RAPPORT

26 1996

NVE
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIVERK

GLOMMENS OG LAAGENS BRUKSEIERFORENING

Einar Beheim
Bjørn Honninsvåg
Dan Lundquist
Gjermund Molle
Lars-Evan Pettersson
Øystein Rafoss

FLOMAVLEDNING VED MØRKFOSS/SOLBERGFOSS (002.B)

VASSDRAGSAVDELINGEN

Flyfoto: FOTONOR AS ©
(9502149)

NVE
NORGES VASSDRAGS-
OG ENERGIVERK

TITTEL **FLOMAVLEDNING VED MØRKFOSS/SOLBERGFOSS**	**RAPPORT** **nr. 26**
SAKSBEHANDLER **Einar Beheim, Bjørn Honningsvåg, Dan Lundquist, Gjermund Molle, Lars Evan Pettersson, Øystein Rafoss**	DATO **15.08.96**
	RAPPORTEN ER åpen
OPPDRAGSGIVER **NVE, Glommens og Laagens Brukseierforening**	OPPLAG

SAMMENDRAG

Utløpet fra Øyeren er svært trangt. Selv etter tre omganger med utsprengninger ved Mørkfoss er det fortsatt stor oppstuving av vann i Øyeren under flom. Det medfører betydelige oversvømmelser i Lillestrøm og Fet.

For å øke avledningskapasiteten ved Solbergfoss ble det etablert omløpstunneler forbi dammen. Tunnelene har en kapasitet på ca. 800 m³/s og skal kun benyttes i ekstreme flomsituasjoner. Lukene i flomtunnelene er i en teknisk stand som gjør det aktuelt å rehabilitere dem eller vurdere andre tilsvarende flomavledningsløsninger.

Utredningen omfatter en gjennomgang av ulike flomavledningsmuligheter og konsekvensene av disse. Basert på vurdering av sikkerhet, virkninger og økonomi vil utvalget foreslå innbygging av en ny flomluke i massivdammen og gjenstøping av flomtunnelene. Antatt kostnad er ca. 31 mill. kroner.

Alternativt foreslås innbygging av to nye flomluker og gjenstøping av flomtunnelene. Antatt kostnad er ca. 48 mill. kroner.

Som grunnlag for vurderingene er det utført beregning av dimensjonerende avløpsflom (Q1000) ved Solbergfoss til ca. 4600 m³/s.

EMNEORD/SUBJECT TERMS

Flom	**Flood**
Flomberegning	
Dimensjonering	**Dimensioning**

ANSVARLIG UNDERSKRIFT

Bjørn Wold
Avdelingsdirektør

NVE-Region Sør
Postadresse: Postboks 2124,
3103 Tønsberg

Kontoradresse:
Statens Park
Anton Jenssensgt. 5
Tønsberg

Telefon: 33 37 23 00
Telefax: 33 37 23 05

Postgiro: 0803 5052055

Org. nr.:
NO 970 205 039 MVA

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

1. INNLEDNING
   1.1 Bakgrunn
   1.2 Mandat

2. OVERSIKT

3. HYDRAULISKE FORHOLD

4. PROBLEMSTILLING

5. ALTERNATIVE TAPPELØSNINGER

6. FLOMBEREGNINGER

7. SENKINGSEFFEKT OG VIRKNINGER

8. VURDERING AV ULIKE FLOMAVLEDNINGSARRANGEMENT

9. OMTALE AV RESULTATER

10. KONKLUSJON

1. INNLEDNING

1.1. Bakgrunn

I møte av 29.06.1995 med representanter fra Norges vassdrags- og energiverk (NVE) og kraftregulantene (GLB/Solbergfossanlegget) ble det vedtatt å utarbeide en rapport om flomavledning ved Mørkfoss/Solbergfoss.

For å gjennomføre arbeidet med rapporten ble det nedsatt en prosjektgruppe med følgende sammensetning:

Einar Beheim	NVE-Region Sør
Lars Evan Pettersson	NVE-Hydrologisk avdeling
Gjermund Molle	Glommens- og Laagens Brukseierforening
Dan Lundquist	Glommens- og Laagens Brukseierforening
Bjørn Honningsvåg	Glommens- og Laagens Brukseierforening
Øystein Rafoss	Mørkfoss/Solbergfossanlegget

Rapporten støtter seg til resultatene fra følgende prosjektoppgaver i NVE:

- flomberegning Solbergfoss, jf. NVE-RAPPORT 20/96
- beregning av avløpskurver for Øyeren, jf. NVE-RAPPORT 24/96.

SINTEF har vært engasjert for å utføre kapasitetsberegninger vedrørende nye luker i dam Solbergfoss.

BERDAL STRØMME AS har hatt som oppdrag å utrede en oppgradering av flomtunnelene og se på alternative flomløp bygget i eksisterende massivdam.

1.2. Mandat

Avløpsforholdene for Øyeren og Solbergfoss skal klarlegges for ulike flomsituasjoner. Dimensjonerende flom beregnes for det samme området.

Det foretas en gjennomgang av ulike flomavledningstiltak ved Solbergfoss dam. Tiltakene vurderes teknisk med vekt på funksjonering og økt sikkerhet. Tiltakenes konsekvenser i Øyeren skal beregnes og effekten på nedenforliggende områder vurderes.

2. OVERSIKT

Hovedtilløpet til Øyeren er Glomma, som etter samløpet med Vorma passerer Rånåsfoss og Bingsfoss. Herfra har Glomma lite fall forbi Fetsund. Øvrige tilløpselver er Nitelva og Leirelva. Mellom disse ligger Lillestrøm. Mesteparten av de flomtruede arealene ved Øyeren ligger mellom utløpet av Glomma og Nitelva.

Utløpet fra Øyeren dannes av et trangt fjellparti ved Mørkfoss, hvor det tidligere var en reguleringsdam. Nå reguleres Øyeren ved Solbergfoss kraftverk, som ligger ca. 5 km nedenfor Mørkfoss. For kraftproduksjon kan Øyeren reguleres 2,4 m. Høyeste regulerte vannstand (HRV) er på kote 101,34.

Som følge av oppstuving under flom i det trange utløpspartiet ved Mørkfoss - Solbergfoss har betydelige områder i Lillestrøm og Fet vært utsatt for flom i årenes løp. Det regnes som skadeflom når vannet overstiger kote 103,50. Det har ialt skjedd ca. 50 ganger siden 1860.

Flommen i 1967, som var den største siden 1860, kulminerte på kote 106,60. Det er 5,3 m over høyeste regulerte vannstand. Mer enn 10000 dekar jord og ca. 1250 hus ble den gang rammet av flommen.

Det har vært utført sprengningsarbeider ved Mørkfoss i tre omganger over en periode på vel 100 år.

I 1860-69 ble det sprengt ut ca. 110.000 m^3 fjell. Det antas at virkningen av det arbeidet var en flomsenking av Øyeren med 1,7 m ved stor flom.

I forbindelse med fellesutbyggingen av Mørkfoss - Solbergfossanlegget i 1918-24 ble det sprengt ut ytterligere ca. 135.000 m^3 i utløpet, vesentlig for å utnytte reguleringsmagasinet i Øyeren. Flomsenkingen av dette arbeidet ble ikke beregnet.

Etter storflommen i 1967 ga Stortinget sin tilslutning til gjenåpning av de gamle omløpstunnelene ved Solbergfoss og ytterligere utsprengning ved Mørkfoss. Arbeidet med omløpstunnelene ble foretatt i 1968-69 og utsprengningen i årene 1972-75. Ialt ble det fjernet ca. 500.000 m^3 fjell og løsmasse. Samlet anleggskostnad ved avslutning av arbeidet var ca. 45 mill. kroner. Senkingseffekten ved flom tilsvarende 1967-størrelse ble beregnet til 2,0 m, inklusive virkningen av omløpstunnelene.

3. HYDRAULISKE FORHOLD

Utløpet fra Øyeren er svært trangt selv etter tre omganger med utsprengninger. Fra Mørkfoss og ca. 2,5 km nedover er det sprengt ut til minimum bunnbredde på 60 m og bunn-nivå på kote 89,2 - 89,6.

For å få vannet fra Øyeren til dam Solbergfoss trengs et fall som øker med vannføringen. Med 1000 m^3/s trengs et fall på 0,5 m. Fallet øker til ca. 1,7 m med 2000 m^3/s og utgjør 3,4 m med 3000 m^3/s. Under flomtoppen i 1995 ble fallet mellom Øyeren og Solbergfoss målt til ca. 4,4 m. Med flomvannføring på 5000 m^3/s vil fallet øke til hele 7,0 m.

Falltapet er beregnet ved hjelp av HEC-2, som er en numerisk regnemodell basert på stasjonære tilstander. Regnemodellen er kalibrert ved måling av fire forskjellige vannlinjer under flommen med godt samsvar mellom målinger og beregninger.

Vannstandsmålinger rundt Øyeren og i Glomma ved innløpet til Øyeren har vist at flomvannstanden er høyere i nordenden enn ved Mørkfoss vannmerke. Sistnevnte er ment å skulle representere vannstanden i Øyeren, hvilket det også gjør under normale forhold. Men under flom viser det seg å være fall gjennom Øyeren og i innløpsosen.

Målingene av fallet i Øyeren er ikke helt entydige, men ga i gjennomsnitt 17 cm høyere vannstand ved Lillestrøm og 41 cm høyere vannstand ved Fetsund enn på Mørkfoss vannmerke under flommen i 1995.

4. PROBLEMSTILLING

Etter flommen i Glomma i 1966 og 1967 ble det nedsatt en komite med mandat å vurdere mulige sikringstiltak i Glomma og Lågenvassdraget med sikte på å redusere skadevirkningene av fremtidige flommer. Komiteen som var oppnevnt i statsråd kom med sin innstilling 29. oktober 1969. Etter en bred høring fremmet departementet St.prp. nr. 114. (1971-72).

Skadene var særlig omfattende i Lillestrøm-området. Som et straks-tiltak for å øke avledningskapasiteten ved Solbergfoss ble det derfor besluttet at de gamle omløpstunnelene fra 1924 skulle gjenåpnes. Denne beslutningen ble fattet før komiteen hadde avgitt sin innstilling.

Omløpstunnelene ble sprengt ut i forbindelse med bygging av Solbergfoss dam. Ved gjenåpningen ble betongproppene fjernet, og det ble installert 2 stk. nye rulleluker inne i tunnelen. I tillegg bygde man en inntakskonstruksjon av betong med rister og flyndrer for å holde tømmer og annet drivgods borte. Konstruksjonen skulle videre fungere som fangdam ved tørrlegging av tunnelen. Dette skulle skje ved å legge plater på varegrindene.

Omløpstunnelene skulle forutsetningsvis kun benyttes i ekstreme flomsituasjoner. Kapasiteten ved normal fallhøyde er 800 m^3/s. Prosjektet sto ferdig til vårflommen 1970.

Både installasjon av lukene i omløpstunnelen og utsprengningene ved Mørkfoss og nedstrøms Solbergfoss ble i sin helhet finansiert av Staten ved NVE.

Lukene har etter hvert utviklet betydelige utettheter som det er vanskelig å gjøre noe med på tradisjonell måte fordi det ikke finnes reserve avstengningsmuligheter. Innløpskonstruksjonen skulle som nevnt forutsetningsvis fungere som revisjonsstengsel. Imidlertid har denne på det nærmeste brutt sammen til tross for at det senest i 1990 ble gjort forsøk på å utbedre skadene. Inspeksjon av lukene kan derfor kun foregå ved hjelp av fjernstyrt miniubåt med videokamera. Eventuelt vedlikehold vil kreve omfattende fangdams-arbeider med dertil hørende kostnader.

Som følge av lukenes tekniske tilstand knyttet det seg en viss usikkerhet til manøvreringsdyktigheten, særlig ved lukking. Under flommen 1995 viste det seg imidlertid at lukene funksjonerte som forutsatt.

Ved innføringen av Damforskriftene av 1980 er det lagt visse begrensninger i bruk av utsprengte tunneler som flomavlednings-organer. Dette er gjort av hensyn til faren for tilstopping.

På denne bakgrunn er det nødvendig å vurdere tiltak som bringer avløpsforholdene ved Solbergfossdammen til et forskriftsmessig teknisk nivå samtidig som flomforholdene både oppstrøms og nedstrøms dammen ikke forverres. I denne sammenheng er flere alternative tappemuligheter vurdert.

5. ALTERNATIVE TAPPELØSNINGER

Mørkfoss - Solbergfossanlegget består av en gammel kraftstasjon med 13 stk. aggregater installert fra 1924 til 1959. I 1985 ble en ny kraftstasjon med ett aggregat satt i drift. Dette aggregatet alene har en slukeevne på 600 m^3/s. Til sammen har aggregatene ved normal vannstand en slukeevne på ca. 1200 m^3/s. I flomsituasjoner avtar slukeevnen fordi undervannet stiger dramatisk. Under flommen i 1995 antar man at slukeevnen var ca. 800 m^3/s. Alle aggregater var da i drift. I henhold til gjeldende damforskrifter er det ikke anledning til å inkludere kraftverkets slukeevne som en del av dammens flomavledningskapasitet. En vil imidlertid understreke at aggregatene var i drift både under flommen i 1967 og 1995 og bidro i realiteten i betydelig grad til flomavledningen.

Som flomavledningsorganer på dammen er det montert 3 stk. like valseluker med kjedeopptrekk. Hvert av lukeløpene har en bredde på 20 m med tersklene beliggende på kt. 93,13. Lukene har funksjonert siden 1924 og er meget godt vedlikeholdt. Lukene vil derfor fortsatt kunne tjene sin funksjon i mange år.

Som tidligere omtalt inngår også omløpstunnelene i dammens flomavledningsorganer. Lukene, tunnelene er imidlertid nå modne for rehabilitering. Nåværende avledningskapasitet kan opprettholdes, ev. forbedres på flere måter:

- ombygging med eksisterende flomløpstunneler
- innbygging av en ny flomluke i massivdammen
- innbygging av to nye flomluker i massivdammen
- ombygging av eksisterende flomløpstunneler kombinert med ekstra flomluke i massivdammen.

For å kunne ta en beslutning på hvilken løsning som er optimal, har vi i det følgende satt opp 8 forskjellige alternativer. For hvert alternativ er det gjort en flomanalyse der dimensjonerende flom er routet gjennom Øyeren og forbi Solbergfossdammen. På denne måten får vi fram hvordan de forskjellige avledningsorganene i alternativene påvirker vannføring/vannstand ved Solbergfoss, samt vannstanden i Øyeren. Resultatene av flomanalysen må selvsagt vurderes mot rehabiliteringskostnadene og den generelle sikkerhet en oppnår på de forskjellige alternativer.

Alt. 1:	3 valseluker; kraftstasjonen ute av drift
Alt. 2:	3 valseluker + 1 ny segmentluke; kraftstasjonen ute av drift
Alt. 3:	3 valseluker + omløpstunnel + kraftstasjon i drift
Alt. 3a:	3 valseluker + omløpstunnel; kraftstasjonen ute av drift
Alt. 4:	3 valseluker + 1 ny segmentluke + kraftstasjonen i drift
Alt. 5:	3 valseluker + 1 ny segmentluke + omløpstunnel + kraftstasjonen i drift
Alt. 6:	3 valseluker + 2 nye segmentluker; kraftstasjonen ute av drift
Alt. 7:	3 valseluker + 2 nye segmentluker + kraftstasjon i drift
Alt. X:	før utsprengning i Solbergfoss (1967) med 3 valseluker og kraftstasjonen i drift men uten omløpstunnel.

6. FLOMBEREGNINGER

Dimensjonerende avløpsflom med tilhørende vannstand er beregnet for Solbergfoss. Forskjellige forutsetninger vedrørende flomløpet ved Solbergfoss er lagt til grunn. I tillegg er det beregnet hvilke avløpsflommer og flomvannstander tilløpsflommen 1995 ville ha ført til med de samme forutsetninger.

Beregningen av dimensjonerende tilløpsflom baseres på flomfrekvens-analyse på tilløpet til Øyeren, dvs. observert avløp ved Solbergfoss korrigert for magasinendringene i Øyeren ved Mørkfoss vannmerke. Det er ikke korrigert for endringer i ovenforliggende magasiner. Den beregnede tilløpsflommen representerer derfor en tilløpsflom hvor det forutsettes at ovenforliggende magasiner manøvreres slik de i gjennomsnitt er gjort i en lang periode (observasjonsperioden ved Solbergfoss). Dimensjonerende tilløpsflom er definert som tilløpsflom med gjentaksintervall 1000 år.

Tilløpsberegning for Øyeren er gjort for perioden 1903-1995. Det er gjort flomfrekvensanalyser for sesongen februar-juli. Flommer på andre årstider er betydelig mindre enn flommene på forsommeren. Flomfrekvensanalysene ga følgende resultat:

Varighet	**Middelflom, QM i m^3/s**	**Q1000/QM**	**Q1000 m^3/s**
1 døgn	2242	2.26	5057
5 "	2131	2.26	4815
10 "	2002	2.24	4474
15 "	1895	2.21	4178
20 "	1809	2.17	3928

Q1000-verdier for tilløpsflom over flere døgn kan i prinsipp også beregnes ut fra data fra Rånåsfoss eller fra summen av data fra Ertesekken og Funnefoss. Vannføringsmålinger under flommen 1995 viser imidlertid at vannføringskurven for spesielt Rånåsfoss er usikker. Derfor foretrekkes det å kun benytte data fra Solbergfoss, hvor årets vannføringsmålinger viste god overensstemmelse med gjeldende vannføringskurve.

Et flomforløp, som antas å representere dimensjonerende tilløpsflom, ble konstruert basert på Q1000-verdiene. Det forutsettes at dimensjonerende tilløpsflom foregås av et flomforløp tilsvarende flommen i 1995. Etter fem døgn kommer en periode over 20 døgn, hvor vannføringen er symmetrisk fordelt, med maksimal vannføring tilsvarende Q1000, 1 døgn. Vannføringen over de høyeste fem døgn tilsvarer Q1000, 5 døgn osv. Flomforløpet er beskrevet ved verdier for hver 8. time.

Den beregnede dimensjonerende tilløpsflommen ble rutet gjennom Øyeren for å beregne avløpsflom og flomvannstand. Magasintabellen for Øyeren (Mørkfoss) er tatt fra Hydrologisk avdelings database. HRV er 101.34 m o.h., tilsvarende 4.80 m på lokal skala ved Mørkfoss. Beregnede flomvannstander i Øyeren refererer seg til Mørkfoss vannmerke.

Ved rutingen forutsettes det at lukene manøvreres slik at vannstanden holdes på HRV inntil tilløpsflommen overstiger lukenes kapasitet ved HRV.

Resultatet ved beregningen av avløpsflommer og flomvannstander ble:

Avløpskurve	Avløpsflom	Flomvannstand i Øyeren	Flomstigning over HRV
1	4625 m^3/s	108.12 m o.h.	6.78 m
2	4643 m^3/s	107.36 m o.h.	6.02 m
3	4500 m^3/s	106.98 m o.h.	5.64 m
3A	4589 m^3/s	107.49 m o.h.	6.15 m
4	4545 m^3/s	106.98 m o.h.	5.64 m
5	4576 m^3/s	106.62 m o.h.	5.28 m
6	4637 m^3/s	107.01 m o.h.	5.67 m
7	4581 m^3/s	106.72 m o.h.	5.38 m
X	4548 m^3/s	108.99 m o.h.	7.65 m

Tilsvarende beregning er utført basert på tilløpsflommen 1995.
Det ga følgende resultater:

Avløpskurve	Avløpsflom	Flomvannstand i Øyeren	Flomstigning over HRV
1	3546 m^3/s	105.83 m o.h.	4.49 m
2	3560 m^3/s	105.12 m o.h.	3.78 m
3	3602 m^3/s	104.44 m o.h.	3.10 m
3A	3549 m^3/s	105.05 m o.h.	3.71 m
4	3580 m^3/s	104.53 m o.h.	3.19 m
5	3644 m^3/s	104.38 m o.h.	3.04 m
6	3564 m^3/s	104.73 m o.h.	3.39 m
7	3623 m^3/s	104.41 m o.h.	3.07 m
X	3543 m^3/s	106.44 m o.h.	5.10 m

Flommen 1995 kulminerte på vannføring 3580 m^3/s og vannstand i Øyeren 104.39 m o.h., hvilket er i godt samsvar med beregningen etter avløpskurve 3. Forutsetningene for avløpskurve 3, 3 luker åpne + drift kraftstasjon + omløp, var gjeldende under det meste av flommen i 1995. Avviket i kulminasjonsvannstand (og -vannføring) forklares vesentlig ved at en i 1995 forserte tappingen i flommens begynnelse utover det som er forutsatt i beregningene.

7. SENKINGSEFFEKT OG VIRKNINGER

Flommen i 1995 kulminerte med avløpstopp ved Solbergfoss tilnærmet lik flommen i 1967. Senkingseffekten kan dermed leses direkte ut til 2,2 m. Dette tallet kan imidlertid ikke uten videre sammenlignes med den forventede 2,0 m senkingseffekten som er angitt for prosjektet. Årsaken er at Solbergfoss II kraftstasjon, som ble satt i drift i 1985, har øket slukeevnen for kraftverkene med ca. 400 m^3/s ved stor flom.

Konklusjonen er imidlertid at flomsenkingen i Øyeren, basert på omløpstunnelene og utsprengningsarbeidene ved Mørkfoss i 1972-75, utgjør ca. 2,0 m. En har dermed oppnådd den effekten som var forventet.

Virkningen av senkingen for berørte flomutsatte interesser er det ikke enkelt å beregne. Kartlegging og beregninger for 1967-flommen viser imidlertid følgende forbedringer:

- av ialt 1250 bolighus som ble berørt av denne flommen vil 1160 være helt flomfrie
- 92 industribedrifter i Lillestrømområdet vil være flomfrie
- bygninger for Luftforsvaret, NSB, Postverket, Televerket, Vegvesenet og kommunen vil stort sett være flomfrie
- flomfritt boligareal på ca. 3100 dekar og flomfritt jordbruksareal på ca. 5300 dekar.

En vil presisere at det er svært vanskelig å angi nytteverdiene av senkingen i kroner og øre. Ethvert forsøk på å beregne dette må bli anslagsmessig. Basert på gjennomsnittstall for skadetakster andre steder har en imidlertid vurdert den økonomiske nytteverdien for 1995-flommen til 800 mill. kroner. Dertil kommer den rent menneskelige faktor som neppe kan måles økonomisk.

Beregninger med 1995-flommen gjennom Øyeren basert på avløpsforholdene før gjenåpning av omløpstunneler og siste utsprenging ved Mørkfoss er utført for å kunne vurdere konsekvensene videre nedover i vassdraget mot utløpet ved Fredrikstad.

Resultatet av beregningene viser at avløpstoppen ved Solbergfoss er tilnærmet upåvirket av disse arbeidene. En økning på ca. 10 m^3/s er beregnet, men det er neglisjerbart i denne sammenheng og uten praktisk betydning for konsekvenser nedover i vassdraget.

Med andre flomforløp vil imidlertid virkningen på flomtoppen nedstrøms Solbergfoss kunne bli annerledes. Særlig spisse flomtopper vil kunne gi noe høyere tall for flomøkningen nedstrøms.

8. VURDERING AV ULIKE FLOMAVLEDNINGSARRANGEMENT

Berdal Strømme har hatt som oppdrag å utrede en oppgradering av omløpstunnelene samt å se på muligheten for å erstatte disse ved bygging av utvidet overløp i eksisterende massivdam.

Konsulenten gir følgende vurdering av dagens anlegg:

Flomløpet ved Solbergfoss består av 3 stk. valseluker og et tunnelarrangement hvor de to gamle omløpstunnelene er benyttet. Valselukene ble installert da Solbergfoss I ble bygget i 1920-24. De er senere jevnlig vedlikeholdt og er i god stand.

I tunnelløpet er det observert alvorlig skade på grindarrangementet i inntaket. Flere grindseksjoner er helt forvridde og stålflyndre har løsnet fra betongdragerne som også har fått flere alvorlige sprekker spesielt ved opplegget. Skadene er så omfattende at det ikke er tilrådelig å planke inntaket ved lukerevisjon slik som opprinnelig forutsatt.

Konsulenten har vurdert mulighetene for en oppgradering/utvidelse
av flomløpet ved Solbergfoss og har følgende vurdering av de ulike alternativene:

Ombygging av eksisterende flomløpstunneler

Antatt kostnad ca. 20 mill. kroner.

Ombygging av flomtunnelene er absolutt påkrevet dersom de ikke skal nedlegges. Eksisterende ristarrangement og revisjonsstengsel basert på planking av risten har vist seg å være en for enkel løsning. Det antas at skader som er observert på innløpskonstruksjonen har sammenheng med en uheldig hydraulisk utforming når vannhastigheten kommer opp i ca. 10 m/s. For at anlegget skal være sikkert og vedlikeholdet relativt enkelt bør det være to likeverdige luker i serie. I tillegg må det være en grov grind foran inntaket for å hindre trær og tømmer i å komme inn i systemet.

Alternativet går ut på å sette to segmentluker i inntaket og foran disse en grov grind. Denne løsningen, der en bygger videre på tunnelene, vil aldri bli en fullgod løsning. Det er vanskelig å gjøre noe med innløpsforholdene og det vil alltid være en mulighet for gjentetting med drivgods mot grinden. Dessuten vil det være vanskelige forhold for vedlikehold.

Løsningen gir derfor et usikkert flomløp idet gjentetting av grinden ved flom ikke er usannsynlig. Rensking av grinden i en flomsituasjon vil være vanskelig.

Innbygging av en ny flomluke i massivdammen

Antatt kostnad ca. 31 mill. kroner.

Alternativet går ut på å sette en segmentluke med lengde 15 m i eksisterende massivdam.

Innbygging av to nye flomluker i massivdammen

Antatt kostnad ca. 48 mill. kroner.

Alternativet går ut på å installere to segmentluker, hver med lengde 14 m i eksisterende massivdam.

For begge alternativer med nytt flomløp i dammen forutsettes at flomtunnelene kan gjenstøpes, utført som propp via luftesjakten.

Alternativene med innsetting av flomluke i eksisterende massivdam vil gi et moderne fullverdig flomløp, noe opprusting/ombygging av flomtunnelene ikke vil gi.

9. OMTALE AV RESULTATER

I dette avsnittet gis en kortfattet omtale av de ulike flomavledningsarrangementene ved Solbergfoss. Det angis virkninger for Øyeren og strekningen nedstrøms Solbergfoss.

Innbygging av en ny flomluke i massivdammen

Alternativet går ut på å sette inn en ny luke i dammen og støpe igjen flomtunnelene.

Med 1000års-flommen forutsettes stengte kraftstasjoner og en sammenligner avløpskurvene 2 og 3a, som gir følgende flommer:

Avløpskurve	Avløpsflom	Flomvannstand Øyeren
2	4643 m³/s	107,36
3a	4589 m³/s	107,49

I forhold til eksisterende situasjon med omløpstunnelene i drift gir en ny luke 0,13 m lavere flomvannstand i Øyeren og ca. 50 m³/s høyere vannføring nedstrøms Solbergfoss.

Med flom tilsvarende 1995-flommen forutsettes kraftstasjonene å være i drift med de avløpskapasiteter som da gjelder. En sammenligner kurvene 3 og 4, som gir følgende flommer:

Avløpskurve	Avløpsflom	Flomvannstand Øyeren
3	3602 m³/s	104,44
4	3580 m³/s	104,53

For 1995-flommen gir en ny luke 0,09 m høyere flomvannstand i Øyeren og ca. 20 m³/s lavere vannføring nedstrøms Solbergfoss.

Som det fremgår oppnår en ikke nøyaktig samme avløpsforhold med installasjon av en ny luke som eksisterende omløpstunneler gir. Det skyldes at omløpstunnelene har forholdsvis større kapasitet enn luke ved lavt overvann på Solbergfoss. Omløpstunneler er m.a.o. mer effektive enn luke i en tidlig fase av flomutviklingen og så lenge inntaket fungerer. Med økende flom blir lukeløsningen mer effektiv. Luker gir bedre resultat for 1000års-flommen enn tunneler samtidig som sikkerheten for problemfri fungering er langt bedre.

Innbygging av to nye luker i massivdammen

Alternativet går ut på å sette inn to nye luker i dammen og støpe igjen flomtunnelene.

Med 1000års-flommen forutsettes stengte kraftstasjoner og en sammenligner avløpskurvene 3a og 6 som gir følgende flommer:

Avløpskurve	Avløpsflom	Flomvannstand Øyeren
3a: 3 valseluker + omløpstunnel	4589 m³/s	107,49
6: 3 valseluker + 2 segmentluker	4637 m³/s	107,01

I forhold til eksisterende situasjon med omløpstunnelene i drift gir to nye luker 0,48 m lavere flomvannstand i Øyeren og ca. 50 m³/s høyere vannføring nedstrøms Solbergfoss.

Med flom tilsvarende 1995-flommen forutsettes kraftstasjonene å være i drift med de avløpskapasiteter som da gjelder. En sammenligner kurvene 3 og 7 som gir følgende flommer:

Avløpskurve	Avløpsflom	Flomvannstand Øyeren
3: 3 valseluker + omløpstunneler + kraftstasjon i drift	3602 m³/s	104,44
7: 3 valseluker + 2 segmentluker + kraftstasjon i drift	3623 m³/s	104,41

For 1995-flommen gir to nye luker 0,03 m lavere flomvannstand i Øyeren og ca. 20 m³/s høyere vannføring nedstrøms Solbergfoss. Det er m.a.o. liten forskjell på de to alternativene når det gjelder flommer tilsvarende 1995-flommen. For 1000års-flommen gir imidlertid 2 nye luker en forbedring for Øyeren med 0,48 m lavere flomvannstand enn tunneler samtidig som sikkerheten for problemfri fungering er langt bedre.

Innbygging av en ny flomluke i massivdammen og opprusting av flomtunnelene

Alternativet går ut på å sette inn en ny luke i dammen og ombygging av flomtunnelene. Med flom tilsvarende 1995-flommen forutsettes kraftstasjonene å være i drift. En sammenligner kurvene 3 og 5 som gir følgende flommer:

Avløpskurve	Avløpsflom	Flomvannstand Øyeren
3: 3 valseluker + omløpstunneler + kraftstasjon i drift	3602 m³/s	104,44
5: 3 valseluker + omløpstunneler + ny segmentluke + kraftst.	3644 m³/s	104,38

For 1995-flommen gir en ny luke 0,06 m lavere flomvannstand i Øyeren og ca. 40 m³/s høyere vannføring nedstrøms Solbergfoss.

10. KONKLUSJON

Basert på vurdering av sikkerhet, virkninger og økonomi har utvalget prioritert alternativene i følgende rekkefølge:

1. Innbygging av en ny flomluke i massivdammen og gjenstøping av flomtunnelene. Antatt kostnad er ca. 31 mill kroner.

   Dette alternativet vil gi en fremtidig sikker flomavledning ved Solbergfoss. Det innebærer en liten forbedring av flomvannstanden i Øyeren for 1000års-flommen, og en liten forverring for flommer tilsvarende 1995-flommen.
   Når det gjelder nedstrøms virkninger blir flomtoppen ca. 50 m^3/s høyere enn med 1000års-flommen og ca. 20 m^3/s mindre enn 1995-flommen.

2. Innbygging av to nye flomluker i massivdammen og gjenstøping av flomtunnelene. Antatt kostnad er ca. 48 mill. kroner.

   Denne løsningen vil gi en fremtidig sikker flomavledning ved Solbergfoss. Den medfører en merkbar forbedring av flomvannstanden i Øyeren med ca. 0,5 m for 1000års-flommen, men bare 0,03 m for 1995-flommen. Nedstrøms Solbergfoss vil det bli en økning av flomtoppen med størrelsesorden 20-50 m^3/s.

3. Innbygging av en ny flomluke i massivdammen og ombygging av flomtunnelene. Antatt kostnad er ca. 51 mill. kroner.

   Dette alternativet er av utvalget ikke vurdert å være noen god løsning da en fortsatt må leve med usikkerheten for tilstopping i inntaket til omløpstunnelene. Virkningene av dette alternativet vil derfor gjelde med visse forbehold om intakte flomtunneler.

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

I 1996 ER FØLGENDE RAPPORTER UTGITT:

Nr 1 Ole Einar Tveito og Hege Hisdal: Forbedring av ekstrapolasjonsrutinen i KOFOT. (31 s)

Nr 2 Sylvia Smith-Meyer og Truls Erik Bønsnes: Erosjonsutsatte områder langs Sogna, Gardermoen. Fotoregistrering 20.-22.nov. 1995. (89 s.)

Nr 3 Leif J. Bogetveit: Flomvannstander Sarpsfossen-Rakkestadelva juni-95, (002.A0). (10 s.)

Nr 4 Heidrun Kårstein: Sluttrapport for grunnvannsundersøkelser i Jostedalen. (24 s.)

Nr 5 Bjarne Kjøllmoen: Massebalansemålinger. Storsteinsfjellbreen (173.AB6Z) 1991-95. Sluttrapport. (23 s.)

Nr 6 Ingjerd Haddeland: Beregning av flomvannstand ved Åmot bru. (9 s.)

Nr 7 Roger Sværd: Longyearbyen - Elvesletta. Preliminær flomberegning. (26 s.)

Nr 8 Knut Aune Hoseth (red.) og Tuva Cathrine Daae: Longyearbyen - Elvesletta. Vassdragstekniske vurderinger (34 s.)

Nr 9 Arve M. Tvede: Overføring av Erdalselvi (073.27) til Aurland. Konsekvenser for is- og vanntemperaturforhold. (20 s.)

Nr 10 Jim Bogen og Truls Erik Bønsnes: Flomtunnel Øyeren - Oslofjorden. En vurdering av konsekvensene for erosjon i deltaet i nordre Øyeren. (15 s.)

Nr 11 Bredo Erichsen og Erik Holmquist: Flommen i Vik i Sogn, uke 43. (42 s.)

Nr 12 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Hellelandsvassdraget (027.3Z). (26 s.)

Nr 13 Bredo Erichsen og Bjarne Krokli: Tilløpsflom til Øyeren i juni 1995. (8 s.)

Nr 14 Mike Kennett, Tron Laumann og Hallgeir Elvehøy: Snow-Pro - et barometer-basert utstyr for profilmåling av snødyp. (16 s.)

Nr 15 Grzegorz Perzyna: Flomberegning for Tafjordvassdraget (099.Z). (23 s.)

Nr 16 Magnus Landstad: Terskel ved Skjøllendhølen i Driva. Vassdrag nr. 109.Z, Sunndal, Møre og Romsdal (7 s.)

Nr 17 FORELØPIG.

Nr 18 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for dammer i Votna i Hallingdal (012.CEZ). (16 s.)

Nr 19 Hallgeir Elvehøy og Søren Kristensen: Avrenning til inntakene til Svartisen Kraftverk. (18 s.)

Nr 20 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning Solbergfoss (002.Z). (18 s.)

Nr 21 Roger Sværd: Flomberegning for Damvatnet på Ringvassøya. (25 s.)

Nr 22 Gunnstein Brakestad og Marit Eide: Vassdragsteknisk seksjon 1995. (14 s.)

Nr 23 Heidrun Kårstein: Grunnvannsundersøkelser i Altavassdraget. Sluttrapport. (25 s.)

Nr 24 Eirik Traae: Beregning av avløpskurver for Øyeren. (17 s.)

Nr 25 Rune Dahl, Frode Trengereid og Hans Otnes: Årsrapport for NVEs Havarigruppe. (12 s.)

Nr 26 Einar Beheim, Bjørn Honningsvåg, Dan Lundquist, Gjermund Molle, Lars-Evan Pettersson og Øystein Rafoss: Flomavledning ved Mørkfoss/Solbergfoss (002.B). (16 s.)