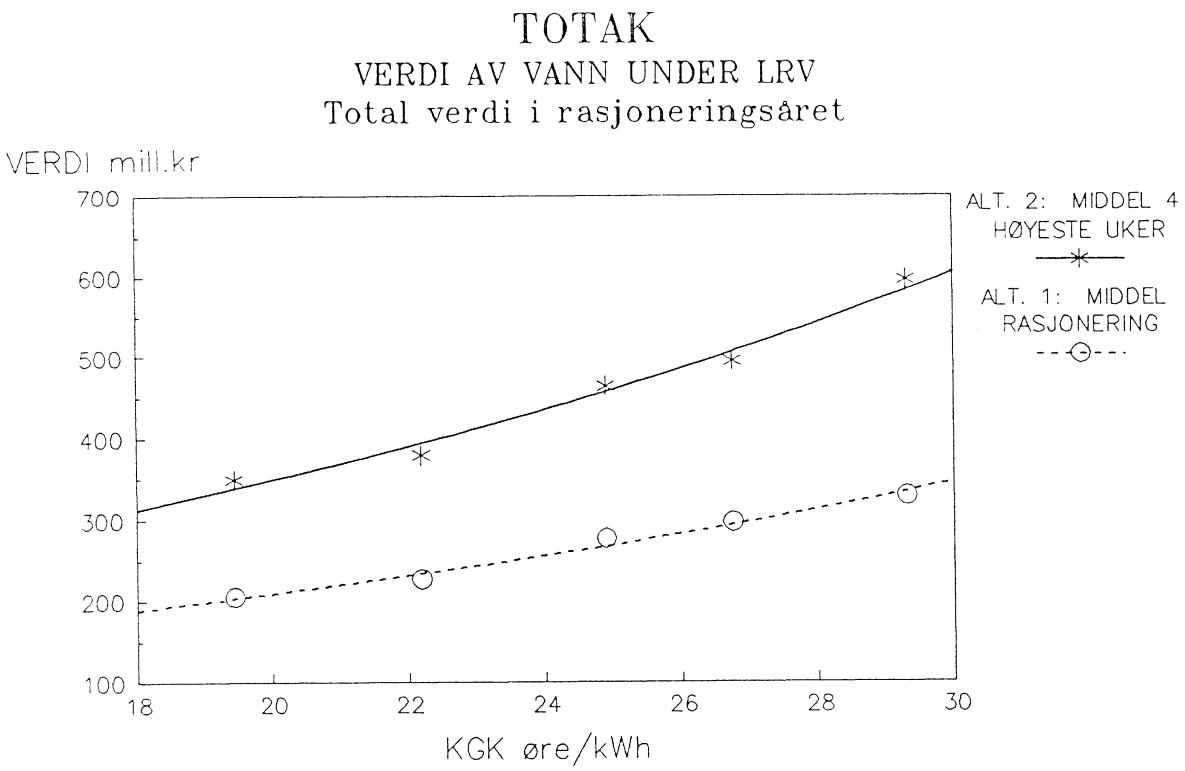
Beregningene for Totak bygger på følgende grunnlagsdata:

Tilsig lokalt felt	407 mill.m^3/år
Tilsig Kjela + Songa	1488 mill.m^3/år
Totalt tilsig	1895 mill.m^3/år
Magasinvolum Kjela + Songa	1278 mill.m^3
Magasinvolum Totak over LRV	258 mill.m^3
Volum under LRV, Totak	213 mill.m^3
Total energiekvivalent	1,606 kWh/m^3
Energi under LRV	342 GWh

Tabell 7. Grunnlagsdata Totak, LTV 673,2 m o.h.

7.2.2 Økonomi

Det er gjort fem simuleringer med korttidsgrensekostnad varierende fra 19,5 til 29,3 øre/kWh. Vannet er verdsatt etter to ulike forutsetninger. I alternativ 1 er vannet gitt verdi lik midlere kraftverdi under rasjoneringen, mens det i alternativ 2 er verdsatt etter midlere kraftverdi under de 4 ukene med høyest kraftverdi, som er raskeste mulige måte å tappe vannet (Tab. 8, 9). Selv om det vil være noe tapping om sommeren har vi som en forenkling valgt å beregne verdien på det vannet som brukes til oppfylling etter midlere kraftverdi i påfølgende tappesesong. Verdien er beregnet for det aktuelle året rasjoneringen inntrer og pr år for simuleringsperioden. I den aktuelle perioden inntrer rasjoneringen en gang på 30 år. Resultatet er vist grafisk i figur 4.



Figur 4. Verdi som funksjon av pressing av systemet. Kraften verdsatt etter snitt under rasjonering og etter snitt av de fire ukene med høyest verdi. Oppfylling verdsatt til snitt påfølgende tappesesong.

Korttids grensekostnad	Verdi totalt		Verdi pr kWh magasin	
	i rasjoneringsåret	forventningsverdi	i rasjoneringsåret	forventningsverdi
øre/kWh	mill.kr	mill.kr/år	øre/kWh	øre/kWh/år
19,5	205	6,8	60,1	2,0
22,2	227	7,6	66,4	2,2
24,9	277	9,2	81,1	2,7
26,8	297	9,9	87,0	2,9
29,3	329	11,0	96,4	3,2

TABELL 8. Totak alternativ 1. Verdien av vann under LRV verdsatt etter midlere kraftverdi i hele rasjoneringsperioden.

Korttids grensekostnad	Verdi totalt		Verdi pr kWh magasin	
	i rasjoneringsåret	forventningsverdi	i rasjoneringsåret	forventningsverdi
øre/kWh	mill.kr	mill.kr/år	øre/kWh	øre/kWh/år
19,5	349	11,6	102,3	3,4
22,2	379	12,6	111,0	3,7
24,9	464	15,5	135,9	4,5
26,8	494	16,5	144,8	4,8
29,3	596	19,9	174,8	5,8

TABELL 9. Totak alternativ 2. Verdien av vann under lRV verdsatt etter midlere kraftverdi for de fire ukene med høyest rasjoneringskostnad (raskest mulige nedtapping).

7. 3 Strandevatn

7.3.1 Grunnlagsdata

Det ligger ingen kraftstasjoner eller magasiner ovenfor Strandevatn, men vannet kan nyttes i en rekke stasjoner nedover i Drammensvassdraget. Total energiekvivalent ned til havet er 2,104 kWh/m^3. Det vil si at det er tilgjengelig 58,9 GWh under LRV. Mulighetene til å kjøre vannet ut vil være bestemt av slukevnen i nedenforliggende stasjoner. Minste slukevne er i første stasjon, Hol I (Urunda), på 31,2 m^3/s. Dette tilsvarer 39,7 GWh/uke totalt i alle nedenforliggende stasjoner. Selv om man tar hensyn til den tappingen som ville skje ved normal nedtapping til LRV vil tilgjengelig reserve under LRV kunne kjøres ut i løpet av to uker.

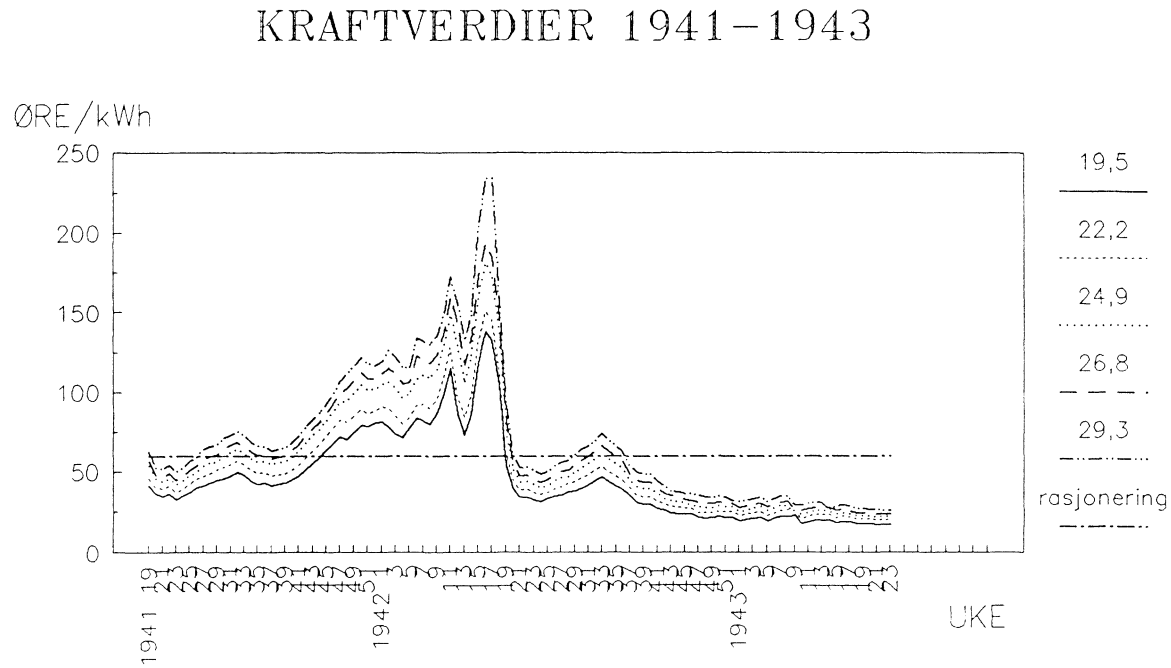
NHL's simuleringer av tilsigsserien 1921-1950 (STF60 A89028, STF60 F90016) viser at magasinet ikke noen år kan fylles 100% etter å ha vært tomkjørt uten at man prioriterer oppfyllingen fra nabofelt. Volumet under LRV vil således ikke kunne oppfylles med flomvann. Beregningene for Strandevatn bygger på følgende grunnlagsdata (Tab. 10):

Tilsig	398 mill.m^3/år
Magasinvolum over LRV	554 mill.m^3
Volum under LRV	28 mill.m^3
Total energiekvivalent	2,104 kWh/m^3
Energi under LRV	58,9 GWh

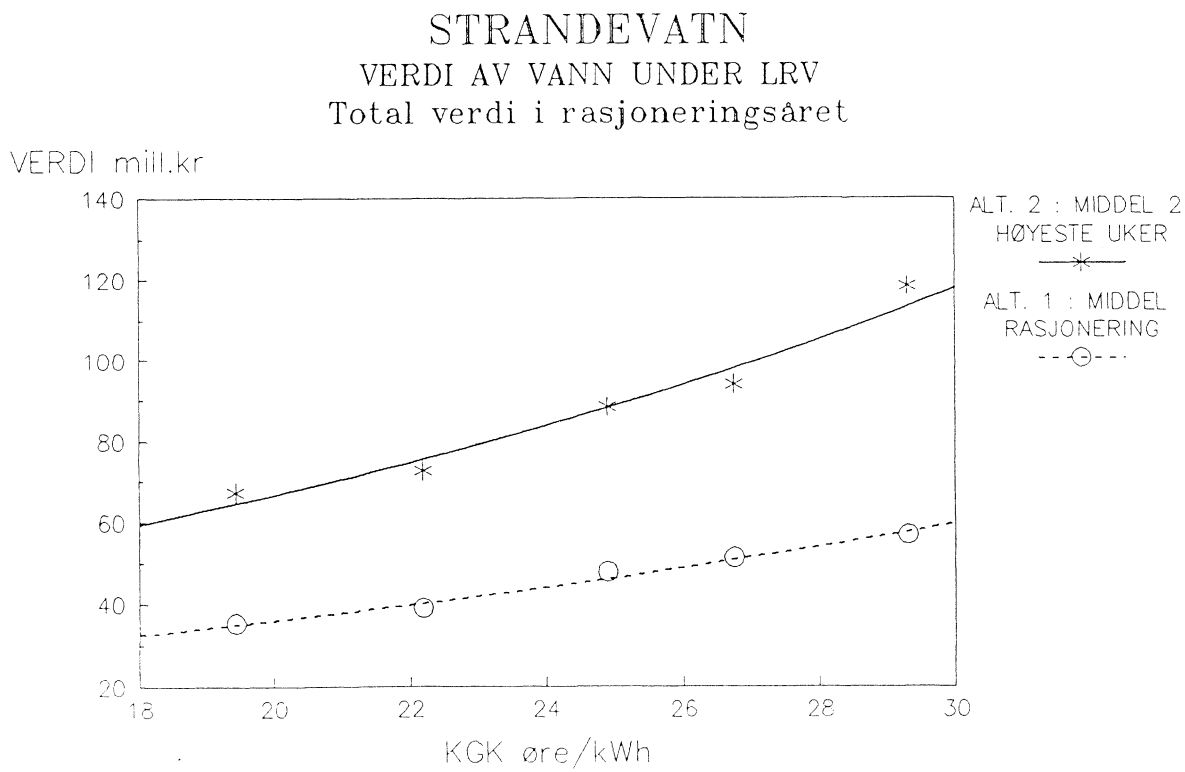
Tabell 10. Grunnlagsdata Strandevatn

7.3.2 Økonomi

Systemet er under simuleringene presset til fem ulike fastkraftbelastninger med korttidsgrensekostnad varierende fra 19,5 til 29,3 øre/kWh. Kraftverdiens utvikling i den aktuelle perioden er vist i fig 5.



Figur 5. Kraftverdier ved pressing av kraftsystemet til ulik korttidsgrensekostnad (KGK).



Figur 6. Verdi som funksjon av pressing av systemet. Kraften verdsatt etter snitt av de to ukene med høyest verdi. Oppfylling verdsatt til snitt påfølgende tappesesong.

Korttids grensekostnad	Verdi totalt		Verdi pr kWh magasin	
	i rasjoneringsåret	forventningsverdi	i rasjoneringsåret	forventningsverdi
øre/kWh	mill.kr	mill.kr/år	øre/kWh	øre/kWh/år
19,5	35,4	1,2	60,1	2,0
22,2	39,1	1,3	66,4	2,2
24,9	47,8	1,6	81,1	2,7
26,8	51,2	1,7	87,0	2,9
29,3	56,8	1,9	96,4	3,2

TABELL 11. Strandevatn alternativ 1. Verdien av vannet under LRV verdsatt etter midlere kraftverdi i hele rasjoneringsperioden.

Korttids grensekostnad	Verdi totalt		Verdi pr kWh magasin	
	i rasjoneringsåret	forventningsverdi	i rasjoneringsåret	forventningsverdi
øre/kWh	mill.kr	mill.kr/år	øre/kWh	øre/kWh/år
19,5	67,4	2,2	114,4	3,8
22,2	72,7	2,4	123,4	4,1
24,9	88,4	2,9	150,1	5,0
26,8	93,9	3,1	159,5	5,3
29,3	118,4	3,9	201,0	6,7

Tabell 12. Strandevatn alternativ 2. Verdien av vannet under LRV verdsatt etter midlere kraftverdi for de to ukene med høyest rasjoneringskostnad (raskest mulige nedtapping).

Tabell 11 og 12 viser resultatet av beregningen. Vannet under LRV er verdsatt etter to ulike forutsetninger. I alternativ 1 er vannet verdsatt etter midlere kraftverdi under simuleringsperioden (uke 41-19), mens det i alternativ 2 er verdsatt etter midlere verdi i de to ukene rasjoneringskostnaden er høyest (uke 16-17). I begge tilfelle er kostnadene til å etterfylle vannet satt lik midlere kraftverdi i etterfølgende tappesesong (uke 41-18).

Verdien er beregnet for det aktuelle året rasjoneringen inntrer og pr år for simuleringsperioden. I den aktuelle perioden, 1930-1960 inntrer rasjoneringen i et av 30 år. Resultatet er vist grafisk i figur 6.

7. 4 Valg av verdsettingsalternativ

Ved normal drift av magasinet i tørrårssituasjon vil man sikte mot tomt magasin ved slutten av tappesesongen. Ekstra volum i magasinet under LRV vil med en slik disponering medføre at man sikter mot et lavere sluttmagasin (LTV). Det ekstra vannet tas ut i form av noe større produksjon under hele rasjoneringsperioden. Dette tilsvarer tilnærmet verdsetting etter alternativ 1, der vannet verdsettes etter midlere kraftverdi under rasjoneringsperioden. Alternativ 2, verdsetting etter de ukene med høyest rasjoneringskostnad, forutsetter at man er forutseende, slik at man på forhånd må vite når rasjonering-kostnaden er høyest og dermed spare vannet til disse ukene. Dette alternativet representerer en øvre grense for verdien av vannet.

Vi anbefaler at alternativ 1 legges til grunn for verdisettingen. Ved pressing av systemet til langtidsgrensekostnad (26,3 øre/kWh) gir dette en verdi på ca 85 øre/kWh ekstra magasin i rasjoneringsåret. I den aktuelle simulerings-perioden, med rasjonering i et av tretti år, tilsvarer dette en verdi på ca 2,8 øre/kWh magasin pr år.

7. 5 Fastkraftbidrag Strandevatn/Totak.

Alternativt til beregningene over er det som et regneeksempel sett på fastkraftbidraget fra Strandevatn dersom vannet under LRV var tilgjengelig i alle år. På grunn av at magasinet disponeres som flerårsmagasin viser resultatet av simuleringen at vannet under LRV kun nyttes i rasjoneringsperioder.

Det gjøres oppmerksom på at usikkerheten i beregningene er forholdsvis stor og at beregningen derfor kun er gjort for å gi en pekepinn på vannet under LRV sin betydning for pressingen av totalsystemet. *Vissheten om at vannet er tilgjengelig gjør at man kan utnytte systemet noe hardere enn ellers.*

Simulering utført med volumet under LRV tilgjengelig hvert år gir økt fastkraftbidrag på ca 6 GWh som tilsvarer ca 10% av energiinnholdet i vannet under LRV. Beregningene er gjort ved korttidsgrensekostnad lik 26,3 øre/kWh som tilsvarer langtidsgrensekostnad (LGK) for vannkraft, pengeverdi 01.01.88. Ved å verdsette fastkraften lik LGK gir dette en årlig inntekt på 1,6 mill.kr. eller 2,7 øre pr kWh magasinvolum. Dette gir god overensstemmelse med resultatet for alternativ 1 ovenfor ved pressing til KGK lik 26,3 øre/kWh.

Fordi Totak er dårligere regulert og magasinvolumet under simuleringen derfor vil bli brukt hvert år, har det ikke vært mulig å utføre tilsvarende beregninger for Totak. Dersom man antar at beregningene for Strandevatn gir riktig størrelsesorden, vil vannet under LRV i Totak bety et fastkraftbidrag på ca 30 GWh.

8. 0 KONSESJONSBEHANDLING

8. 1 Tidligere praksis - midlertidige reguleringer

I årene fra 1955 til 1961 ble det tillatt en rekke midlertidige reguleringer basert på en egen lov om slike reguleringer (Jfr. vedlegg 3). Denne ble vedtatt for hvert av de aktuelle år - siste gang for året 1960-61. Anmodningen om en slik lov kom da fra forskjellige kraftselskaper. Lovbehandlingen var rask. Siste gang kom anmodningen i september/oktober 1960 og loven ble vedtatt etter få ukers behandlingstid og gjort gjeldende til 01.07.1961.

Begrunnelsen for loven i disse år var en kritisk situasjon for kraftverkene p.g.a. meget dårlig tilsig. Den eneste måten å øke kraftproduksjonen i landet på var å gjennomføre enkle senkningsarbeider der dette måtte være mulig bl.a.i Aura, Begna-og Arendalsvassdraget og i Vinstra. Det ble den gang drøftet av konsesjonsmyndighetene om det var hensiktsmessig å vedta en permanent lov av denne art. Resultatet ble at en fant det riktig å vedta en særlov for de enkelte vannfattige år. I denne forbindelse ble uttalt følgende av daværende hovedstyre for NVE med senere tilslutning fra Industridepartementet:

> *"Den kraftmangel det her er tale om, er kronisk, og må avhjelpes ved tiltak som er i samsvar med gjeldene varige lover. En midlertidig lov etter det tidligere skjema opphever en del av den beskyttelse den permanente reguleringsloven gir til rettighetshaverne (jfr §1, siste avsnitt, §2, første avsnitt samt §3). Et slikt inngrep kan etter Hovedstyrets mening bare berettiges av helt ekstraordinære forhold."*

Loven av 14.12.1917 (reguleringsloven) ble satt ut av kraft bl.a. med hensyn til konsesjonstid, ordinære reguleringsavgifter, kraftavgivelse, erstatning og skjønnsbehandling av dette spørsmål. Av særbestemmelser som ble vedtatt nevnes avgift til stat og kommuner. Denne kunne bli satt til bestemt beløp fastsatt på grunnlag av en kraftøkning beregnet etter den vannføring som ville bli oppnådd ved å fordele magasinet på en lavvannsperiode på 150 dager. Krav til søknaden og dens behandling etter §6 kunne fravikes og forøvrig ble erstatningsfastsettelsen forenklet ved at denne ble overlatt til en nemnd på 5 medlemmer uten adgang til overskjønn. Staten måtte innestå for at erstatning ble betalt.

Det framgår av ovenstående at konsesjonsmyndighetene stilte seg avvisende til en permanent ordning med ekstraordinære regler for tørrårsmagasiner. Dette standpunkt ble tatt selv med betydelig risiko for kriseår p.g.a. liten eller ingen mulighet for import av kraft og for utjevning av kraftunderskudd innenlands grunnet svakt samkjøringsnett.

Dagens forhold er så forskjellig fra den gang at begrunnelsen for etablering av ekstraordinære tørrårsmagasiner nå er av ren økonomisk art. At det i en overskuelig framtid kan bli aktuelt med rasjonering av kraft kan vanskelig tenkes og bør etter NVEs syn ikke lanseres som begrunnelse for ekstraordinær konsesjonsbehandling for bruk av de magasiner det gjelder her.

8. 2 Tørrårsmagasiner - dagens konsesjonsbehandling etter vassdragsreguleringsloven av 14.12.1917.

I LRV-prosjektet tenkes det på magasiner som skal være tilgjengelige i særlig vanskelige år for kraftproduksjonen - sannsynligvis da i ekstremt tørre år. Det antydes en bruksfrekvens på 2 - 3 ganger i løpet av en normal konsesjonstid på 60 år. En må derfor gå ut fra at dette blir klausulerte tørrårsmagasiner og ikke nødvendigvis samme type tørrårsmagasiner som følger av høy magasingrad. Disse blir imidlertid også bare brukt med års mellomrom varierende med magasingraden. Det er derfor av interesse å se hvorledes reguleringsloven har vært brukt når konsesjon har vært gitt for slike magasiner. Magasineringsgraden for LRV-prosjektene vil etter en eventuell utvidelse ligge mellom 50 og 80% med unntak fra ned til ca 15 og opp til ca 220%.

En mangler en noenlunde presis definisjon på hva som kan regnes å være tørrårsmagasin. Vi antar grovt sagt at det fra magasiner på 45-50% av midlere årlig tilløp blir overført vann fra år til år nokså jevnlig. Typiske tørrårsmagasiner har en ved en magasinprosent på over 100. Eksempler på slike er Blåsjø (300%), Vatnedalsmagasinet, Storglomvann, Svartevann i Sira-Kvina og mange flere. I Norge ligger magasinprosenten som et middel på 65-70. Vi har således en rekke tørrårsmagasiner - også en del ekstreme - som er behandlet etter gjeldene reguleringslov. Denne lovs bestemmelser om søknadsforberedelsen (§5) og distriktsbehandling (§6) har vært fulgt. Ingen del av magasinet har f.eks. vært skilt ut med sikte på at konsesjonsmyndighetene skulle gi særlige (lettere) konsesjonsvilkår fordi denne del av magasinet ville bli lite brukt. En har imidlertid innført særregler for beregning av grunnlaget for reguleringsavgiftene (nat.hk.). Dette har vært sett i forhold til fastkraftøkningen beregnet for det samkjørende system. Konsesjonskraft svares imidlertid ikke av denne del av avgiftsgrunnlaget. Det ligger i reguleringskurvens form at tilleggsreguleringer av magasiner ved høy magasinprosent gir små kraftøkninger.

Reguleringslovens §1 definerer vassdragsreguleringer som "anlæg eller foranstaltninger til regulering av et vasdrags vandføring..." Denne definisjon sier altså intet om <u>tiden</u> for bruken av anlegget. Det kan imidlertid slås fast at det er en forutsetning om <u>årlig</u> regulering som har vært lagt til grunn for praktisering av loven. En viser til §3 om beregning av økning av vannkraften. Dette beregningsgrunnlag ligger også til grunn for beregning av årlige avgifter til berørte kommuner og til staten og for kraftavgivelse til samme, jfr lovens §11 og §12 pkt.15. En viser også til §16 hvor det bestemmes at erstatningene fortrinnsvis skal være årlige.

Ved tidligere behandling av tørrårsmagasiner har konsesjonsmyndighetene vært henvist til å finne adekvate årlige størrelser ved fastsettelse av visse konsesjonsvilkår. Det nevnte avgiftsgrunnlaget er her sentralt. Det har tidligere vært nedlagt betydelig arbeide i forsøk på å anvende unntaksregelen i § 11. Etter denne kan kraftøkningen i særlige tilfeller beregnes etter den vannføring en får ved å fordele magasinet jevnt på et antall dager som tilsvarer det lengste tidsrom som det år om annet kan påregnes brukt i. Grunnen til at en ikke fant bestemmelsen praktisk brukbar f.eks. ved tørrårsmagasiner var vanskeligheten ved å bestemme brukstidens lengde for slike magasiner. Det har aldri for noen form for overregulering vært antatt at en har kunnet dele ut overreguleringsdelen på lav vannsperioden i det år den faktisk har vært brukt.

Konklusjonen på ovenstående er at någjeldende reguleringslov i alle år har vært gjort ensartet gjeldende for alle typer reguleringer for kraftproduksjon. Dette gjelder også ekstreme overreguleringer for tørrårssikring.

8. 3 Sammenligning mellom LRV - prosjektets magasiner og konsederte reguleringer etter vassdragsreguleringsloven av 14.12.1917.

Etter reguleringsloven er det ikke gitt særbehandling ved konsesjonsbehandlingen selv om det er klart at magasinet som følge av magasingraden bare blir brukt sjelden. Det finnes eksempler på at spørsmålet har vært berørt overfor NVE uten at noen form for lettelser har vært gitt.

Dersom en tenker seg klausulbelagt for sjeldent bruk de magasiner LRV-prosjektet handler om, vil det gjelde magasiner som etter vanlige regler vil gi relativt betydelige årlige avgifter og plikt til kraftavgivelse, jfr. den gjennomgående magasingrad på 50-80%. Det er sannsynlig at det ikke vil være interesse for å ta i bruk denne type magasiner på slike vilkår. Når en også tar i betraktning at det var sterk motstand mot mange av disse reguleringer den gang de ble konsedert må det ventes betydelige vanskeligheter med en aksept på ytterligere regulering selv om dette skal skje sjelden.

Det kan vanskelig sies noe sikkert om skadeserstatningene vil bli av betydning. Det må antas at det må holdes skjønn på vanlig måte noe som i og for seg er kostbart. Her kan det imidlertid treffes avtaler hvis partene er enige om det. En søker vil antagelig undersøke en del om dette på forhånd, men usikkert vil utfallet være, jfr f.eks. 1 m ytterligere senking av Mjøsa.

Selv om anleggskostnadene allerede er betalt vil nevnte kostnader i form av årlige reguleringsavgifter, konsesjonskraftavgivelse, skjønn/erstatninger samt utgifter til konsesjonssøknad og dens behandling virke til at en mulig søker antagelig heller vil overveie å søke om en konsesjon uten begrensninger på bruken av magasinet. Det er vel også god grunn til å tro at dette har vært overveiet tidligere, men funnet urealistisk på grunn av motstand bl.a. fra naturvernhold.

LRV-prosjektets magasiner må - dersom de skal særbehandles konsesjonsmessig og sannsynligvis også erstatningsmessig - skilles helt klart fra typiske tørrårsmagasiner:

* Disse magasiner må klausuleres til bruk bare i helt spesielle situasjoner. I prosjektet er antydet en bruk av 2 til 3 ganger i løpet av en normal konsesjonsperiode på 60 år.

* For å skille de tydelig fra andre tørrårsmagasiner må det stilles opp klare kriterier for når magasinene kan tas i bruk.

Uten et slikt skille vil en få et to-sporet konsesjonssystem som vil skape uholdbare vanskeligheter ved behandling av framtidige konsesjonssøknader. Hvorledes et slikt skille skulle utformes måtte antagelig diskuteres med representanter for regulantene.

Det er ikke hjemmel i den någjeldende reguleringsloven for å sette særvilkår for sikringsmagasiner med sjelden bruksfrekvens til erstatning for vilkår som ville være obligatoriske ved en tilsvarende regulering for jevnlig brukte magasiner. Etablering av disse sikringsmagasiner forutsetter at det vedtas en egen lov om slike.

9. 0 JURIDISK VURDERING

Vurderingene faller i to kapitler; en rettslig gjennomgang av eksisterende lovgivning m.h.t. adgangen til å gi forenklet konsesjonsbehandling - og en juridisk vurdering av ulike muligheter til å justere/endre loven for bedre å imøtekomme de hensyn eller intensjoner som ligger innenfor LRV - prosjektet.

9. 1 Dagens lovverk

Når det gjelder konsesjonsplikt og krav i forbindelse med denne skilles det i vassdragsreguleringsloven ikke mellom vanlige magasiner og flerårs-/tørrårsmagasiner. I lovforarbeidene til lovens § 1 er riktignok vassdragsregulering definert som "en hel eller delvis udjevning av vasdragets aarsvandføring--" men dette kan ikke tas mer bokstavelig enn at også flerårsmagasiner omfattes.

V.reg.l. § 1 sier ikke noen eksplisitt om hvilken tidsbruk av anlegget som er relevant. Det er imidlertid forutsetningen om årlig regulering som har vært lagt til grunn for praktiseringen av loven.

Lovens bestemmelser om søknadsforberedelse (§ 5) og høringsrunde (§ 6) blir fulgt fullt ut også for flerårsmagasiner. Og man skiller ikke ut en del av magasinet med sikte på enklere konsesjonsvilkår fordi denne del av magasinet bare unntaksvis vil bli brukt.

9. 2 Konsesjonsavgifter

Etter lovens § 11 post 1 beregnes konsesjonsavgiftene etter den økning av vannkraften som er innvunnet ved reguleringen. Selve beregningsmåten fremgår av § 3 post 2 annet ledd, hvoretter økningen av vannkraften beregnes på grunnlag av økningen av vassdragets lavvannføring som reguleringen antas å gi "utover den vannføring som har kunnet påregnes år om annet i 350 dager av året".

Man har imidlertid innført særregler for beregning av grunnlaget for reguleringsavgiftene. Når man regulerer magasiner med mer enn 100 % av årsavrenningen gir ikke naturhestekrefter et riktig bilde av magasinets verdi. Slike flerårs/tørrårsmagasiner har stor betydning for det totale kraftforsyningssystemet, og bidrar til foredling av kraftproduksjon i verk med mindre reguleringsmuligheter. Denne betydningen kommer ikke til uttrykk i beregningene av kraftøkningen i det enkelte verk ved beregnet nat.hk. For å bøte på dette har konsesjonsmyndighetene i enkelte tilfelle gjort påslag på beregnet nat.hk. - for at de berørte kommuner skal få avgifter som står i rimelig forhold til magasinets reelle verdi. Slike påslag finner man bl.a. i Ulla-Førre- og Kobbelvutbyggingen.

9. 3 Tørrårsmagasiner

Det er tvilsomt om konsesjonsmyndighetene har den nødvendige formelle hjemmel til å gi slike påslag som går ut over lovens beregningsmåte. Men forholdet illustrerer likevel at det kan bli dyrt dersom man øker enkelte magasiners kapasitet ytterligere. Og i den grad man foretar lovendringer i forhold til et lovverk som ble vedtatt da elektrisk samkjøring var et ukjent begrep indikerer de nevnte eksempler at man ville gå inn for skjerpede avgifter på grunn av stor realverdi - ikke nedjusterte avgifter på grunn av sjelden bruk.

Når det gjelder vassdragsreguleringslovens bestemmelser om avgifter o.l. synes det klart at det er den nyttevirkning reguleringen har for kraftverkene som skal legges til grunn ved beregningen, og altså ikke primært skadevirkning for andre. I lovens § 2 heter det således "Vil reguleringen øke vannkraften ..", i § 3 nr 2 bokstav d ".. medfører en økning av vannkraften .." og i § 11 ".. betales en årlig avgift til staten ... beregnet etter den øking av vannkraften som er innvunnet ved reguleringen."

Det synes klart at loven av 1917 er utformet med sikte på langt enklere reguleringer enn det system vi har i dag. Etter at man fikk elektrisk samkjøring mellom kraftverk i ulike vassdrag har magasinene fått en ny funksjon; å øke produksjonen innen hele samkjøringsområdet. Egentlig har vel den teoretiske beregningsmåte aldri vært helt i samsvar med den virkelige bruk av magasinene. Men samkjøringen har lagt grunnlag for en tappemåte som bringer driften av magasinene enda lenger vekk fra forutsetningene for lovens beregningsmetode.

I v.reg.l. § 11 nr 1, tredje ledd heter det:

"Når vassdraget tidligere er regulert, eller når særlige forhold ellers gjør det ønskelig, kan kraftøkningen i vassdraget eller i bestemte deler av dette beregnes etter den vannføring som fremkommer når det nye magasin fordeles jevnt på et antall dager som svarer til det lengste tidsrom hvori magasinet år om annet må påregnes brukt."

Det kan synes nærliggende å fortolke dette slik at spesielle tørrårsmagasiner skal ha en redusert avgiftsbelastning - og indirekte at slike tørrårsmagasiner kan være kurante som tilleggsreguleringer når dette anses ønskelig.

Det er et legitimt behov for tørrårsmagasiner. Og gode grunner kan tale for en forenklet konsesjonsbehandling for deler av magasin som bare kommer til anvendelse 2-3 ganger i løpet av konsesjonstiden. Men lovkonsipistene hadde ikke slike forhold i tankene ved utformingen av det ovennevnte lovsted, og praksis i enkelte tilfelle (se ovenfor) - om enn ulovhjemlet, synes å trekke i motsatt retning (økte avgifter).

Det er ikke hjemmel i eksisterende vassdragsreguleringslov til å sette (enklere) særvilkår for sikringsmagasiner med sjelden bruksfrekvens til erstatning for vilkår som ville være obligatoriske ved en tilsvarende regulering for jevnlig benyttede magasiner.

Pålegg/eventuelt søknad om ytterligere nedtapping under LRV ved ekstreme tørrårssituasjoner krever en ny, full konsesjonsbehandling. En slik fremgangsmåte er imidlertid ikke praktikabel når den aktuelle situasjonen oppstår, idet det blir alt for tidkrevende.

Ved ekstraordinære, uforutsette situasjoner kan den såkalte ulovfestede omgjøringsadgang i forvaltningsretten tenkes å komme til anvendelse.

9. 4 Juridiske muligheter for å realisere tørrårsmagasin

Det forutsettes at det også i fremtiden er behov for spesiell tørrårssikring (jfr. tidligere midlertidige lover). Endringer av regelverket for å imøtekomme de behov LRV-prosjektet skisserer kan skje på ulike måter:

* En generell lovendring
* En tilleggsregulering med spesielle vilkår for enkelte magasiner
* En "beredskapsproposisjon"

9. 5 Generell lovendring

Dersom spørsmålet om spesiell tørrårssikring tas opp i forbindelse med en generell lovbestemmelse i vassdragsreguleringsloven gir dette en ryddig rettslig situasjon. Det bør i tilfelle fremgå i en slik bestemmelse at den bare kan anvendes i ekstraordinære situasjoner, og at det i så fall skal være en sterkt forenklet saksprosedyre.

Ulempen ved en slik generell lovhjemmel er at den kan skape en god del politisk og muligens også juridiske kalamiteter. Hva angår det første har vi i dag et helt annet og bedre overføringssystem enn i 50-60 årene, da man gjentagne ganger hadde behov for ekstraordinære lover om midlertidige reguleringer. Det er for tiden overskudd på kraft og det kan stilles spørsmål ved hvorvidt OED vil se det som hensiktsmessig å fremme et generelt lovforslag om tørrårssikring i loven.

Med hensynet til det juridiske kan en slik generell hjemmel - selv om den bare er tenkt benyttet i helt spesielle tilfelle - bli henvist til og prosedert om i utide fra grunneier- og vernehold. Det er viktig at en eventuell lovhjemmel utformes slik at dette så vidt mulig unngås.

En generell ny lovhjemmel kan f.eks. tenkes gitt som et nytt punkt 22 under § 12 og bygget på følgende elementer:

* Ytterligere regulering av dette slag begrenses til tidligere konsederte magasiner.

* Bruken bindes til særlig tørre år og når kjøp av kraft vil falle urimelig dyrt (import av kraft til høy pris, tørrår over større deler av landet).

* Bruksfrekvensen av magasinet spesifiseres nærmere i søknaden.

* Søknaden utformes og behandles etter reguleringslovens §§ 5 og 6, men uten bruk av forhåndsmelding.

* De gjeldende konsesjonsvilkår - ev. for den konsesjon som er gitt sist - gjøres gjeldende for tilleggsreguleringen med unntak av kraftøkningen som grunnlag for reguleringsavgifter og konsesjonskraft. Her legges til grunn en brukstid av magasinet på f.eks. 150 døgn og det forutsettes at hele magasinet brukes.

* Konsesjonsmyndighetenes samtykke til at kriteriene er oppfylt for å ta i bruk magasinet innhentes i det enkelte år.

9. 6 Tilleggsregulering med spesielle vilkår for enkelte magasiner

En annen mulighet er å ta opp nærmere bestemmelser om tørrårssikring for enkelte egnede magasiner i de tilhørende konsesjoner. Dette kan synes dom en mer praktisk løsning, idet man unngår de mulige politiske skjær et generelt lovforslag kan strande på. Alle de aktuelle magasiner er for lengst konsesjonspålagt, og en ekstra adgang til tørrårssikring må i tilfelle tas opp som en tilleggsregulering med spesielle vilkår.

Men også dette alternativet forutsetter visse lovendringer, in casu at konsesjonsavgifter for slike magasiner skal utregnes på en annen - og lavere - måte enn ved vanlige årsmagasiner. Likeså bør plikt til kraftavgivelse være en annen.

LRV-prosjektets magasiner må - dersom de skal særbehandles konsesjonsmessig og sannsynligvis også erstatningsmessig - skilles helt klart fra typiske tørrårsmagasiner:

* Disse magasiner må klausuleres til bruk bare i helt spesielle situasjoner. I prosjektet er antydet en bruk av 2 til 3 ganger i løpet av normal konsesjonspierode på 60 år.

* For å skille de tydelig fra andre tørrårsmagasiner må det stilles opp klare kriterier for når magasinene kan tas i bruk.

I hvilken grad det bør være konsesjonær eller myndigheter som tar initiativ til en slik ekstra-regulering kan det anføres ulike argumenter om. Langt på vei vil svaret avhenge av hvor klare reglene er, om de ikke medfører unødig økonomisk og tidsmessig belastning i form av søknadsprosedyre, erstatningsutbetaling, avgifter m.m.

Umiddelbart kan det synes mest ryddig - og hensiktsmessig - at den enkelte regulant i tilfelle tilleggsregulering selv må stå som søker. På den annen side er det myndighetene som har den beste oversikten over det helhetlige behov - og som er nærmest til å foreta f.eks. en avveining mellom tørrårsmagasin og å bygge gasskraftverk, hensynet til co^2-kvoter el. annet. Dersom det er myndighetene som pålegger økt magasin er det mest hensiktsmessig at de også står som utbygger og tar alle utgiftene og fordelene ved tilleggsreguleringen.

9. 7 Proposisjon "i beredskap"

En tredje mulighet er å utarbeide (men ikke fremme) en proposisjon med en nokså kortfattet hjemmel som gir pålegg til å gå under LRV for visse nærmere angitte magasiner i ekstraordinære tilfeller. I en slik proposisjon bør man ha plukket ut aktuelle magasin, og legge opp til en svært forenklet saksgang. Dette er en løsning som et stykke på vei tilsvarer de ekstraordinære lovhjemler på dette felt rundt 1960-tallet.

Fordelen ved en slik fremgangsmåte er å unngå at disse spørsmål kommer opp på en måte som kan være uhensiktsmessig, eller m.a.o. at forslag fremmes bare når det er åpenbart at noen må gjøres.

Ulempene ved dette alternativet er bl.a. at det ikke gir noen forhåndsvurdering i forhold til alternative energikilder, at man i dag ikke har den samme akuttsituasjon som på 1950-60-tallet m.h.t. mangelfullt overføringssystem og at det tross i forenklet opplegg kan innebære visse flaskehalser pga. meget knapp tidsmargin.

Litteraturliste

Labaratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), 1989. Opprusting og utvidelse av eksisterende kraftverk. Energitilgang ved senkning under LRV i magasiner. Zoologisk museum, Universitetet i Oslo. Notat nr. 2 - 1989, 28s.

Labaratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), 1990. Effekter på bunndyr og fisk ved eventuell senking av Totak i Telemark. Zoologisk museum, Universitetet i Oslo. Rapport nr. 122, 1990, 38s.

Labaratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), 1990. Utvidet senkning av Strandavatn i ekstreme tørrår. En vurdering av effekten på fisk. Zoologisk museum, Universitetet i Oslo. Notat nr. 2 - 1990, 4s.

Norsk hydroteknisk laboratorium (NHL) - SINTEF gruppen, 1988. Hydrauliske problemer ved senkning av magasiner under LRV. Rapport nr. STF60 F88158, 16.12.1988, 25s.

Norsk hydroteknisk laboratorium (NHL) - SINTEF gruppen, 1989. Oppfylling av magasiner fra laveste tappevannstand. Hydrologisk analyse. Rapport nr. STF60 A89028, 03.06.1989, 16s.

Norsk hydroteknisk laboratorium, 1989. Senkning av Totak, Telemark. Geotekniske undersøkelser. Geoteam, 16.11.89, 11s.

Norsk hydroteknisk laboratorium (NHL) - SINTEF gruppen, 1990. Senkning av vannstanden i Totak og Strandevatn erosjon og ras. Rapport STF60 F90015, 06.07.1990, 16s.

Norsk hydroteknisk laboratorium (NHL) - SINTEF gruppen, 1990. Senkning av Totak og Strandevatn. Kapasitet ved tapping og fylling. Rapport nr. STF60 F90016, 10.02.1990, 36s.

Norges vassdrags- og energiverk, 1993. Totak og Strandevatn. Verdi av vann under LRV. ER-notat nr. 1/93, 9s.

Norges vassdrags- og energiverk, 1992. LRV-prosjektet - tørrårssikring. VK-notat nr. 8/92, 10s.

VEDLEGG 1

UTFØRTE OPPDRAGSRAPPORTER I FORBINDELSE MED LRV-PROSJEKTET

Labaratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), 1989. Opprusting og utvidelse av eksisterende kraftverk. Energitilgang ved senkning under LRV i magasiner. Zoologisk museum, Universitetet i Oslo. Notat nr. 2 - 1989, 28s.

Labaratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), 1990. Effekter på bunndyr og fisk ved eventuell senking av Totak i Telemark. Zoologisk museum, Universitetet i Oslo. Rapport nr. 122, 1990, 38s.

Labaratorium for ferskvannsøkologi og innlandsfiske (LFI), 1990. Utvidet senkning av Strandavatn i ekstreme tørrår. En vurdering av effekten på fisk. Zoologisk museum, Universitetet i Oslo. Notat nr. 2 - 1990, 4s.

Norsk hydroteknisk laboratorium (NHL) - SINTEF gruppen, 1988. Hydrauliske problemer ved senkning av magasiner under LRV. Rapport nr. STF60 F88158, 16.12.1988, 25s.

Norsk hydroteknisk laboratorium (NHL) - SINTEF gruppen, 1989. Oppfylling av magasiner fra laveste tappevannstand. Hydrologisk analyse. Rapport nr. STF60 A89028, 03.06.1989, 16s.

Norsk hydroteknisk laboratorium (NHL) - SINTEF gruppen, 1990. Senkning av vannstanden i Totak og Strandevatn erosjon og ras. Rapport STF60 F90015, 06.07.1990, 16s.

Norsk hydroteknisk laboratorium (NHL) - SINTEF gruppen, 1990. Senkning av Totak og Strandevatn. Kapasitet ved tapping og fylling. Rapport nr. STF60 F90016, 10.02.1990, 36s.

VEDLEGG 2

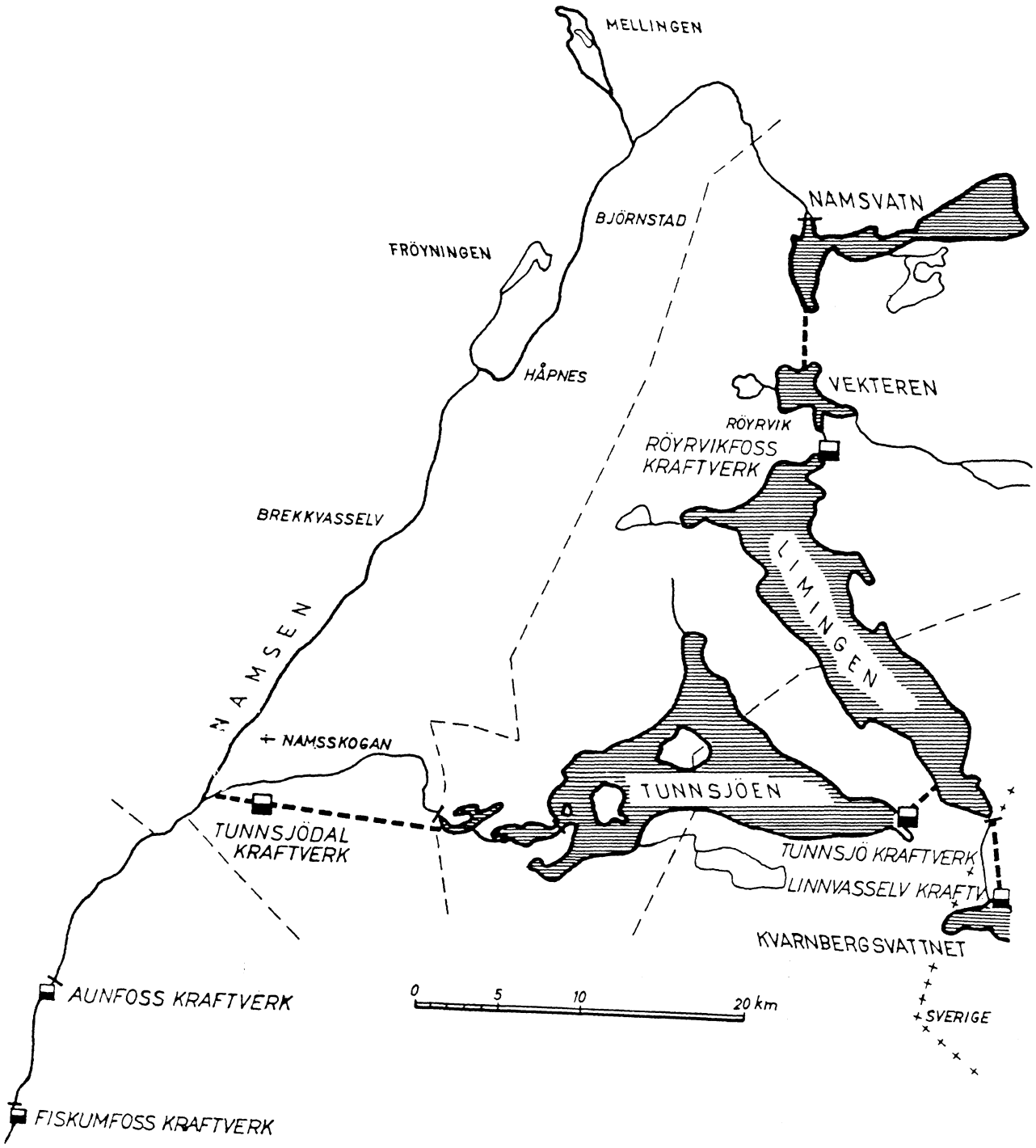
DATA VEDRØRENDE MAGASINENE:

Limingen
Tunnsjøen
Røldalsvatn
Strandavatn
Totak
Savalen

VEDLEGG A

LIMINGEN

Tilsigsdata	
Målestasjon	Limingen 686
Tidsserie tilgjengelig	1920 - 60
Målestasjon	Namsvatn 687
Tidsserie tilgjengelig	1909 - 63
Simuleringsperiode	1921 - 50
HRV (m o.h.)	417,7
LRV (m o.h.)	409,0
LTV (m o.h.)	407,0
Magasinkurve	
Laveste koteverdi (m o.h.)	409,0
Ekstrapolering til LTV	Etter skjønn
Volum ved HRV (mill. m^3)	1010
Volum ved LRV (mill. m^3)	220
Lokalfelt	Vekteren og Limingen
Areal (km^2)	297 + 373
Middelavløp ($l/s/km^2$)	41
Årlig tilsig (mill. m^3/år)	390 + 482
Tilleggsfelt	Lokalfelt Namsvatn
Overføring fra	Namsvatn
Areal (km^2)	702
Middelavløp ($l/s/km^2$)	49,4
Årlig tilsig (mill. m^3/år)	1093
Utgangsposisjon	Nedtappet til LRV
Tilleggsfelt	Ingen andre
Overføring fra	
Areal (km^2)	
Middelavløp ($l/s/km^2$)	
Årlig tilsig (mill. m^3/år)	
Utgangsposisjon	


MELLINGEN
NAMSVATN
BJÖRNSTAD
FRÖYNINGEN
HÅPNES
VEKTEREN
RÖYRVIK
RÖYRVIKFOSS
KRAFTVERK
BREKKVASSELV
LIMINGEN
NAMSEN
NAMSSKOGAN
TUNNSJÖEN
TUNNSJÖDAL
KRAFTVERK
TUNNSJÖ KRAFTVERK
LINNVASSELV KRAFTV
KVARNBERGSVATTNET
AUNFOSS KRAFTVERK
0
5
10
20 km
SVERIGE
FISKUMFOSS KRAFTVERK

Figur A.1.

SITUASJON	A
Forutsetninger	
Tilførsler/Overføringer	Tilsiget til Namsvatn overføres direkte til Limingen. Vekteren lokalfelt inngår i Limingen lokalfelt
Overføringskapasitet	Tunnel fra Namsvatn til Vekteren. Settes lik en konstant, 50 m^3/s.
Forenkling/Feilkilde	Overføring er bare begrenset oppad av den stipulerte kapasitet. I realiteten vil ikke fallet i tunnelen være stort nok i begynnelsen av vårflomperioden. Dette medfører at den simulerte oppfyllingen av Limingen er for rask i begynnelsen. Senere i perioden når Namsvatn er tilstrekkelig fylt opp, vil den simulerte overføring ikke kunne overskride 50 m^3/s. Hvis tilsiget er større enn denne kapasiteten, vil beregningene se bort fra den overskytende vannmengde. Oppfyllingstakten blir da for langsom.

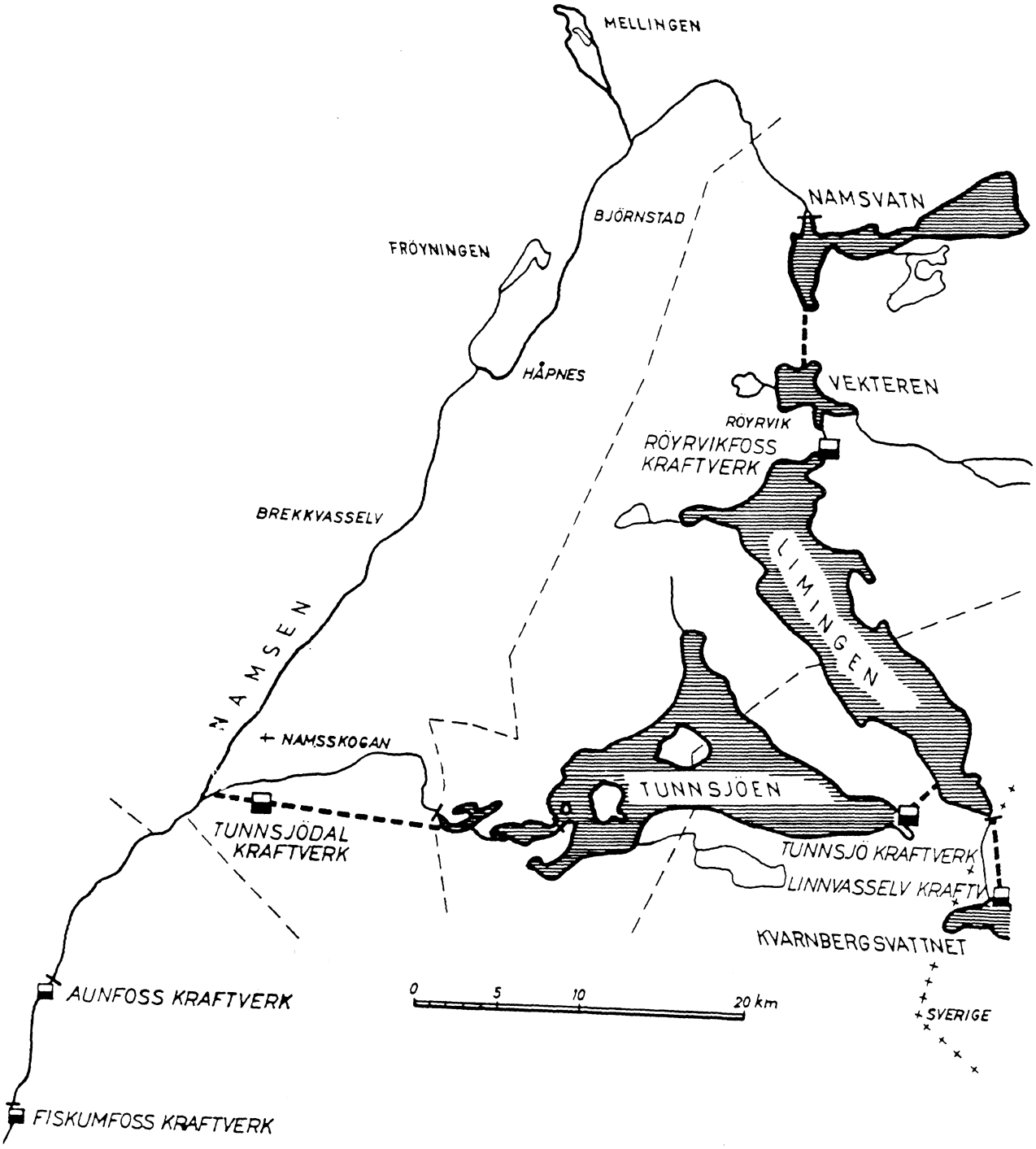
SITUASJON	A
Resultat	
Magasinfylling til LRV	
0 % (senest)	dag 158 (7/6)
50 % (halvparten av årene)	dag 147 (27/5)
100 % (tidligst)	dag 133 (13/5)
Magasinfylling til HRV	
0 % (senest)	dag 356 (22/12)
50 % (halvparten av årene)	dag 282 (9/10)
100 % (tidligst)	dag 213 (1/8)

SITUASJON	B
Forutsetninger	
Tilførsler/Overføringer	Som situasjon A.
Overføringskapasitet	100 m^3/s
Forenkling/Feilkilde	Tilsvarende som for situasjon A. Initialperioden med for rask oppfylling vil være lenger enn i situasjon A. Den senere perioden med en for langsom oppfyllingstakt er kortere enn i situasjon A.
Resultat	
Magasinfylling til LRV	
0 % (senest)	dag 158 (7/6)
50 % (halvparten av årene)	dag 147 (27/5)
100 % (tidligst)	dag 133 (13/5)
Magasinfylling til HRV	
0 % (senest)	dag 282 (9/10)
50 % (halvparten av årene)	dag 200 (19/7)
100 % (tidligst)	dag 178 (27/6)

VEDLEGG B

TUNNSJØEN

Tilsigsdata	
Målestasjon	Limingen 686
Tidsserie tilgjengelig	1920 - 60
Målestasjon	Namsvatn 687
Tidsserie tilgjengelig	1909 - 63
Simuleringsperiode	1921 - 50
HRV (m o.h.)	357,6
LRV (m o.h.)	352,6
LTV (m o.h.)	350,6
Magasinkurve	
Laveste koteverdi (m o.h.)	354,0
Ekstrapolering til LTV	Estimering av arealkurve
Volum ved HRV (mill. m^3)	513,0
Volum ved LRV (mill. m^3)	89,0
Lokalfelt	Tunnsjøen
Areal (km^2)	392
Middelavløp ($l/s/km^2$)	34
Årlig tilsig (mill. m^3/år)	420
Lokalfelt	Lokalfelt Namsvatn
Overføring fra	Namsvatn
Areal (km^2)	702
Middelavløp ($l/s/km^2$)	49,4
Årlig tilsig (mill. m^2/år)	1093
Utgangsposisjon	
Tilleggsfelt	Ingen andre
Overføring fra	
Areal (km^3)	
Middelavløp ($l/s/km^2$/år)	
Årlig tilsig (mill. m^3/år)	
Utgangsposisjon	


MELLINGEN
NAMSVATN
BJÖRNSTAD
FRÖYNINGEN
HÅPNES
VEKTEREN
RÖYRVIK
RÖYRVIKFOSS
KRAFTVERK
BREKKVASSELV
LIMINGEN
NAMSEN
NAMSSKOGAN
TUNNSJÖEN
TUNNSJÖDAL
KRAFTVERK
TUNNSJÖ KRAFTVERK
LINNVASSELV KRAFTV
KVARNBERGSVATTNET
AUNFOSS KRAFTVERK
0
5
10
20 km
SVERIGE
FISKUMFOSS KRAFTVERK

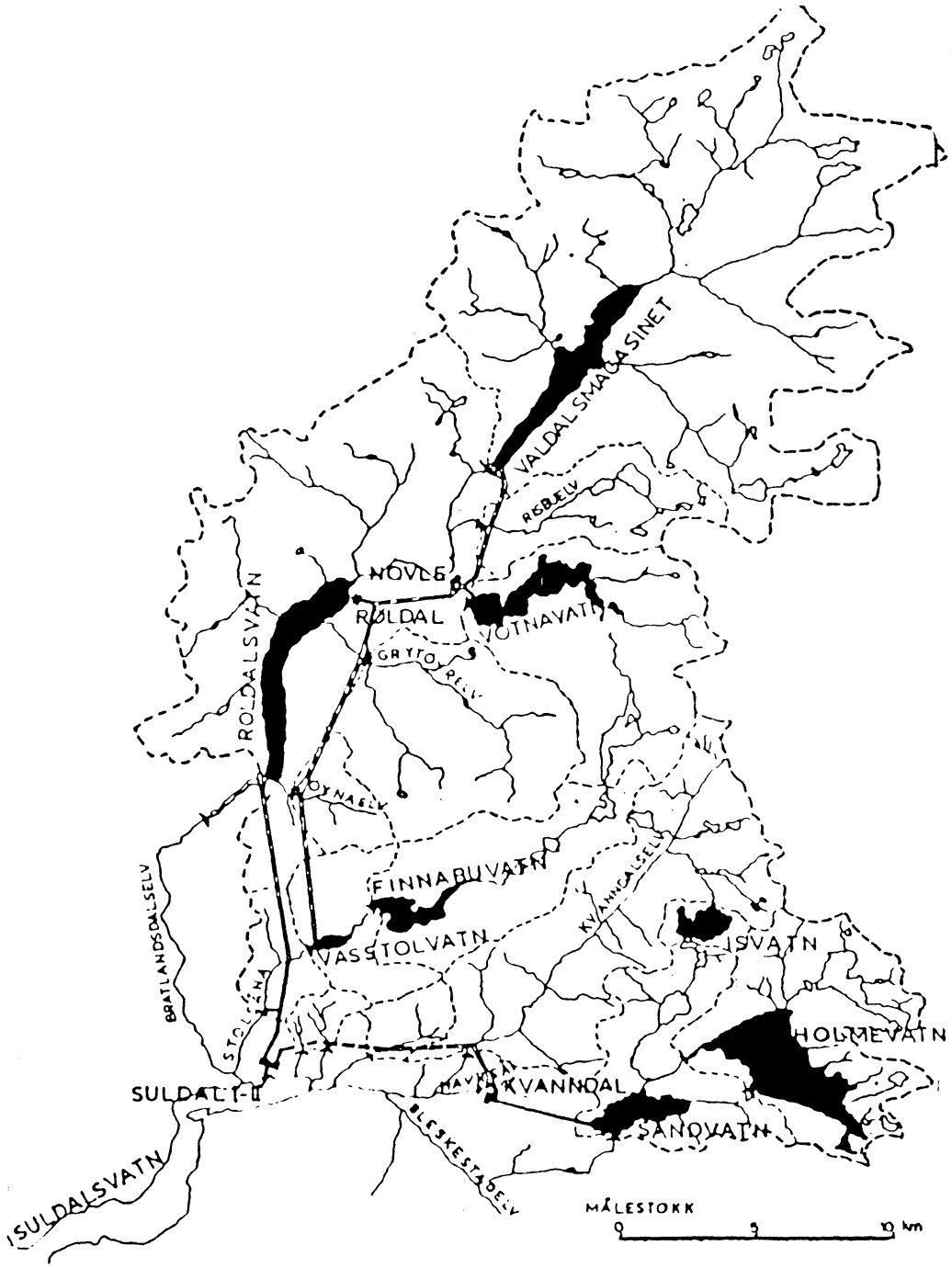
Figur B.1.

SITUASJON	
Forutsetninger	
Tilførsler/Overføringer	Tilsiget til Namsvatn overføres direkte til Tunnsjøen, gjennom Tunnsjø kraftverk.
Overføringskapasitet	Driftskapasitet ved Tunnsjø kraftverk, 56 m^3/s.
Forenkling/Feilkilde	Limingen er nedtappet maksimalt til LRV. Alt vann fra Namsvatn brukes til oppfylling av Tunnsjøen. Med Namsvatn nedtappet til LRV vil ikke tappetunnelen derfra ha stort nok fall i begynnelsen av vårflom-perioden. Den beregnete oppfylling av Tunnsjøen vil derfor være for rask.
Resultat	
Magasinfylling til LRV	
0 % (minimal fylling)	dag 151 (31/5)
50 % (halvparten av årene)	dag 140 (20/5)
100 % (maksimal fylling)	dag 129 (9/5)
Magasinfylling til HRV	
0 % (minimal fylling)	dag 253 (10/9)
50 % (halvparten av årene)	dag 296 (15/7)
100 % (maksimal fylling)	dag 172 (21/6)

VEDLEGG C

RØLDALSVATN

Tilsigsdata Målestasjon Tidsserie tilgjengelig Målestasjon Tidsserie tilgjengelig	 Røldalsvatn 583 1913 - 65
Simuleringsperiode	1921 - 50
HRV (m o.h.) LRV (m o.h.) LTV (m o.h.)	380 363 352
Magasinkurve Laveste koteverdi (m o.h.) Ekstrapolering til LTV Volum ved HRV (mill. m^3) Volum ved LRV (mill. m^3)	 363 Estimat av arealendring fra kart 182 67
Lokalfelt Areal (km^2) Middelavløp ($l/s/km^2$) Årlig tilsig (mill. m^3/år)	 506 1295
Tilleggsfelt Overføring fra Areal (km^2) Middelavløp ($l/s/km^2$) Årlig tilsig (mill. m^3/år) Utgangsposisjon	Ingen
Tilleggsfelt Overføring fra Areal (km^2) Middelavløp ($l/s/km^2$) Årlig tilsig (mill. m^3/år) Utgangsposisjon	


VALDALSMAGASINET
RISBÆLV
NØVLE
RØLDAL
VOTNAVATN
GRYTOYELV
RØLDALSVATN
ØYNAELV
FINNABUVATN
KVANNGALSELV
VASSTOLVATN
ISVATN
BRATLANDSDALSELV
STOLSÅNA
HOLMEVATN
SULDALT
KVANNDAL
SANDVATN
BLESKESTADELV
ISULDALSVATN
MÅLESTOKK
0
5
10 km

Figur C.1.

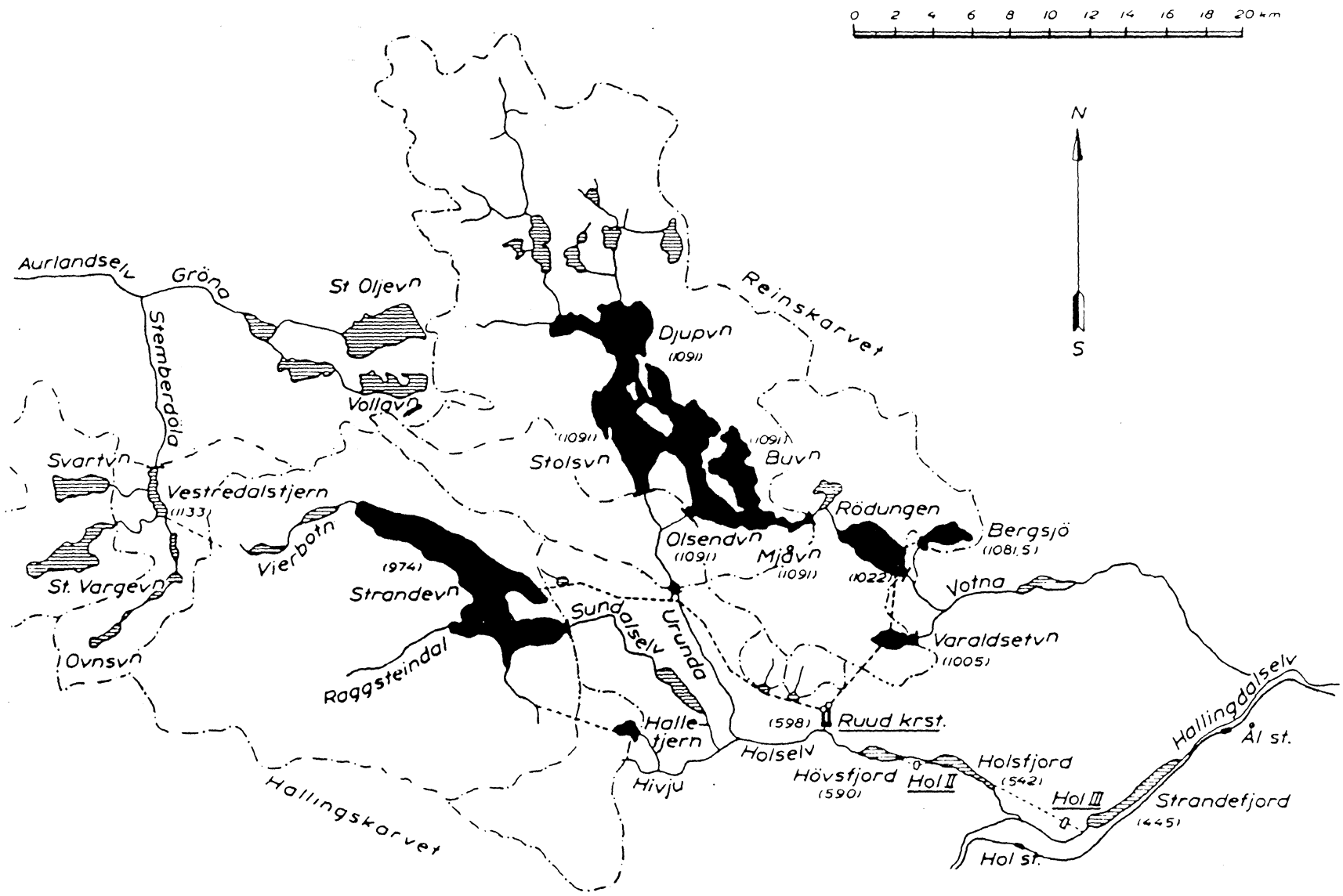
SITUASJON	
Forutsetninger	
Tilførsler/Overføringer	Det er to kraftverk oppstrøms Røldalsvatnet, nemlig Novle og Røldal kraftverk. Det er antatt at manøvreringen av disse er slik at alt avløpet tilføres Røldalsvatnet fortløpende. Flomtap tillates derfor selv om kraftverkenes driftskapasitet overskrides. Det er ingen overføringer. Alt tilsiget er definert som lokalfelt. Alle ovenforliggende magasin tapper fortløpende og forblir på LRV.
Overføringskapasitet	Ingen kapasitetsbegrensning.
Forenkling/Feilkilde	En viss reguleringseffekt vil det være i systemet. Magasinering vil oppstå både i magasiner og kanaler. Denne reguleringseffekten er ikke tatt med i beregningene. Oppfyllingen av Røldalsvatn vil derfor være for rask.

SITUASJON	
Resultat	
Magasinfylling til LRV	
0 % (senest)	dag 158 (7/6)
50 % (halvparten av årene)	dag 139 (19/5)
100 % (tidligst)	dag 126 (6/5)
Magasinfylling til HRV	
0 % (senest)	dag 174 (23/6)
50 % (halvparten av årene)	dag 152 (1/6)
100 % (tidligst)	dag 133 (13/5)

VEDLEGG D

STRANDAVATN

Tilsigsdata Målestasjon Tidsserie tilgjengelig Målestasjon Tidsserie tilgjengelig	 Ustedalsvatn 455 1909 - 1965
Simuleringsperiode	1921 - 50
HRV (m o.h.) LRV (m o.h.) LTV (m o.h.)	978 950 948
Magasinkurve Laveste koteverdi (m o.h.) Ekstrapolering til LTV Volum ved HRV (mill. m^3) Volum ved LRV (mill. m^3)	 946 Ikke nødvendig 582 28
Lokalfelt Areal (km^2) Middelavløp ($l/s/km^2$) Årlig tilsig (mill. m^3/år)	 261 372
Tilleggsfelt Overføring fra Areal (km^2) Middelavløp ($l/s/km^2$) Årlig tilsig (mill. m^3/år) Utgangsposisjon	Stolsvatn Urunda 26 (fem års middel)
Tilleggsfelt Overføring fra Areal (km^2) Middelavløp ($l/s/km^2$) Årlig tilsig (mill. m^3/år) Utgangsposisjon	Ingen andre


0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 km
N
S
Aurlandselv
Gröna
Stemberdöla
St Oljevn
Vollavn
Reinskarvet
Djupvn
(1091)
(1091)
Stolsvn
(1091)
Buvn
Svartvn
Vestredalstjern
(1133)
Rödungen
Bergsjö
(1081,5)
Olsendvn
(1091)
Mjåvn
(1091)
(1022)
Votna
Vierbotn
(974)
Strandevn
St. Vargevn
Sundalselv
Urunda
Varaldsetvn
(1005)
Ovnsvn
Raggsteindal
Hallingdalselv
(598)
Ruud krst.
Hallejtjern
Holselv
Å st.
Holstjord
(542)
Hivju
Hövstjord
(590)
Hol II
Hol III
Strandefjord
(445)
Hallingskarvet
Hol st.

Figur D.1.

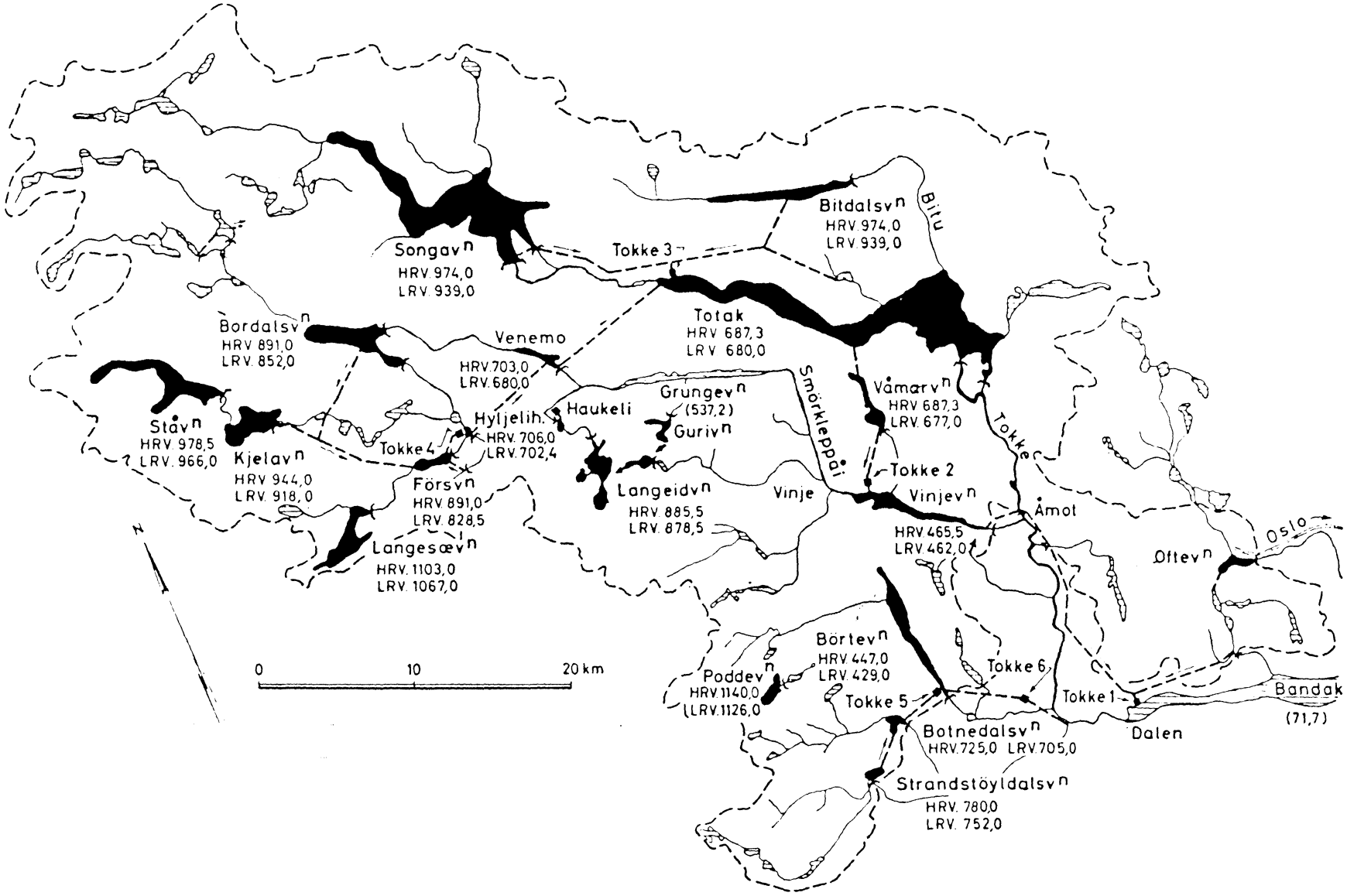
SITUASJON	A
Forutsetninger	
Tilførsler/Overføringer	Ingen overføring fra Stolsvatn.
Overføringskapasitet	Ingen begrensninger i systemet.
Forenkling/Feilkilde	Underestimat av oppfyllingen siden overføring fra Stolsvatn ikke er inkludert.
Resultat	
Magasinfylling til LRV	
0 % (senest)	dag 169 (18/6)
10 % (halvparten av årene)	dag 149 (29/5)
100 % (tidligst)	dag 136 (16/5)
Magasinfylling til HRV	
0 % (senest)	
50 % (halvparten av årene)	
100 % (tidligst)	Ikke innen årsslutt
Vannstand ved årsslutt	
0 % (lavest)	962,6 m o.h.
50 % (halvparten av årene)	967,5 m o.h.
100 % (høyest)	973,5 m o.h.

SITUASJON	B
Forutsetninger	
Tilførsler/Overføringer	Overføring fra Stolsvatn via driftstunnel fra Urunda.
Overføringskapasitet	Ubegrenset kapasitet fra Urunda.
Forenkling/Feilkilde	Overføringen fra Stolsvatn beregnes som uregulert. Driftskarakteristikken på overføringstunnelen fra Urunda er derimot ikke kartlagt. Dette medfører en feil av begrenset betydning.
Resultat	
Magasinfylling til LRV	
0 % (senest)	dag 169 (18/6)
50 % (halvparten av årene)	dag 149 (29/5)
100 % (tidligst)	dag 136 (16/5)
Magasinfylling til HRV	
0 % (senest)	
50 % (halvparten av årene)	
100 % (tidligst)	Ikke innen årsslutt
Vannstand ved årsslutt	
0 % (lavest)	963,5 m o.h.
50 % (halvparten av årene)	968,8 m o.h.
100 % (høyest)	975,1 m o.h.

VEDLEGG E

TOTAK

Tilsigsdata	
Målestasjon	Totak 494
Tidsserie tilgjengelig	1900 - 58
Målestasjon	
Tidsserie tilgjengelig	
Simuleringsperiode	1921 - 50
HRV (m o.h.)	687,3
LRV (m o.h.)	680,0
LTV (m o.h.)	668,0
Magasinkurve	
Laveste koteverdi (m o.h.)	668,5
Ekstrapolering til LTV	Etter skjønn
Volum ved HRV (mill. m^3)	665,0
Volum ved LRV (mill. m^3)	373,0
Lokalfelt	
Areal (km^2)	460,5
Middelavløp ($l/s/km^2$)	
Årlig tilsig (mill. m^3/år)	407,0
Tilleggsfelt	Kjela
Overføring fra	Venemo
Areal (km^2)	314,9
Middelavløp ($l/s/km^2$)	
Årlig tilsig (mill. m^3/år)	618,0
Utgangsposisjon	
Tilleggsfelt	Songa
Overføring fra	Songa kraftverk
Areal (km^2)	574,8
Middelavløp ($l/s/km^2$)	
Årlig tilsig (mill. m^3/år)	870,0
Utgangsposisjon	


Songavn
HRV 974,0
LRV 939,0
Tokke 3
Bitdalsvn
HRV 974,0
LRV 939,0
Bitu
Bordalsvn
HRV 891,0
LRV 852,0
Venemo
HRV 703,0
LRV 680,0
Totak
HRV 687,3
LRV 680,0
Grungevn
(537,2)
Gurivn
Haukeli
Hyljelih.
HRV 706,0
LRV 702,4
Tokke 4
Smørkleppåi
Våmarvn
HRV 687,3
LRV 677,0
Tokke
Stavn
HRV 978,5
LRV 966,0
Kjelavn
HRV 944,0
LRV 918,0
Försvn
HRV 891,0
LRV 828,5
Langeidvn
HRV 885,5
LRV 878,5
Vinje
Tokke 2
Vinjevn
HRV 465,5
LRV 462,0
Åmot
Oslo
Oftevn
Langesævn
HRV 1103,0
LRV 1067,0
N
0
10
20 km
Börtevn
HRV 447,0
LRV 429,0
Poddevn
HRV 1140,0
(LRV 1126,0
Tokke 5
Tokke 6
Tokke 1
Bandak
(71,7)
Dalen
Botnedalsvn
HRV 725,0 LRV 705,0
Strandstöyldalsvn
HRV 780,0
LRV 752,0

Figur E.1.

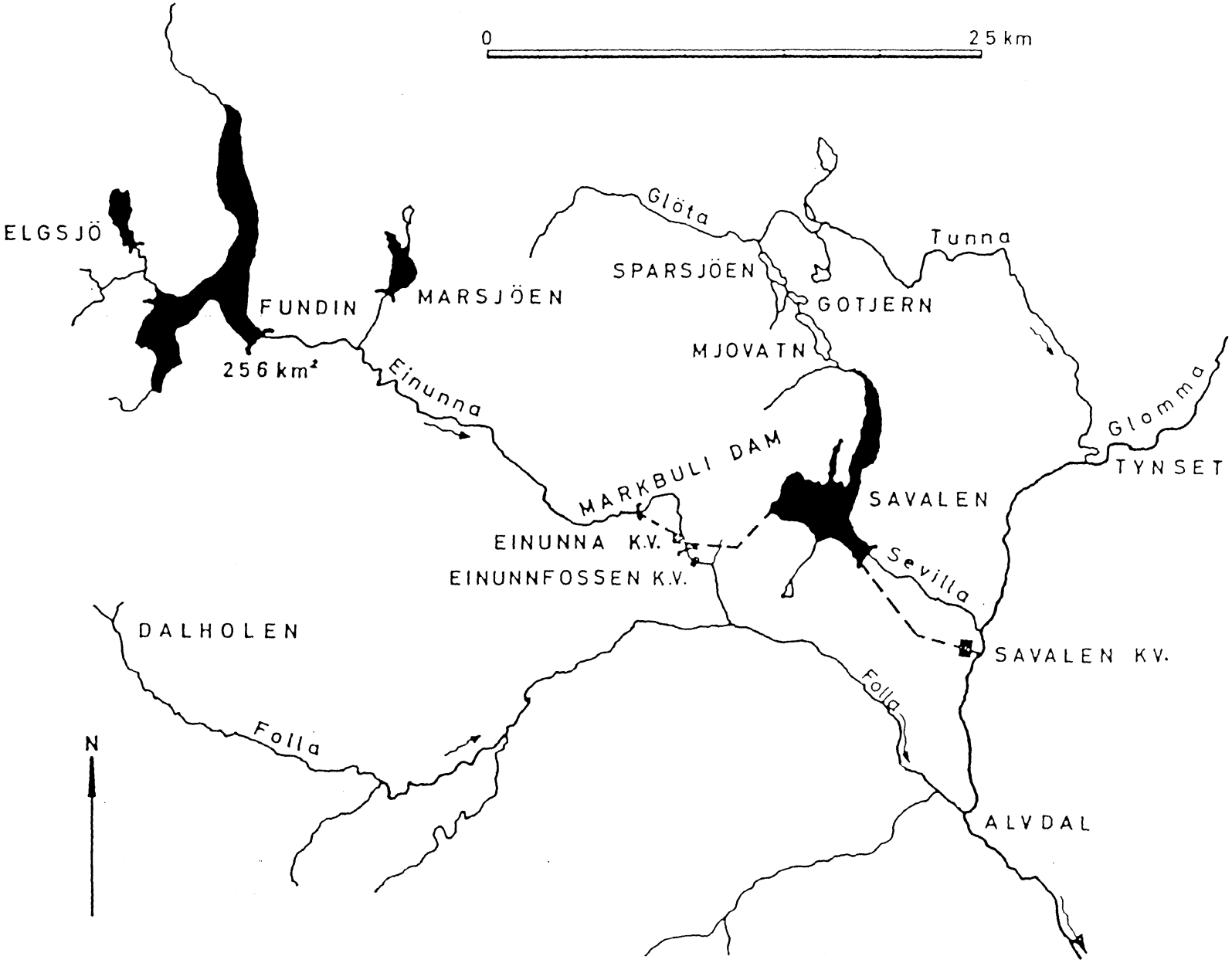
SITUASJON	A
Forutsetninger	
Tilførsler/Overføringer	Overføringene fra Kjela og Songa som angitt.
Overføringskapasitet	Kjela-overføring begrenset av tunnel fra Venemo. Settes lik 50 m^3/s. Fra Songa driftskapasitet 50 m^3/s.
Forenkling/Feilkilde	To delfelter som er inkludert i lokaltilsiget (nr. 26 og 27) går egentlig gjennom tunnelen fra Venemo. Tunnelen fra Venemo har en variabel kapasitet som avhenger av fallet. Den er neppe konstant.
Resultat	Se situasjon B

SITUASJON B	B
Forutsetninger	
Tilførsler/Overføringer	To delfelter fra lokaltilsiget (nr 26 og 27) er tillagt overføringen fra Venemo.
Overføringskapasitet	Som situasjon A.
Forenkling/Feilkilde	Tunnelen fra Venemo har egentlig en variabel kapasitet som avhenger av fallet.
Resultat	
Magasinfylling til LRV	
0 % (senest)	dag 184 (3/7)
50 % (halvparten av årene)	dag 162 (11/6)
100 % (tidligst)	dag 150 (30/5)
Magasinfylling til HRV	
0 % (senest)	dag 236 (24/8)
50 % (halvparten av årene)	dag 189 (8/7)
100 % (tidligst)	dag 173 (22/6)

VEDLEGG F

SAVALEN

Tilsigsdata	
Målestasjon	Atna bru 400
Tidsserie tilgjengelig	1916 - 85
Målestasjon	
Tidsserie tilgjengelig	
Simuleringsperiode	1921 - 50
HRV (m o.h.)	707,2
LRV (m o.h.)	702,5
LTV (m o.h.)	692,0
Magasinkurve	
Laveste koteverdi (m o.h.)	686,0
Ekstrapolering til LTV	Ikke nødvendig
Volum ved HRV (mill. m^3)	155,5
Volum ved LRV (mill. m^3)	94,0
Lokalfelt	Savalen
Areal (km^2)	99
Middelavløp ($l/s/km^2$)	10,2
Årlig tilsig (mill. m^3/år)	31,8
Tilleggsfelt	Einunna
Overføring fra	Einunna kraftverk
Areal (km^2)	300
Middelavløp ($l/s/km^2$)	12,9
Årlig tilsig (mill. m^3/år)	122,0
Utgangsposisjon	
Tilleggsfelt	Fundin, Elgsjø og Marsjøen
Overføring fra	Einunna kraftverk
Areal (km^2)	280
Middelavløp ($l/s/km^2$)	18,3
Årlig tilsig (mill. m^3/år)	161,6
Utgangsposisjon	Nedtappede magasin


0
25 km
ELGSJÖ
FUNDIN
256 km²
MARSJÖEN
Einunna
Glöta
SPARSJÖEN
GOTJERN
Tunna
MJOVATN
Glomma
TYNSET
MARKBULI DAM
SAVALEN
EINUNNA K.V.
EINUNNFOSSEN K.V.
Sevilla
SAVALEN KV.
DALHOLEN
Folla
Folla
ALVDAL
N

Figur F.1.

SITUASJON	A
Forutsetninger	
Tilførsler/Overføringer	Tilleggsfelt Einunna
Overføringskapasitet	26,5 m^3/s
Forenkling/Feilkilde	Det antas at de øverste magasinene Fundin, Elgsjø og Marsjøen er nedtappet og at ingen tapping tillates. Overføringen til Savalen inkluderer derfor ikke disse tilsigene. Dette er en pessimistisk antagelse med hensyn til Savalen.
Resultat	
Magasinfylling til LRV	
0 % (senest)	
50 % (halvparten av årene)	dag 242 (3/9)
100 % (tidligst)	dag 193 (12/7)
Magasinfylling til HRV	
0 % (senest)	
50 % (halvparten av årene)	
100 % (tidligst)	dag 232 (20/8)
Vannstand ved årsslutt	
0 % (lavest)	702,2 m o.h.
50 % (halvparten av årene)	705,5 m o.h.

SITUASJON	B
Forutsetninger	
Tilførsler/Overføringer	Tilleggsfelt Einunna pluss tilleggsfelt Fundin/Elgsjø/Marsjøen
Overføringskapasitet	26,5 m^3/s
Forenkling/Feilkilde	Det antas at tilsigene til Fundin, Elgsjø og Marsjøen overføres til Savalen på tross av at de er nedtappet. Dette er en optimistisk antagelse.
Resultat	
Magasinfylling til LRV	
0 % (senest)	dag 226 (14/8)
50 % (halvparten av årene)	dag 180 (29/6)
100 % (tidligst)	dag 161 (10/6)
Magasinfylling til HRV	
0 % (senest)	dag 280 (7/10)
50 % (halvparten av årene)	dag 227 (15/8)
100 % (tidligst)	dag 193 (12/7)

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)
Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

I 1993 ER FØLGENDE PUBLIKASJONER UTGITT:

Nr 1 Inger Marie Traagstad og Svein Homstvedt: Seminarrapport: Vassdragsinformasjon i forvaltningen. (168 s.)

" 2 Oddvar Fossheim (red.): Retningslinjer for inngrep i vassdrag. Saksbehandling i forhold til vassdragslovens §§ 104-106 m.v. (almene interesser). (35 s.)

" 3 Opprusting og utvidelse av vannkraftverk. Erfaringer fra gjennomførte prosjekter, Toverud kraftverk, Oppland. (90 s.)

" 4 Sverre Husebye: LRV-Prosjektet: Utnyttelse av vannvolumet under laveste regulerte vannstand i ekstreme tørrår. (51s.)