



Overføring av Røvatn til Hjertvatn i Forsåvassdraget, Ballangen kommune

Virkninger på vannstands- og vannføringsforhold

Roger Sværd

7
2005



OPPDRA GSRAPPORT A

Overføring av Røvatn til Hjertvatn i Forsåvassdraget, Ballangen kommune

Virkninger på vannstands- og vannføringsforhold

Norges vassdrags- og energidirektorat

2005

Oppdragsrapport A nr 7 2005

Overføring av Røvatn til Hjertvatn i Forsåvassdraget, Ballangen kommune. Virkninger på vannstands- og vannføringsforhold

- Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
- Forfatter: Roger Sværd
- Trykk: NVEs hustrykkeri
- Opplag: 70
- Forsidefoto: Sikt innover Skårvatnet, fra utløpsområdet mot øst. Foto NVE, 14. juni 2000. Dette er en moderat flomvannstand som etter utbygging vil være ca 25 cm lavere. Normalvannstanden for naturlig system ligger ca 56 cm lavere enn fotovannstanden, etter utbygging senkes denne med 9 cm.
- ISSN: 1503 - 0318
- Sammendrag: Denne rapporten gir resultatene av nødvendige beregninger for å bestemme endringer av vannførings- og vannstandsforhold som følge av en planlagt utvidelse av Hjertvatn kraftverk i Melkedal, Ballangen kommune, Nordland fylke.
- Det skal bygges en ny overføring. Vann fra Røvatnet overføres med en tunnel til det tidligere hovedmagasinet i Hjertvatnet. Installasjonen i kraftverket skal økes, turbinenes samlede slukeevne skal økes.
- Rapporten er utarbeidet på oppdragsbasis av NVE, Hydrologisk avdeling, seksjon for vannbalanse. Oppdragsgiver er Ballangen Energi AS.
- Emneord: Nordland fylke, Ballangen kommune, Forsåvassdraget, Melkedal, Hydrologiske virkninger, vannstandsregime, vannføringsregime, vannføringskurver, innsjørouting.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mars 2005

Innhold

Forord	5
Sammendrag	6
1 Beskrivelse av oppgaven	7
1.1 Tidligere kraftutbygging i vassdraget	7
1.2 Nye utbyggingsplaner	8
1.3 Bruk av reguleringsmagasinet i Hjertvatn	9
1.4 Virkninger på vannstands- og vannføringsforhold	11
2 Utført feltarbeid	13
2.1 Vannføringsmålinger	13
2.2 Vannstandsmålinger.....	14
3 Beskrivelse av vassdraget	18
3.1 Feltegenskaper	18
3.1.1 Historisk vassdragsbeskrivelse fra 1907.....	19
3.1.2 Gruvedrift i perioden 1899 til 1913	21
3.2 Arealer og avløp.....	22
3.3 Røvatnet	24
3.4 Skårvatnet	25
3.5 Melkevatnet	26
3.6 Sjurvatnet	28
3.7 Hjertvatnet	31
3.8 Forsåvatnet.....	35
4 Hydrologiske beregninger	37
4.1 Grunnlagsdata	37
4.2 Representative vannføringsserier.....	37
4.3 Utvidelse av serier	39
4.4 Beregningsmetodikk	40
4.4.1 Routing.....	40
4.4.2 Tappestrategier for kraftverket	40
4.5 Beregning av magasin vannstander	41

4.6	Sammenligning av målte og beregnede vannstander sommeren 2000.....	41
4.7	Usikkerhet	42
5	Virknninger og mulige tiltak	45
5.1	Røvasselva til Skårvatn	45
5.2	Skårvatnet og Skårvasselva.....	46
5.3	Melkevatnet og Melkeelva.....	50
5.4	Elv fra Røvatn til Hjertvatn.....	56
5.5	Hjertvatn.....	57
5.6	Sjurvatnet og Sjørelva	59
	5.6.1 Vannføringer i Sjørelva i perioden juli til september.....	62
	5.6.2 Vannføringer i Sjørelva før og etter bygging av Hjertvatn kraftverk.....	65
5.7	Forsåvatnet og Forsåfossen	67
6	Konklusjon	69
	Referanser	70
	Bilag	70
	Bilag 1: Oversiktskart	71
	Bilag 2: Oversiktskart med avløpskoter	74
	Bilag 4: Tappestrategier for Hjertvatn kraftverk.....	77
	Bilag 5: Regresjonsligninger.....	78
	Bilag 6: Beregning av serier for lokalfelt.....	81
	Bilag 7: Serieoversikt Routingberegninger	82

Forord

Simulering av tidsserier for vannstander og vannføringer i berørte innsjøer, magasiner og elver før og etter inngrep som endrer den naturlige vannstrømmen i vassdraget, er viktig for å kvantifisere virkninger av kraftutbygging.

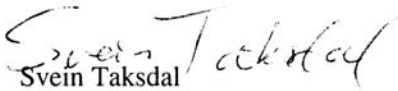
Denne rapporten gir resultatene av nødvendige beregninger for å bestemme endringer som følge av en planlagt utvidelse av Hjertvatn kraftverk i Melkedal, Ballangen kommune, Nordland fylke. Det skal bygges en ny overføring. Vann fra Røvatnet overføres med en tunnel til det tidligere hovedmagasinet i Hjertvatnet. Installasjonen i kraftverket skal økes, turbinenes samlede slukeevne skal økes.

NVE håper rapporten kommer til nytte som faglig utredning i konsesjonssøknaden om gjennomføring av aktuelle tiltak, og at utredningen kan gi innsikt for å løse problemstillinger omkring de virkninger som kommer i vassdraget som følge av ny utbyggingsplan.

Rapporten er utarbeidet av NVE, Hydrologisk avdeling, seksjon for vannbalanse. Hydrologisk avdeling er nasjonalt fagorgan innen hydrologi i Norge.

Forfatter er Roger Sværd ved NVE`s regionkontor i Narvik. Rapporten er kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist ved NVE`s hovedkontor i Oslo.

Oslo og Narvik, Mars 2005


Svein Taksdal
Fung. avdelingsdirektør


Sverre Husbye
seksjonssjef

Sammendrag



Oversiktskart

Målsetningen med rapporten er å dokumentere virkninger på vannstander og vannføringer i vassdraget som følge av konsesjonssøkt endring av Hjertvatn-utbyggingen. I kapittel 1 gis det en kvalitativ gjennomgang av en del forutsetninger for de hydrauliske- og hydrologiske beregninger.

Kapittel 2 beskriver alt arbeid som er utført i felt. Dette er vannføringsmålinger, vannstandsmålinger og inspeksjoner av aktuelle målestasjoner.

I kapittel 3 beskrives alle forhold som er lagt til grunn for de hydrologiske beregningene. Dette gjelder feltegenskaper generelt og spesifikke data, som magasin- og vannføringskurver, for hver innsjø som analyseres.

I kapittel 4 beskrives alle hydrologiske data og beregningsmetodikk som er lagt til grunn for de hydrologiske beregningene.

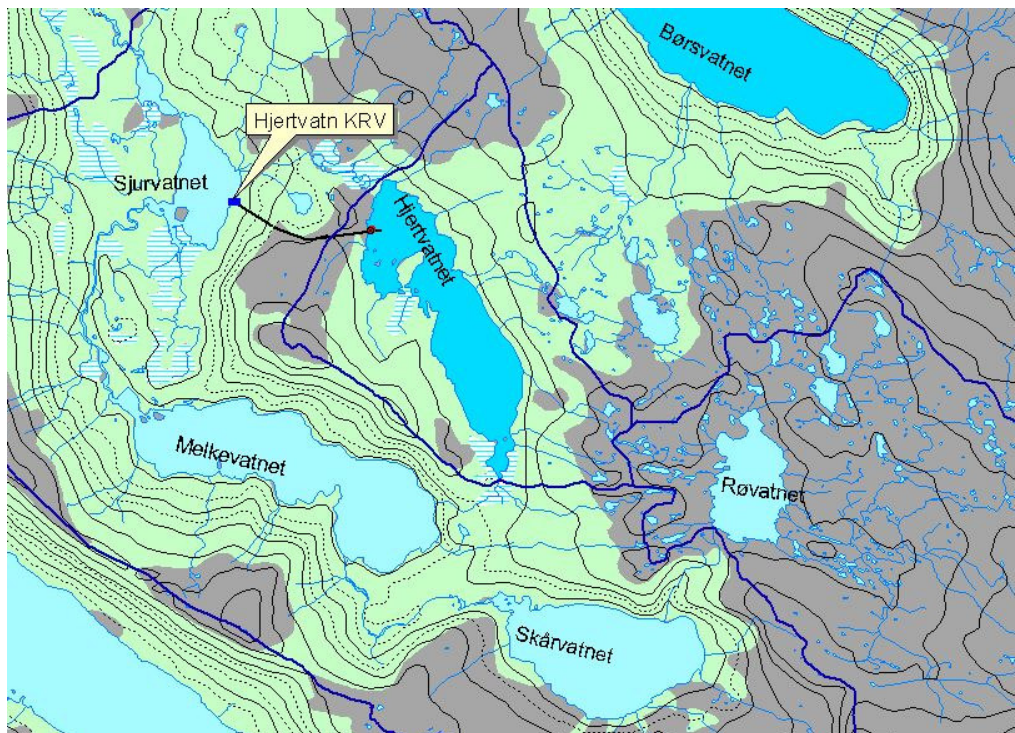
I kapittel 5 beskrives alle beregningsresultater nedover i vassdraget. Mulige tiltak for å kompensere endrede vannstander og vannføringer kommenteres.

Kapittel 6 inneholder rapportens konklusjoner.

1 Beskrivelse av oppgaven

Målsetningen med rapporten er å dokumentere virkninger på vannstander og vannføringer i vassdraget som følge av konsesjonssøkt endring av Hjertvatnutbyggingen. Her gis en kvalitativ beskrivelse av utførte hydrauliske- og hydrologiske beregninger.

1.1 Tidligere kraftutbygging i vassdraget



Figur 1.1 : Oversiktskart Hjertvatn kraftverk og magasinet i Hjertvatnet.

I forbindelse med gruvedrift i regi av selskapet "The Melkedalen Copper Mines Ltd" ble det høsten 1901 bygget en dam i utløpet av Sjurvatnet. Dammen var 3 meter høy og reguleringen ble foretatt for å skaffe vann til et vaskeri for raffinering av koppermalm, og til et kraftverk med to turbiner på hhv 20 og 70 hk ytelse. Deler av denne dammen utgjør i dag vegfyllingen, og jernrøret som har vært inntak til kraftverket ligger der fremdeles. Det må antas at normalvannstanden i Sjurvatnet i en periode har vært 1 – 2 m høyere enn i dag. Det er uklart når dagens stabile hovedløp under vegbrua ble etablert. All gruvedrift ble nedlagt i 1913.

Vassdraget ble igjen utbygget på slutten av 50-tallet. Det ble gitt tillatelse til utbyggingen ved kronpr.reg. resolusjon av 18. november 1955. Det ble gitt tillatelse til dagens utbygging pluss overføring av Røvatnet til Hjertvatnet. Denne siste delen

av konsesjonstillatelsen ble ikke tatt i bruk av Ballangen Kraftlag AS som selskapet het den gang.

Kraftverket kom i drift i 1957 og den første reelle nedtapping av magasinet startet på senhøsten 1959. Hjertvatnet er regulert mellom grensene HRV på kote 254.3 og LRV på kote 239, en reguleringshøyde på 15.3 m. Se kapittel 1.3 og figur 1.3.1.

Kraftverket nytter fallet mellom hovedmagasinet i Hjertvatnet og til noe over Sjurvatnets vannstand, og har et bruttofall på ca 193 m. Kraftverket har en maksimal ytelse på 2.5 MW og en midlere årsproduksjon på vel 6 GWh.

Virkningene i vassdraget på grunn av denne utbygginga er belyst i kap 5.

1.2 Nye utbyggingsplaner

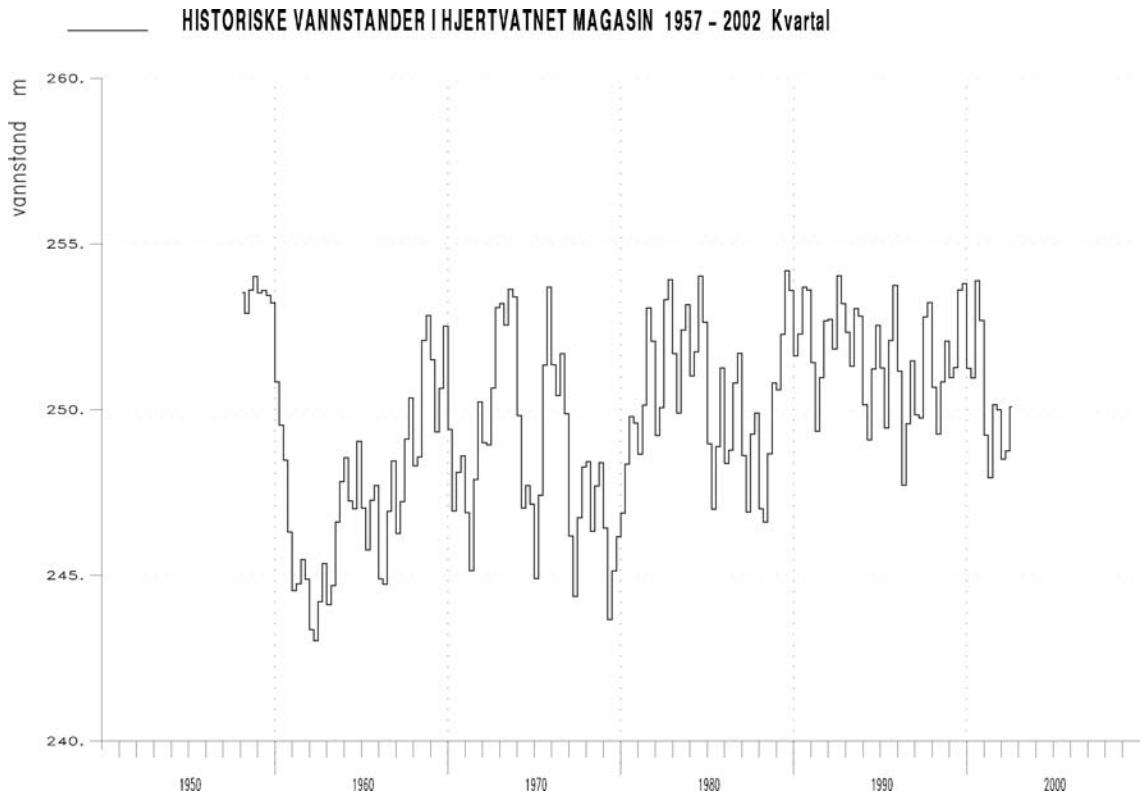
Ballangen Energi AS ønsker nå å gjennomføre en opprustning av systemet i Melkedalen:

- Det skal bygges en ny overføring. Vannet fra utløpselva like nedstrøms Rauvatnet overføres til Hjertvatnets felt via en kort tunnel og til et eksisterende elveleie ned mot magasinet. Det kan bli aktuelt å bygge et kraftverk på denne overføringa.
- Et lite felt beliggende ved nordenden av Hjertvatnet vurderes overført inn mot Hjertvatnet. Dette feltet er på ca 1.5 – 1.8 km². Feltet kan overføres med enkle bygningsmessige tiltak. Det må bygges en terskel og foretas enkle kanaliseringer gjennom strekninger med lausmasse og myr.
- Installasjonen i kraftverket skal økes fra dagens 2.5 MW til ca 3.5 MW. Dette tilsvarer at driftsvannføringa på turbinens bestpunkt ved maksimal oppnåelig virkningsgrad øker fra 2.1 til ca 3.0 m³/s.

Magasinet i Hjertvatnet skal drives etter modell av de seneste årene, både for å optimalisere fallhøyden i verket og for å ikke trekke vannstandene så lavt at det oppstår erosjonsproblemer.

De nye planene vil skape virkninger i vassdraget fra inntaket i elva ut av Røvatnet og helt ned til Forsåelvas utløp til havet. Dette er belyst i kap 5.

1.3 Bruk av reguleringsmagasinet i Hjertvatn



Figur 1.3.1 : Kvartalsdata for magasin vannstander i Hjertvatnet for hele driftsperioden. Se også figur 3.7.a som viser et flyfoto av magasinet den 27. august 1961 med vannstand 245.12.

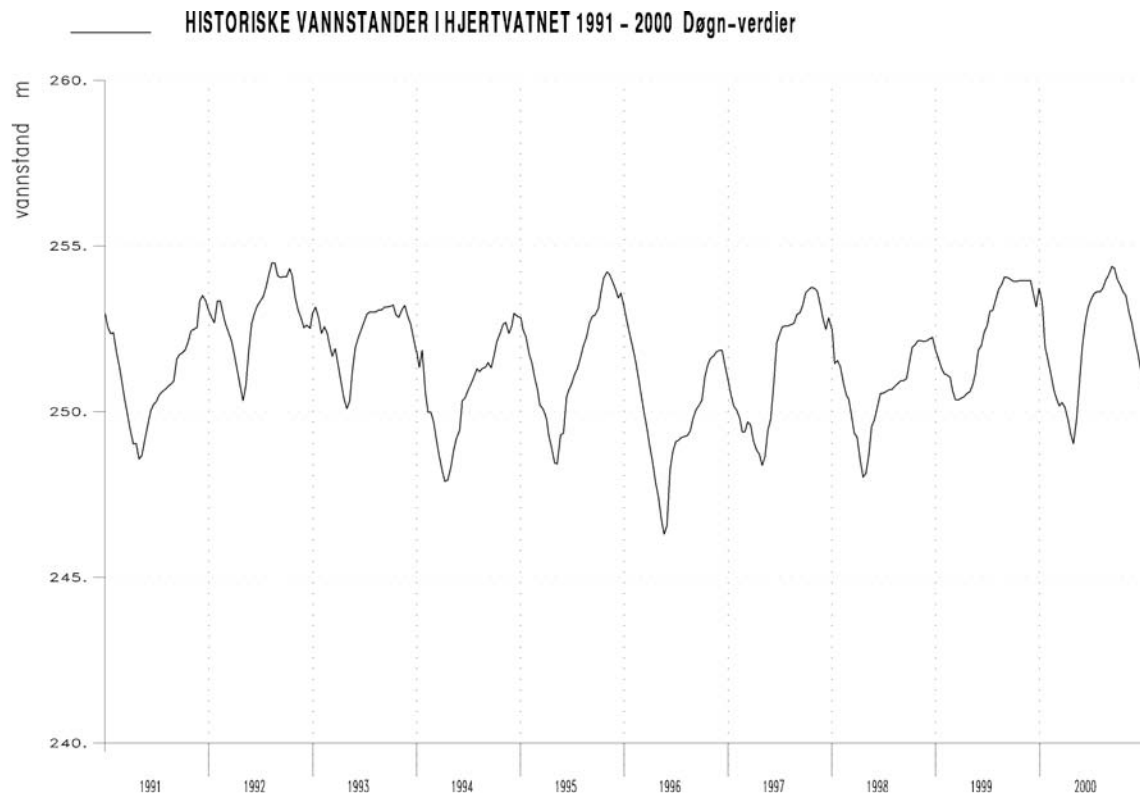
Figur 1.3.1 viser historiske data for vannstanden i magasinet Hjertvatnet. HRV er på kote 254.3, LRV ligger på kote 239.

De første årene ble magasinet hardt nedtappet og lå i flere år nede på vannstander ca 10 m under HRV. Vannstandene har aldri vært helt nede på LRV. I årene fram til 1980 ble magasinet flere ganger tappet ned til vannstander på kote 243 – 245. På 80-tallet var magasinet aldri lavere enn kote 245, og fra 1990 og senere frem til dags dato har magasinet bare tre ganger vært lavere enn kote 247. Se figur 1.3.2 neste side.

Vinteren 2002/2003 ble magasinet senket ned til kote ca 242 i forbindelse med vedlikehold av inntakssystemet og lukekostruksjoner. Dette er 3 m over tillatt laveste regulerende vannstand LRV på kote 239.

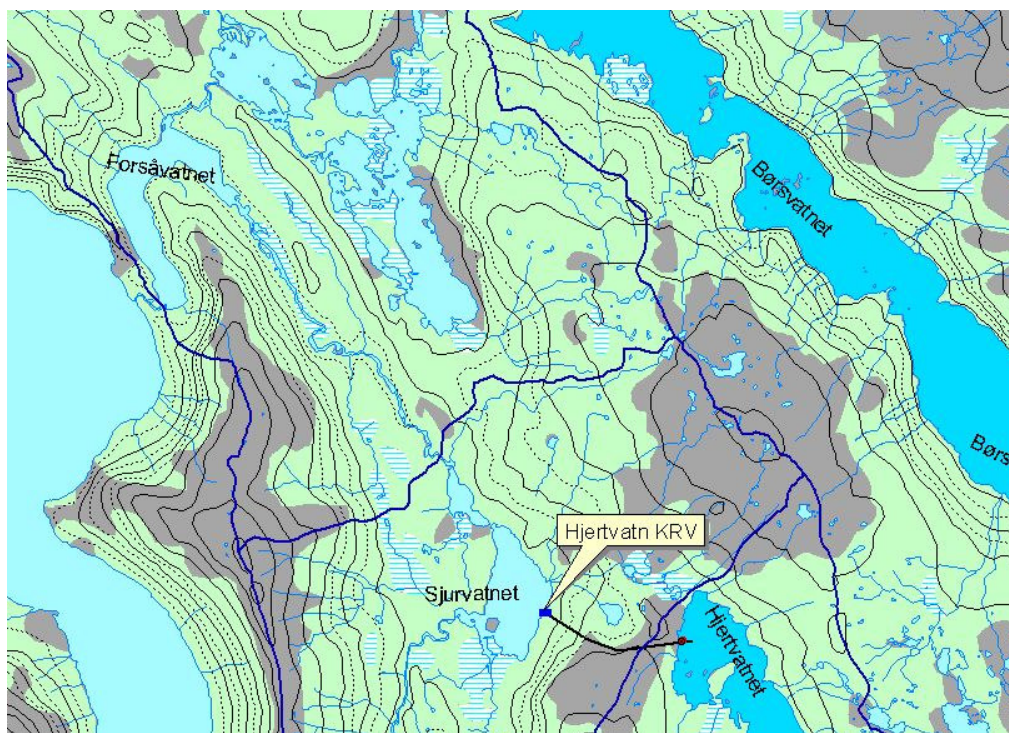
Ballangen Energi ønsker også i fremtiden å bruke magasinet på tilnærmet samme måte som den siste 10-årsperioden. Denne klare forutsetning er lagt til grunn ved simuleringene av vannstander i Hjertvatnet for fremtidig system, se resultatet av beregninger i kap 5.5.

Det nye systemet får et økt tilsig samtidig som den maksimale slukeevnen i kraftevrket økes. Disse endringene henger nøye sammen, og den resulterende effekten er at nødvendig magasinbehov ikke øker i det nye systemet.



Figur 1.3.2 : Døgndata for magasin vannstander i Hjerrvatnet for den siste 10-årsperioden.

1.4 Virkninger på vannstands- og vannføringsforhold



Figur 1.4 : Oversiktskart Hjertvatn kraftverk og vassdraget ned til utløpet i havet.

De nye planene vil skape virkninger i vassdraget fra inntaket i elva ut av Røvatnet og helt ned til Forsåelvas utløp til havet. Virkningene vurdert mot dagens tilstand i vassdraget kan kvalitativt oppsummeres i følgende punkter:

- Fra utløpet av tunnelen fra Røvatnet vil det bli en stor økning av vannføringen i en eksisterende bekk ned mot Hjertvatnet. Det kan bli nødvendig med bygningsmessige tiltak, i form av kanal og terskel, på det siste partiet inn mot Hjertvatnet. Elva nedstrøms inntaket i elva fra Røvatnet tørrlegges.
- Et lite felt ved et myrområde i nordenden av Hjertvatnet vurderes kanalisert inn mot Hjertvatnet. Elva ned mot Sjurvatnet blir da helt tørrlagt.
- Magasinet i Hjertvatnet kan brukes mer restriktivt med tanke på senkning av vannstandene. Her er det mulig med positive virkninger i form av et vannstandsregime som harmonerer med hvordan magasinet har vært drevet de siste 10 år.
- Skårvatnet vil få reduserte vannstander, og elva ned til Melkevatnet vil få lavere vannføringer. Vannstandene i Skårvatnet kan holdes på et naturlig nivå ved å bygge en terskel i utløpet.

- Melkevatnet vil få reduserte vannstander, og elva ned til Sjurvatnet vil få lavere vannføringer. Melkevatnet er tidligere berørt, nye utbyggingsplaner vil gi ytterligere senkning av vannstandene. Vannstandene i Melkevatnet kan holdes på dagens nivå ved å bygge en terskel i utløpet. Det kan også kompenseres for endringene fra 1959 , men dette må da veies opp mot at det har etablert seg en ny naturtilstand langs strandsonen på disse 45 årene.
- Fra Sjurvatnet og ned til havet vil vassdraget ha samme vannmengde som tidligere, men vannføringa til enhver tid vil bli noe endret på grunn av den utjevne effekten magasinet i Hjertvatnet skaper, og på grunn av at turbinens slukeevne økes.

2 Utført feltarbeid

Beskriver alt arbeid som er utført i felt. Dette er vannføringsmålinger, vannstandsmålinger og inspeksjoner av aktuelle målestasjoner.

2.1 Vannføringsmålinger

Det er utført vannføringsmålinger i elva like nedstrøms utløpet av Skårvatnet og i elva like nedstrøms utløpet av Melkevatnet, begge steder for å ha et grunnlag for konstruksjon av vannføringskurver. En vannføringskurve er en begrunnet sammenheng mellom vannstand i innsjøen og den samtidige vannføringa i utløpet. Kurvene er belyst i kap 3, beskrivelse av vassdraget.

Det er også foretatt målinger ved de ordinære målestasjonene i prosjektperioden, delvis i kombinasjon med feltarbeid på dette prosjektet.

Dato	lok vst	kote	Målt vf	Merknad
	m	moh	m ³ /s	
1.10.2000	0.14	161.43	0.100	Ikke målt, antatt salpunkt stipulert fra plott
1.11.2000	0.32	161.61	0.500	Målt , 1 hastighetsprofilering, 3 saltmålinger
24.10.2001	0.68	161.97	3.2	Ikke målt, stipulert ut fra plott
20.06.2000	0.95	162.24	6.3	Målt , 3 saltmålinger, senere stipulert

Tabell 2.1.1 : Vannføringsmålinger og kurvegrunnlag nedstrøms Skårvatnet.

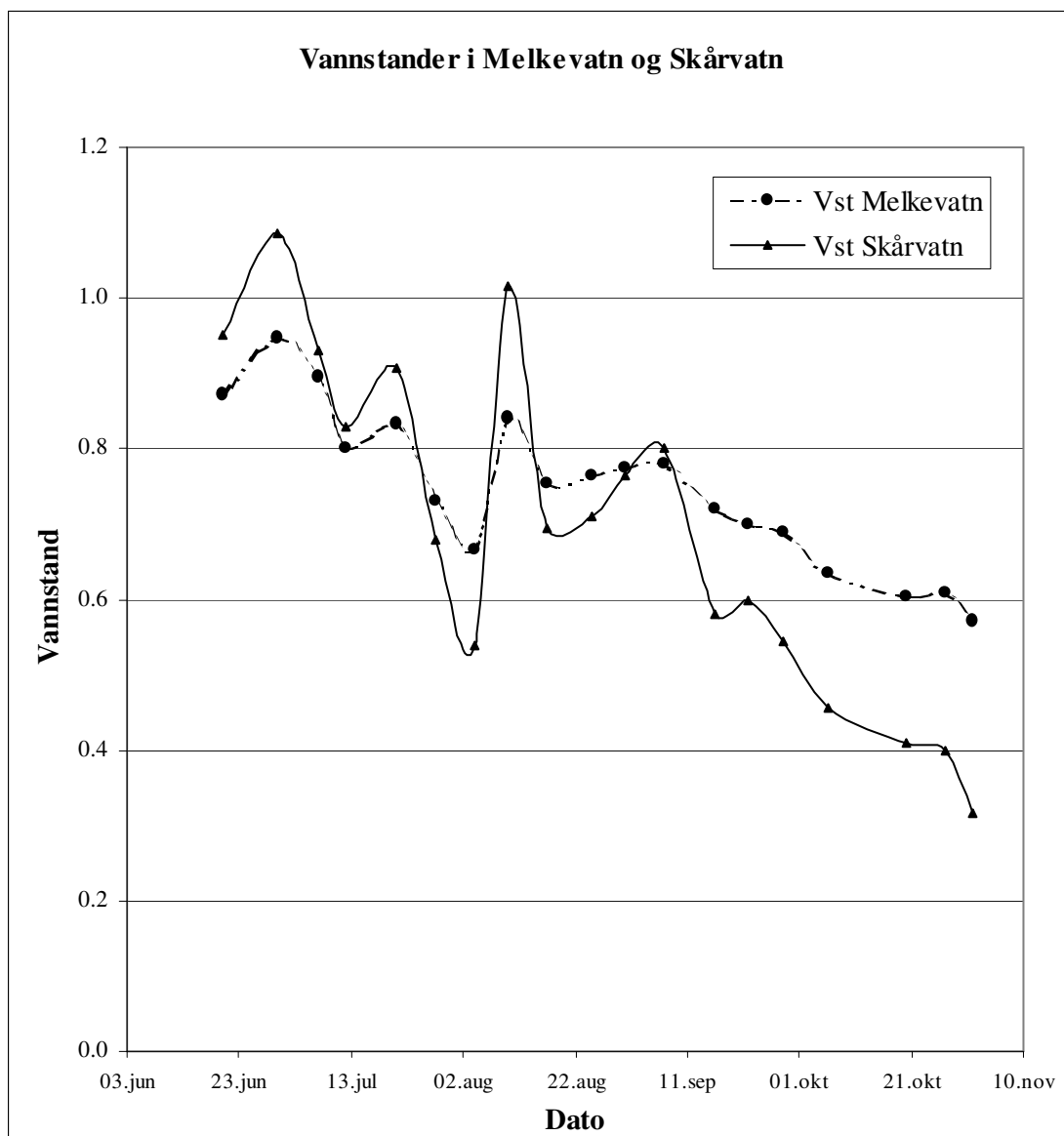
Dato	lok vst	kote	Målt vf	Merknad
	m	moh	m ³ /s	
1.10.2000	0.44	93.675	0.100	Ikke målt, antatt salpunkt stipulert fra plott
1.11.2000	0.57	93.805	0.660	Målt , 1 hastighetsprofilering, 3 saltmålinger
24.10.2001	0.75	93.985	3.6	Ikke målt, stipulert ut fra plott
20.06.2000	0.87	94.105	6.6	Målt , 1 hastighetsprofilering, 1 saltmåling

Tabell 2.1.2 : Vannføringsmålinger og kurvegrunnlag nedstrøms Melkevatnet.

Hastighetsprofilering går ut på å fysisk måle hastigheten på vannet i 3 – 5 punkt i ti vertikaler over elva, dvs ca 50 enkeltpunkt. Man bruker et måleinstrument med propell og omløpsteller, og holder orden på målepunkt og vertikaler med inndelt målestang og målebånd over elva. Tverrsnittsarealet blir da kartlagt, og man måler den romlige hastighetsfordelinga i vannstrømmen. Beregnet verdi for snitthastigheten ganges så med strømningsarealet og man har vannføringen.

Saltmåling går ut på at man måler hvordan elvevannet fortynner en saltløsning. Fortynningen måles med å finne ledningsevnen i vannet noe nedstrøms utlippsstedet, og så langt ned at man forventer at all saltløsning er godt omrørt og fordelt i alt elvevann. Når data for løsninga er kjent vil da ledningsevnen være avhengig av hvor mye løsningen er fortynnet, og det igjen er avhengig av vannmengdene som strømmer i elva.

2.2 Vannstandsmålinger



Figur 2.2.1 : Målte vannstander i Skårvatnet og Melkevatnet sommeren 2000

For å ha en uavhengig sjekk av vannstandsforløpet i de to innsjøene Skårvatnet og Melkevatnet ble det foretatt målinger av vannstander i begge vann sommeren 2000. Målingene ble utført av Ballangen Energi AS i egen regi. Mellom 20. juni og 1. november ble det foretatt 19 enkeltobservasjoner av vannstanden jevnt fordelt utover

sommeren og høsten, målingene er vist i figur 2.2.1. Målingene er godt og konsistent utført av Ballangen Energi AS. Det ble ikke konstatert ulogiske eller feile verdier for noe målepunkt ved gjennomgang av dataene vinteren 2000/2001.

Forløpet av vannstandene i de to vannene har et forløp som er klassisk, og har karakteristiske trekk rent hydrologisk. Begge vann har en fallende vannstand utover sommeren.

Skårvatnet faller mest da det er et betydelig mindre vann i volum og har et relativt sett bredt utløp, vannet har også en rask reaksjon på økt tilsig og en rask tømning etter slike episoder. Vannstanden i Skårvatnet faller med vel 60 cm i måleperioden.

Melkevatnet er vesentlig større i areal og har et relativt sett smalt utløp, og feltarealet er betydelig større. Dette gjør at Melkevatnet har stor dempningseffekt. Episoder med snøsmelting fra høytliggende arealer på sommeren vil bli noe dempet ut gjennom Skårvatnet før det når Melkevatnet. Andelen av høytliggende areal er betydelig mindre for dette feltet. Dette gjør samlet at vannstanden har et tregere varasjonsmønster sammenlignet med Skårvatnet. Vannstanden i Melkevatnet faller med vel 30 cm i løpet av måleperioden.

Dato	Vannstand i Melkevatn				Vannstand i Skårvatn			
	tid	avlest m	omregn m	beregn kote	tid	avlest m	omregn m	beregn kote
20.jun.00	9.45	0.130	0.870	94.105	15.58	1.050	0.950	162.240
30.jun.00	10.00	0.055	0.945	94.180	11.30	0.915	1.085	162.375
07.jul.00	9.00	0.105	0.895	94.130	9.45	1.070	0.930	162.220
12.jul.00	14.00	0.198	0.802	94.037	12.50	1.171	0.829	162.119
21.jul.00	10.00	0.168	0.832	94.067	11.00	1.092	0.908	162.198
28.jul.00	11.30	0.268	0.732	93.967	12.30	1.322	0.678	161.968
04.aug.00	10.35	0.335	0.665	93.900	11.30	1.460	0.540	161.830
10.aug.00	19.10	0.160	0.840	94.075	17.40	0.985	1.015	162.305
17.aug.00	16.30	0.245	0.755	93.990	17.30	1.305	0.695	161.985
25.aug.00	9.30	0.235	0.765	94.000	11.00	1.290	0.710	162.000
31.aug.00	16.30	0.225	0.775	94.010	17.30	1.235	0.765	162.055
07.sep.00	16.45	0.220	0.780	94.015		stip	0.800	162.090
16.sep.00	15.00	0.280	0.720	93.955	16.10	1.420	0.580	161.870
22.sep.00	18.45	0.300	0.700	93.935	17.30	1.400	0.600	161.890
28.sep.00	16.30	0.310	0.690	93.925	17.40	1.455	0.545	161.835
06.okt.00	9.00	0.365	0.635	93.870	10.00	1.544	0.456	161.746
20.okt.00	14.30	0.395	0.605	93.840	16.15	1.590	0.410	161.700
27.okt.00	16.30	0.390	0.610	93.845	14.30	1.600	0.400	161.690
01.nov.00	17.00	0.430	0.570	93.805	14.15	1.685	0.315	161.605

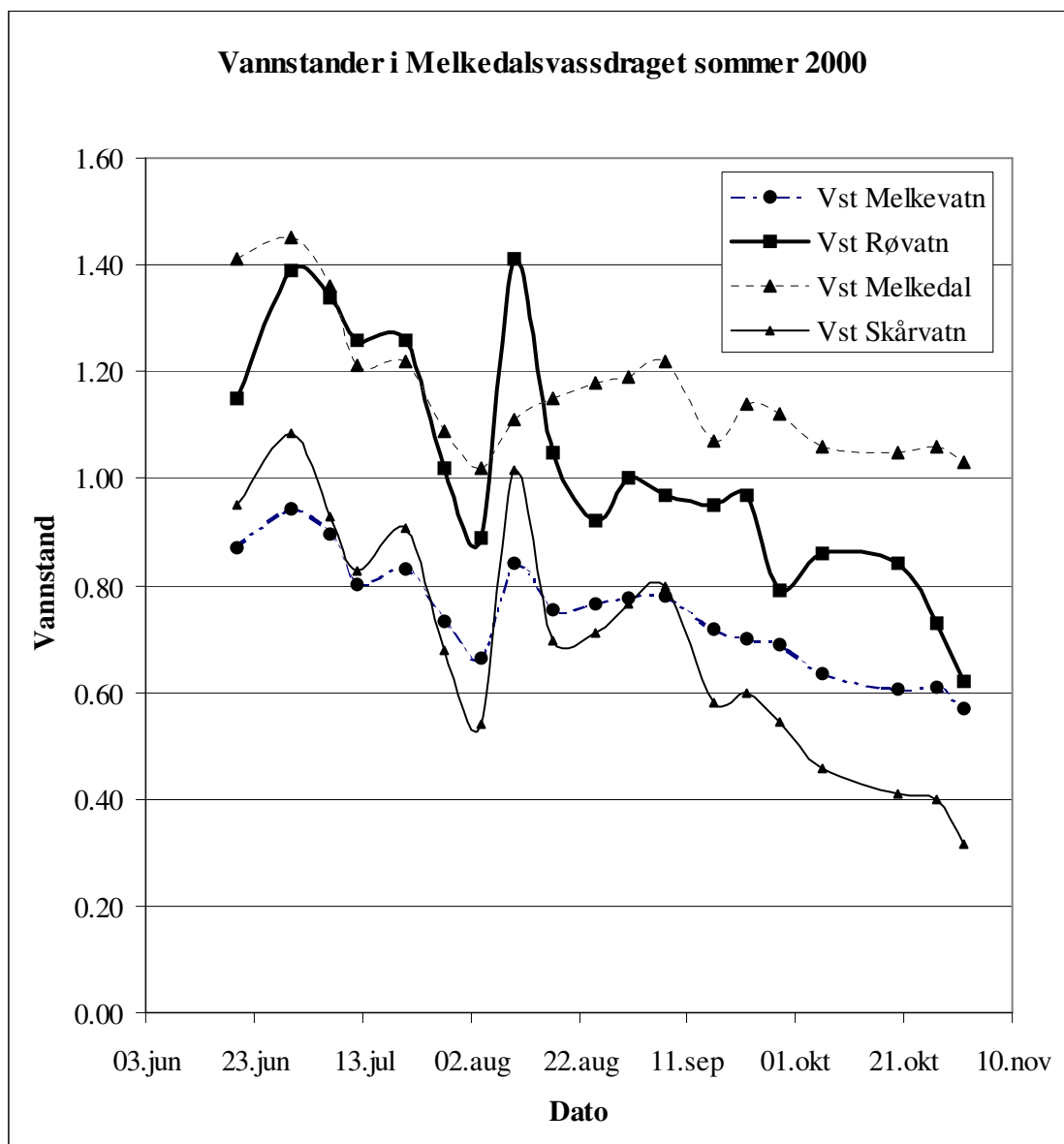
Tabell 2.2 : Vannstandsavlesninger i Melkedalsvassdraget sommeren 2000.

Målte vannstander er først konvertert til rettvendt skala fordi det er målt fra et punkt og ned til vannflata begge steder. Referansepunktet er gitt høyden 1 m på Melke-

vatnet og høyden 2 m på Skårvatnet. Dernest er karthøydene på vatnet brukt for å konvertere lokale vannstander til NGO-koter, og det er valgt en antatt lokal høyde som tilsvarer middelvannstanden angitt på kartet:

- Melkevatnet: Lokal høyde 0.75 er satt lik 93.985 moh. (kartverdi 94 moh)
- Skårvatnet: Lokal høyde 0.70 er satt til 161.99 moh. (kartverdi 162 moh)

Figur 2.2.2 nedenfor viser en sammenligning mellom de målte vannstander i Melkevatnet og Skårvatnet, og de samtidige vannstander som er målt ved de to målestasjonene i vassdraget 172.5 Melkedal og 172.8 Røvatnet.



Figur 2.2.2 : Målte vannstander sammenlignet med målingene ved det hydrologiske stasjonsnett

Der er god samvariasjon mellom målestasjonene og manuelt målte vannstander i de to vann i perioden frem til den 10. august. Etter dette går vannstanden ned alle steder med unntak av målestasjonen 172.5 Melkedal, denne har en jevn stigning av vannstanden fortsatt frem til 7. september. Dette kan tyde på at nedbør som kommer inn i dalføret fra vest ikke når helt inn til Skårvatnet og Røvatnet innerst i området.

Sammenligner man de to innerste feltene i dalføret, Skårvatnet og Røvatnet, har disse en tilnærmet lik oppførsel. Ulikhetene som er skyldes nok at feltene totalt sett har helt ulik konsentrasjonstid og ulike parametre som styrer dempingen av vannstrømmen i systemene.

De to ytterste feltene målestasjonen Melkedal og Melkevatnet har også en innbyrdes tilnærmet lik samvariasjon. Ulikheten her skyldes også her ulike dempnings-egenskaper og dynamisk oppførsel totalt sett i feltene.

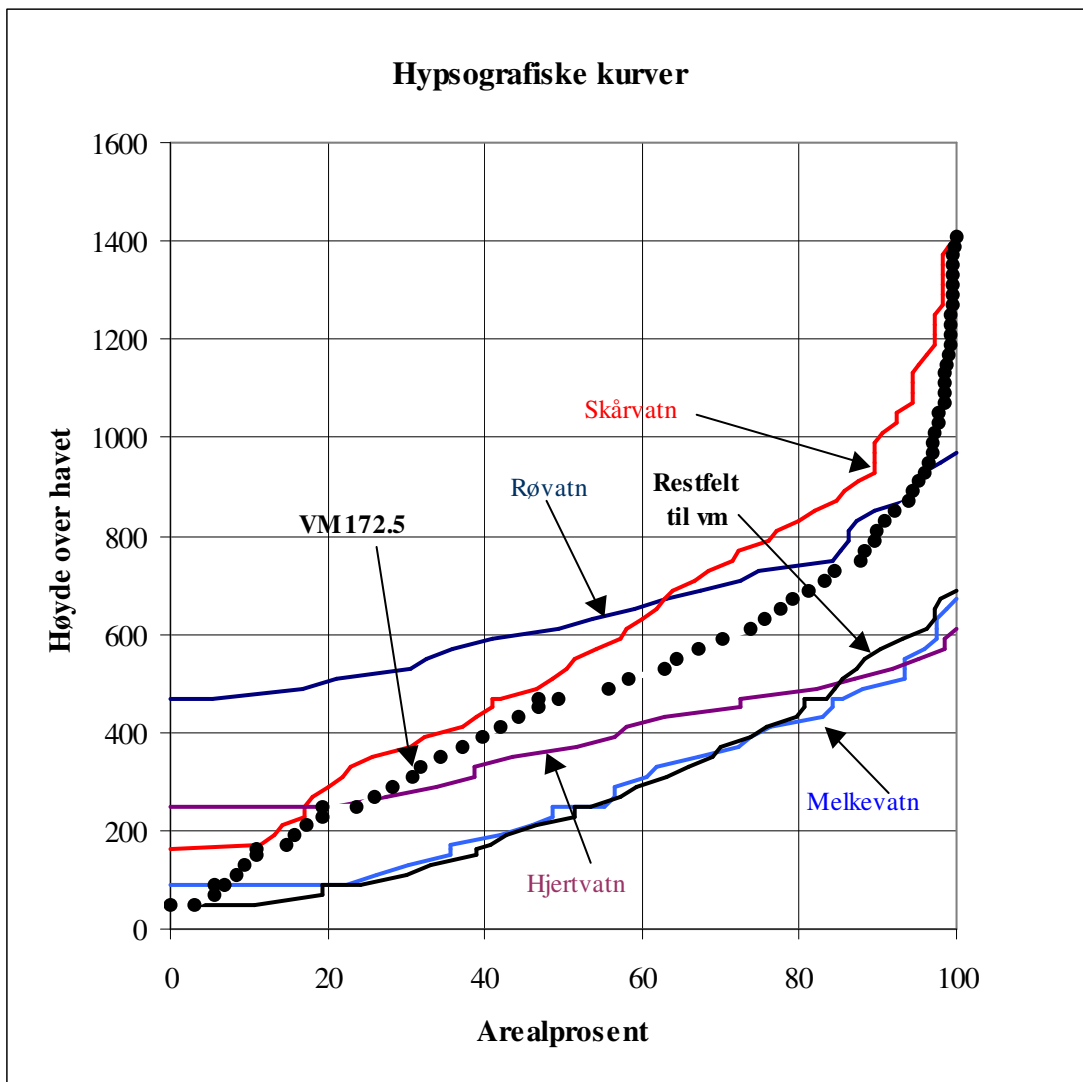


Figur 2.2.2 : Manuell måling av vannstand i Melkevatnet den 20. juni 2000 kl 0945. Vannstanden i kotehøyde måles til 94.105 moh. Se også figur 5.3.2 og tabell 2.2.

3 Beskrivelse av vassdraget

Her beskrives alle forhold som er lagt til grunn for de hydrologiske beregningene.

3.1 Feltegenskaper



Figur 3.1.a : Høydefordeling i vassdraget

Viser til oversiktskart i bilag 1.

Røvatn er et utpreget høyfjellsfelt med viddepreg, 80 % av feltet ligger i høydeintervallet 470 til 750 moh, og 20 % av feltet ligger over kote 750 med de høyeste pertier på 970 moh. Slike felt kan ha stor samtidighet i prosesser som skaper avløpet. Smelteflommer på våren vil foregå over store deler av feltet samtidig, og feltet har en

sen vår og tidlig frost om høsten. Feltet har nesten ingen skogdekning og stor andel snaufjell.

Skårvatn har mye høyfjell men en jevnt over brattere helning på feltet. Disse store høydegradientene gjør at samtidig snøsmelting skjer på et noe mindre areal enn om feltet hadde vært flatt. Det blir mindre samtidighet på grunn av at slike felt gjerne også har en større temperaturgradient, under våren tar det lang tid før de høyestliggende delene av feltet oppnår smeltetemperaturer. Da er det gjerne grønt i de nedre deler av feltet. Dette feltet har bare skog i nedre del rundt utløpet av vatnet og i de sørvendte partiene mot elva fra Røvatnet. Stor andel snaufjell.

Hjertvatn har en høydefordeling som ligner på Røvatn, men nesten hele feltet ligger ca 250 m lavere. Hjertvatnet har derfor en tidligere start på vårflommene. Hele 80 % av arealet ligger under laveste høyde for feltet til Røvatn. Stort sett hele dette feltet er skogkledt, med bare litt snaufjell i de høyeste partiene.

Melkevatnet og **restfeltet til vm 172.5 Melkedal** nedstrøms utløp Melkevatnet, har lik høydefordeling og er relativt lavtliggende med ca 80 % av arealet under kote 400. Feltene har en betydelig skogdekning og en god del myrer og løsmasseformasjoner.

VM 172.5 er feltet til målestasjonen 172.5 Melkedal. Denne høydefordeling er integrasjonen av de øvrige feltene og innehar summen av delfeltenes egenskaper. Høydefordelingen for dette feltet er sammenlignbar med feltet til Skårvatn, øvrige feltengslaper for disse to er ganske forskjellige.

De indre og høyreliggende feltene i Melkedal kan karakteriseres som noe kontinentale, med en utpreget vårflom og dominerende vinterlavvann. De ytre deler av vassdraget med hoveddalføret fra Melkevatnet til Forsåvatnet er betydelig preget av maritime forhold. Her kan det både på høsten og vinteren forekomme betydelige flommer forårsaket av regn og snøsmelting. Flommene kan være like store hele året.

Det er tre målestasjoner i vassdraget. VM 172.1 Forsåvatnet, vm 172.5 Melkedal og vm 172.8 Røvatnet. Avløpsforholdene ved disse er vist i kap 5. Se også bildetekstene til bilag 1 som beskriver hvor disse målestasjonene er plassert i vassdraget.

3.1.1 Historisk vassdragsbeskrivelse fra 1907

Som en kuriositet siteres her fra sidene 448 og 449 i en beskrivelse av vassdraget fra Amund Helland, 1907. På noen punkter har jeg i parentes angitt tall slik vi nå i 2004 kjenner forholdene i vassdraget, det er betydelige feil i Hellands høydeangivelser på middelvannstand i flere av innsjøene:

”Elve som udmunder i Lødingen herreds fastland:

Melkedalens vasdrag eller Forsaa i Æfjorden i Lødingen herred har et meget stort nedslagsdistrikt, uden at dette med nøiaktighed kan anføres, da målinger mangler. Maaske udgjør nedslagsdistriktet 150 km² (151.4). I Forsaavatn

udmunder i den nordligste av de paa østsiden værende bugter en elv, der fører vand fra *Børsvatn*, *Djupvatn* og *Grundvatn*. I den sydligste bugt paa østsiden udmunder Melkedalens vasdrag. Dette siste kan befares med baad et langt stykke opover.

Fra Forsaavatn, ca 30 moh (27.8), gaar elven mellom berghammere, bredden er omtrent 15 m. Ved udløbet er vandet grundt, men dybden bliver pludselig stor, omtrent 30 m fra udløbet. Den største dybde er efter sigende henved 100 m. Efter omtrent 600 m.s løb (300) med flere fosser og stærke stryk danner elven en 15 m høi foss, der er delt i to næsten lodrette fald lige efter hinanden. Det siste fald går lige i sjøen, der her er temmelig dyb, og har steile, glatte bredder.

Det er den nederste del af Melkedalens vasdrag fra Forsaavatn til Fjorden, som kaldes Forsaa.

I melkedalen ligger 6 vande, 4 i en række fra nordvest til sydøst og 2 nordøst for disse.

De i en ret linje liggende vande er: Øverst *Skoddevatn*, saa *Store Melkevatn*, *Sjursvatn* og *Forsaavatn*. *Skoddevatn* eller *Skaarrejavrre* er rundaktig og ca 1 km langt. Ca 2 km nordøst for dette ligger det omtrent lige store *Raudvatn*, hvis afløb gaar mod sydvest til *Skoddevatn*, som igjen har afløb til *Store Melkevatn* gjennom en elv, der gjør en stor krok mod sydvest og munder paa sydsiden av *Store Melkevatn* nær dets nordøstende. Dette siste vand er ca 6 km (4) langt og 1 km bredt, smalest paa midten. Ligeoverfor munningen af *Skoddevatns* afløb munder afløbet for *Hjartvatn*, der ligger nordøst for *Store Melkevatn* med længdestrækning fra nordnordvest – sydsydøst. Dets afløb, som er ganske kort, knapt 1 km, rinder ud av dets søndre ende. Denne bielv danner en fos. Vandet er bredest i nord, ca 1 km. Her er der en stor landtunge som næsten deler det. Længden er omtrent som *Store Melkevatns*. Fjeldet *Hjarthaugen* ligger mellem begge vande. Gjennem en elvestump paa ca 2 km (2.5) har *Store Melkevatn* afløb i sin nordre ende. Afløbet gaar til *Sjursvatn*, der er ca 1 km langt, ogsaa i dette afløb er der en fos. **Ved dette vand ligger der til Melkedalens gruber hørende vaskeri.** (Se kap 3.1.2 om gruvedriften). *Sjursvatn* har afløb gjennom den 10 km (4) lange *Sørelv* til *Forsaavatn*. Vasdraget kaldes nemlig *Sørelven*, og ikke *Forsaa*. *Forsaavatn* har formen omtrent som en fod med hælen i nordøst og fodbladet i sydvest. Paa sydsiden af vandet ligger *Stornesakselen*, paa nordsiden *Gulliklikollen*. *Sørelven* munder paa vandets sydside nær dets nordøstlige ende. Gjennem en ganske kort elv, der danner en betydelig foss, har det afløb til *Æfjorden* ved *Forsaa*. Fra *Forsaa* til *Skoddevassbotn* er der ca 20 km (18).

Paa nordøstsiden av *Forsaavatn* munder ogsaa afløbet for *Ballangsmarkens* vande. Her ligger øverst oppe *Børsvatn* eller *Brugsvatn*, der gaar fra sydsydøst til nordnordvest, Det er bredest i begge ender, smalest paa midten, det er 8-10 km langt (11) og et par km bredt. I sydenden munder en liden elv, der rinder i en dal med meget flade dalsider. Vandet har afløb i nordenden, og dette rinder i vestlig retning og munder i *Grundvatn*, som har en mængde birkeskogbevokste øer, holmer og nes. Dette vant har igjen afløb til *Djupvatn*, som ogsaa har en del skogbevokste øer. Herfra rinder vandet til *Forsaavatn*.

Forsaavatn ligger som berørt, ca 30 moh (27.8), *Hjartvatn* 260 moh (254), *Store Melkevatn* omtrent 50 m lavere eller 210 moh (94), *Skoddevatn*

275 moh (161.7), og Rauvatn 310 moh (472). Børsvatn ligger ca 100 moh (90) og Grundvatn og Djupvatn noget lavere ”

3.1.2 Gruvedrift i perioden 1899 til 1913

Viser til boka OFOTEN II vedr Ballangens gruehistorie, Magnus Pettersen 1988. Det var sporadisk gruvedrift i Melkedalen fra november 1899 til februar 1913. Den gamle reguleringsdammen i utløpet av Sjurvatnet ble bygget høsten 1901.

Kopperforekomsten i Melkedalen ble oppdaget i 1896 av Håkon Olsen Dypås. Forekomsten ble senere undersøkt av Mr Thomas Richard som også var involvert i gruvedriften i Birtavarre i Troms. I 1898 investerer det engelske selskapet ”The Venture Corporation” (TVC) i forekomsten og de tildeles utmål i 1899, i november samme år starter de prøvedrift. Det ansettes direktør og stiger, hhv Hjelm og Elvesæter. De kom begge fra Jernlien gruver i E fjorden som lå bare noen km unna mot sydvest. Utover våren 1900 får TVC økonomiske problemer, og allerede samme høst overtar et nytt selskap alle rettigheter. De heter ”The Melkedalen Copper Mines, Ltd” (TMCM), og de kommer i gang med prøvedrift i mars 1900. Høsten 1901 starter de med bygging av vaskeri, **en 3 m høy demning for oppdemning av Sjurvatnet**, og taubaneanlegg for malmtransport. De monterer en kraftstasjon som utnytter vannet fra Sjurvatnet, denne har to turbiner med hhv 20 og 70 hk ytelse.

I november 1902 nedlegges gruve, delvis fordi vaskeriopplegget hadde vært en fiasko, men 28. februar 1905 gis det en ny gruvekonsesjon og i 1906 er det igjen drift i gruvene. I 1907 ombygges vaskeriet for å bedre funksjonen. I perioden frem mot 1910 var det drift i gruvene men vaskeriet ble stanset i 1909 og samme høst ble hele gruva ”håndgitt” til Tyske interesser. I 1912 havner selskapet igjen på nye hender og i juni samme året startes det opp prøvedrift, men all drift av gruvene stanser helt opp i februar 1913. Melkedalsfeltet har siden den gang ligget urørt.

Det hører med til historien at rettighetene til kopperforekomsten i Melkedalen ble overtatt av Bjørkåsen Gruver i 1935, og senere av AS Sydvaranger i 1964. I 1991 ble det undersøkt om forekomsten kunne inneholde drivverdige mengder av sink.

3.2 Arealer og avløp

Felt	Areal km ²	Spes.avløp l/skm ²	q m ³ /s	Qår Mill.m ³
Røvatnet	19.5	42	0.819	25.828
Skårvatn	21.1	47	0.992	31.274
Sum Skårvatn	40.6	44.6	1.811	57.102
Hjertvatn	12.8	45	0.576	18.165
Melkevatnet	15.6	45	0.702	22.138
Sum Melkevatn	69.0	44.8	3.089	97.405
Sjurovatn	15.0	45	0.675	21.287
Sum Sjurovatn	84.0	44.8	3.764	118.692
Litlevatn	6.3	45	0.284	8.940
Sum til VM 172.5	90.3	44.8	4.047	127.632
Restfelt før Forsåvatn	8.6	43	0.370	11.662
lokalfelt Forsåvatn	7.2	42	0.302	9.536
Felt nedstr Børsvatn	45.3	43	1.948	61.429
Sum Forsåvatn	151.4	44.0	6.667	210.260

Tabell 3.2.a : Areal- og avløpsfordeling i naturlig vassdrag før kraftutbygging

Det gjøres oppmerksom på at antall desimaler i tabellene i dette kapittel ikke er et uttrykk for nøyaktigheten i avløpstallene.

Ved bestemmelsen av normalavløpet er det brukt normalperioden 1931 til 1960. Det er nesten ingen signifikant forskjell på ny og gammel normal for uregulerte lange måleserier for avløp i vassdragsområder fra 166 (Sisovassdraget) i sør til 196 (Barduvassdraget) i nord, målestasjoner vest for vassdrag 178 er ikke tatt med.

I dette området varierer forholdet mellom ny normal for perioden 1961 – 1990 og gammel normal for perioden 1931 – 1960 fra 94 til 105 %. Viser til Marit Astrup sine rapporter, NVE-Rapport nr 7/2000 og nr 2/2001. De beregnede basisserier som er beskrevet i kap 4 tyder på at nytt normalavløp for Melkedalsvassdraget kan ligge 1-2 % over den gamle normalen, men vi har valgt å ikke legge dette til grunn. Tallene i underlaget for konsesjonssøknaden er også basert på normalen for 1931 – 1960.

Beregnete tall for middelavløp og planimetrerte arealer er vist i tabellene 3.2 a-c. Disse tallene ligger til grunn for skaleringsfaktorer som er brukt for å kombinere og skalere representativt beskrivende avløpsserier for hvert delfelt. Disse seriene er igjen inngangsdata for alle routingberegninger nedover vassdraget, dette er beskrevet i kap 4.

Felt	Areal km ²	Spes.avløp l/skm ²	q m ³ /s	Qår Mill.m ³
Røvatnet	19.5	42	0.819	25.828
Skårvatn	21.1	47	0.992	31.274
Sum Skårvatn	40.6	44.6	1.811	57.102
Melkevatnet	15.6	45	0.702	22.138
Sum Melkevatn	56.2	44.7	2.513	79.241
Hjertvatn	12.8	45	0.576	18.165
Sjurovatn	15.0	45	0.675	21.287
Sum Sjurvatn	84.0	44.8	3.764	118.692

Tabell 3.2.b : Areal- og avløpsfordeling til Sjurvatn etter bygging av Hjetvatn kraftverk

*) Som tidligere nevnt i kapittel 1.2 vurderes det å ta inn et felt fra nordvest inn til Hjertvatn via kanaliseringer. Dette feltet med et areal på ca 1.5 – 1.8 km² kommer da i tillegg for Hjertvatnet, og til fradrag for feltet Sjurvatnet, i tabell 3.2.c. Kart i bilag 1b viser beliggenheten av feltet. Fra et lite tjern nordøst av kolle 289, tenkes det utført kanaliseringer gjennom myrstrekningene inn mot Hjertvatnet.

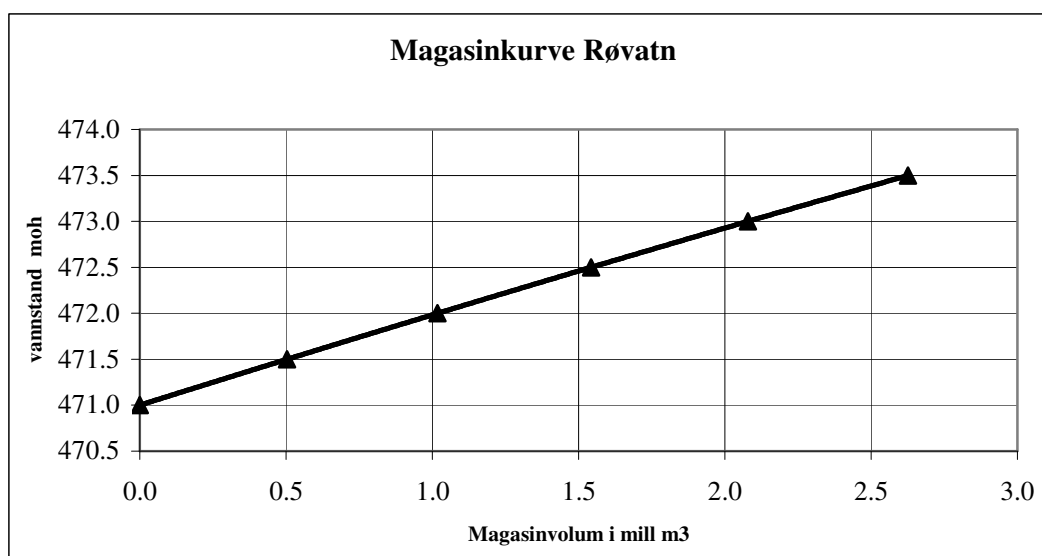
Feltet kan samlet omfatte fire bekker fra fjellsiden opp mot toppen Njallavardo på Skjåfjellet, men en uklar andel av dette feltet går i dag naturlig til Hjertvatnet. Da vi ikke er sikker på feltstørrelsen og fordelingen av vann mellom Hjertvatnet og Storelva til Sjurvatnet har vi brukt den feltgrense som er vist i figur 1.1 gjennom hele analysen. Feltet utgjør lite, bare 2.4 % både i areal og avløp, av det samlede tilsiget til Sjurvatnet og systemet nedstrøms.

Felt	Areal km ²	Spes.avl l/skm ²	q m ³ /s	Qår Mill.m ³
Skårvatn	21.1	47	0.992	31.274
Sum Skårvatn	21.1	47.0	0.992	31.274
Melkevatnet	15.6	45	0.702	22.138
Sum Melkevatn	36.7	46.1	1.694	53.413
Røvatnet	19.5	42	0.819	25.828
Hjertvatn *)	12.8	45	0.576	18.165
Sjurovatn *)	15.0	45	0.675	21.287
Sum Sjurvatn	84.0	44.8	3.764	118.692

Tabell 3.2.c : Areal- og avløpsfordeling til Sjurvatn etter overføring av Røvatnet til Hjertvatnet.

3.3 Røvatnet

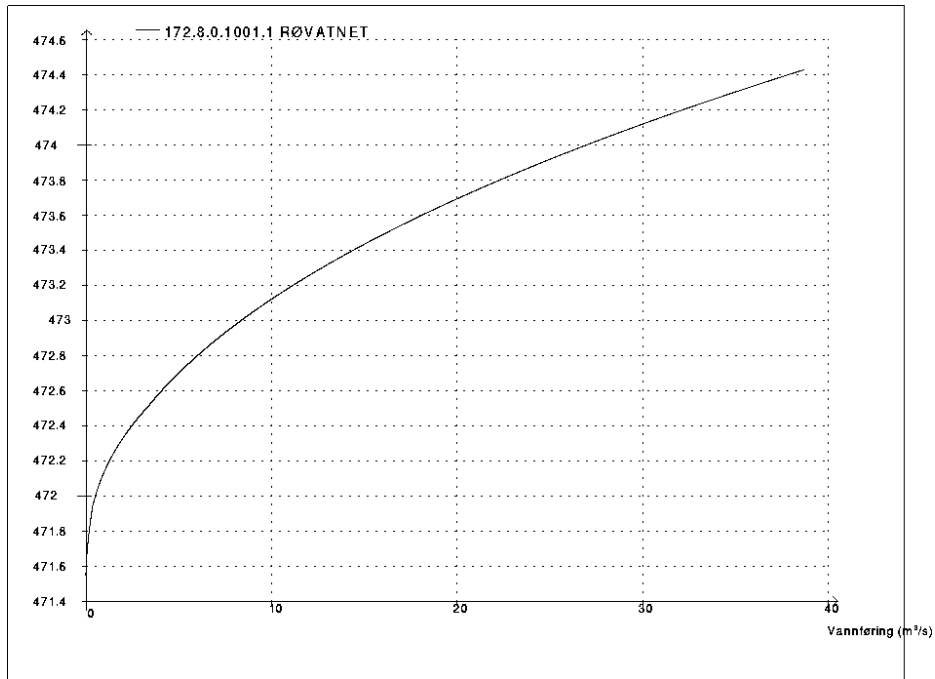
Røvatnet er planimetrert på kote for normalvannstand på 472 moh fra M-711-kart i målestokk 1 : 50 000, og på neste høydekote 480 moh. Mellom disse punkter er det beregnet en arealøkning pr m høyde. En arealkurve er satt opp på dette grunnlag, og på basis av denne er det beregnet en magasinkurve. De høyeste flomvannstander i Røvatnet er ca 1.5 m over normalvannstanden, på kote 472.5. På denne vannstanden under store flommer er det altså samlet opp vel 1.5 mill m³ vann i Røvatnet. Magasinkurven er vist i figur 3.3.a.



Figur 3.3.a : Magasinkurve for Røvatnet

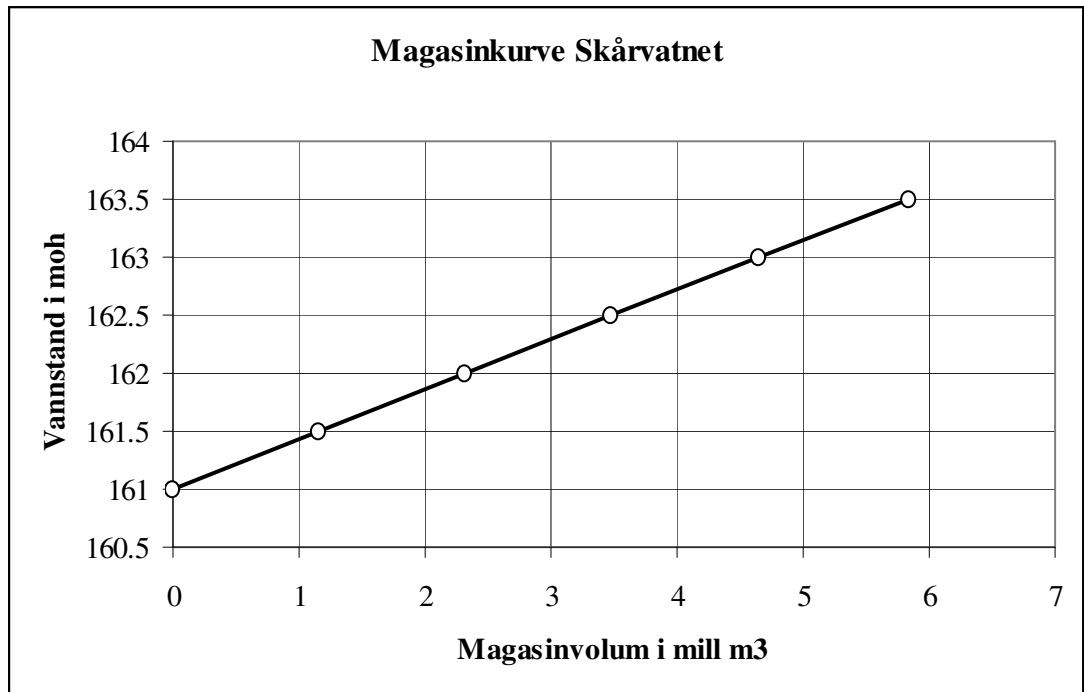
Det ligger en målestasjon i Røvatnet, den heter vm 172.8 Røvatnet i NVE's arkiver. Figur 3.3.b viser vannføringskurven for Røvatnet. Dette er den funksjonelle sammenhengen mellom vannstanden i vatnet og den samtidige vannføringen i utløpet.

Kurven er begrunnet med samtidige målinger av vannføring og vannstand. Ca 12 enkeltmålinger ligger til grunn for kurven men alle målingene ligger godt under middelflommen for målestasjonen som er på ca 6 m³/s. Maksimale flommer ligger på ca 12 – 13 m³/s. Kurven er ekstrapolert med bruk av generelt akseptert metodikk i NVE, men det er likevel et klart behov for ytterligere målinger eller hydrauliske beregninger for å styrke kurvens øvre segmenter.



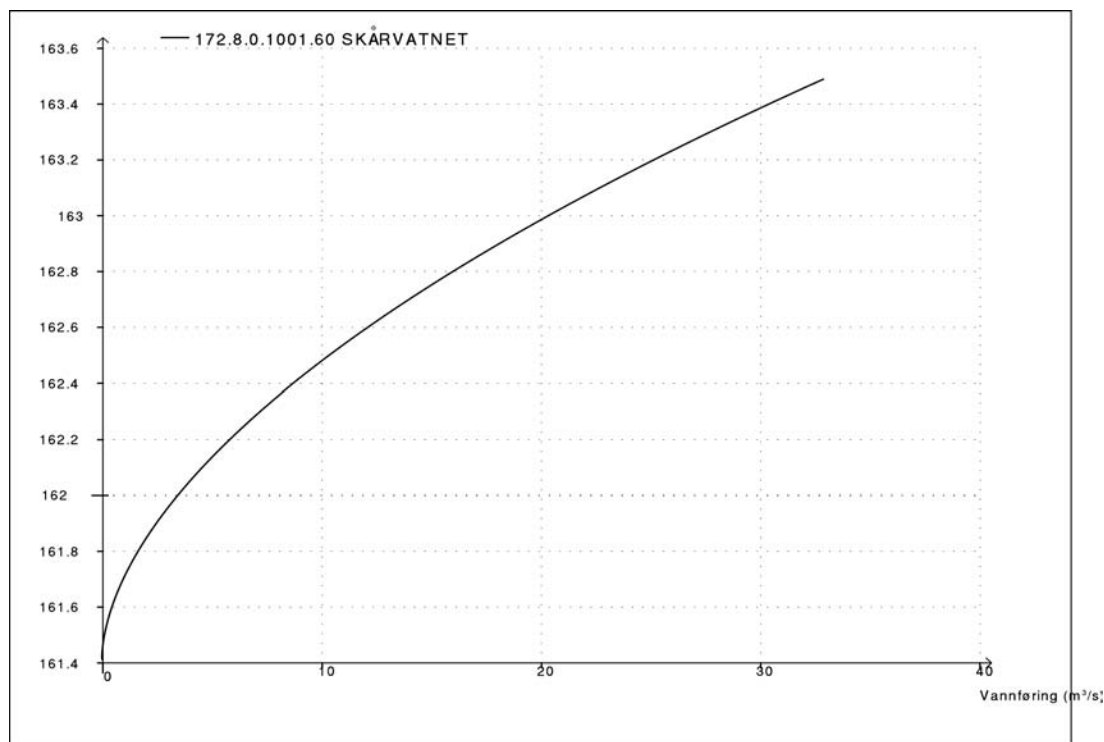
Figur 3.3.b : Vannføringskurve for utløp Røvatnet

3.4 Skårvatnet



Figur 3.4.a : Magasinkurve for Skårvatnet

Skårvatnet er planimetrert på kote for normalvannstand på 162 moh fra M-711-kart i målestokk 1 : 50 000, og på neste høydekote 180. Mellom disse punkt er det beregnet en arealøkning pr m høyde. En arealkurve er satt opp på dette grunnlag, og på basis av denne er det beregnet en magasinkurve. Magasinkurven er vist i figur 3.4.a.



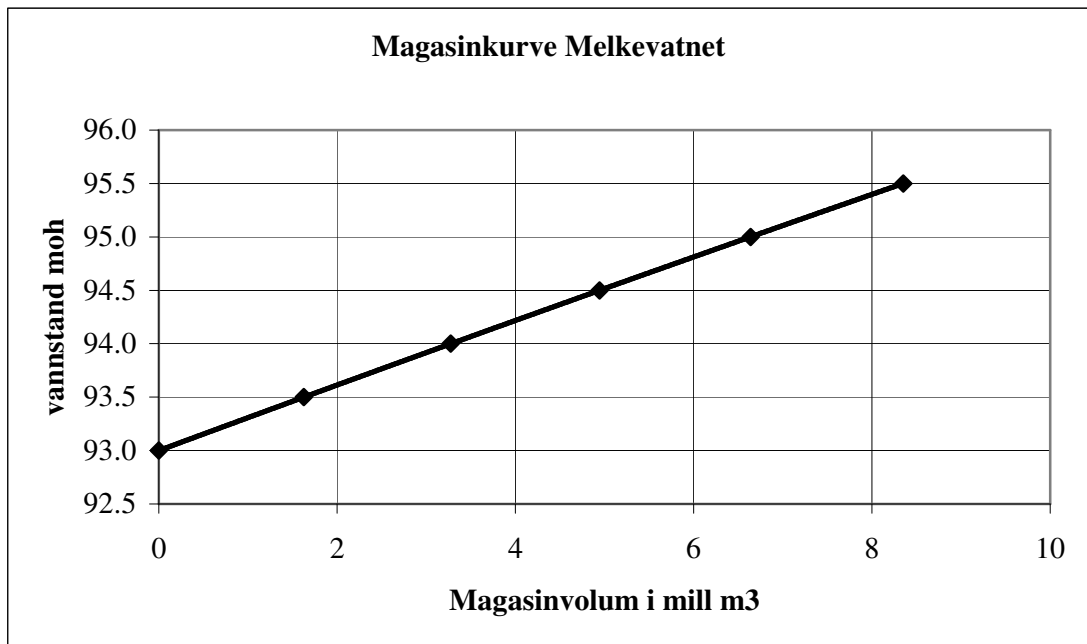
Figur 3.4.b: Vannføringskurve for utløp Skårvatnet

Vannføringskurven for Skårvatnet er beregnet ut fra vannføringsmålingene og det øvrige grunnlag som er beskrevet i kap 2.1, kurven er vist i kap 3.4.b.

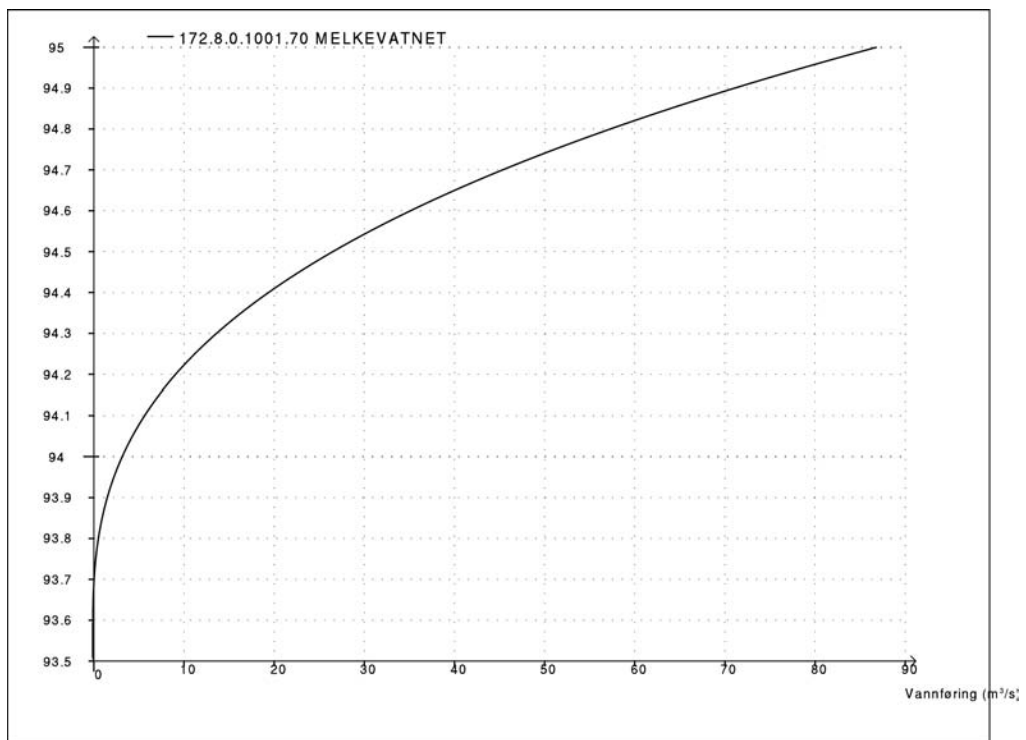
3.5 Melkevatnet

Melkevatnet er planimetrert på kote for normalvannstand på 94 moh fra M-711-kart i målestokk 1 : 50 000, og på neste høydekote 100 moh. Mellom disse punkt er det beregnet en arealøkning pr m høyde. En arealkurve er satt opp på dette grunnlag, og på basis av denne er det beregnet en magasinkurve. Magasinkurven er vist i figur 3.5.a.

Vannføringskurven for Melkevatnet er beregnet ut fra vannføringsmålingene og det øvrige grunnlag som er beskrevet i kap 2.1, kurven er vist i figur 3.5.b.



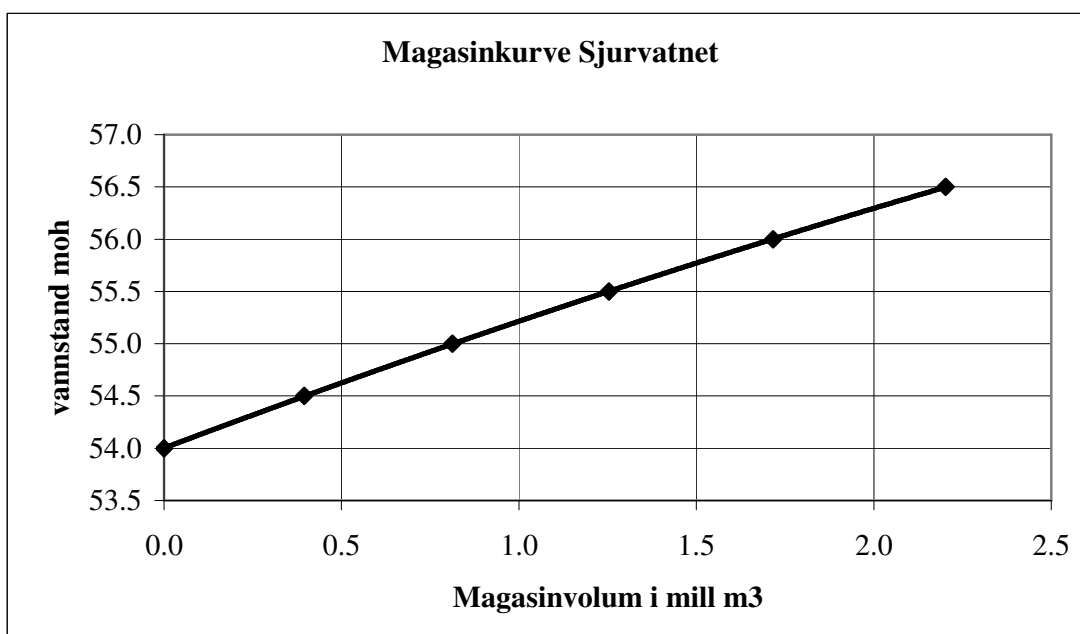
Figur 3.5.a : Magasinkurve for Melkevatnet



Figur 3.5.b : Vannføringskurve for utløp Melkevatnet

3.6 Sjurvatnet

Sjurvatnet er planimetrert på kote for normalvannstand på 55 moh fra M-711-kart i målestokk 1 : 50 000, og på neste høydekote 60 moh. Mellom disse punkt er det beregnet en arealøkning pr m høyde. En arealkurve er satt opp på dette grunnlag, og på basis av denne er det beregnet en magasinkurve. Magasinkurven er vist i figur 3.6.a.



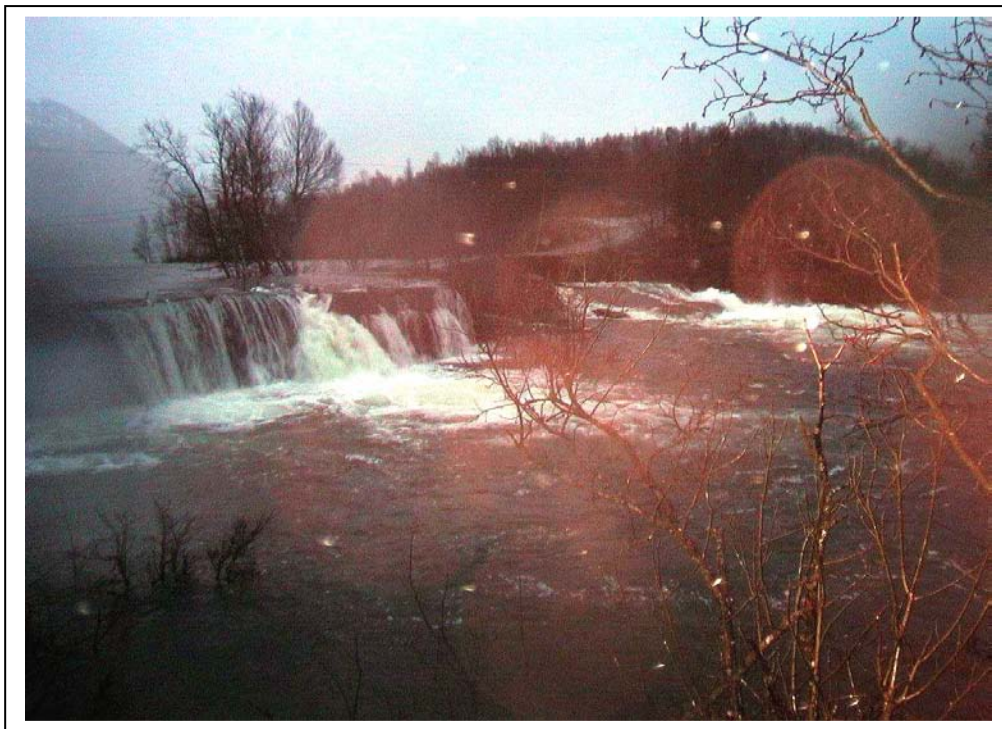
Figur 3.6.a : Magasinkurve for Sjurvatnet.

Vannføringskurven for Sjurvatnet er konstruert ved bruk av omregnede data fra målestasjonen 172.5 Melkedal som ligger like nedstrøms Sjurvatnet, og samtidig oppmålte vannstander ved befaringer. Kurven har to segmenter. Det nederste segmentet er satt opp ved bruk av overnevnte data og det er brukt en enkel overløpslingning for å bestemme formen på segmentet. Det øverste segmentet er basert på vannføringer som tilsvarer fullt elveløp under brua over utløpet og data for en ekstrem flom i vassdraget i januar 2002. Da ble veifyllingen som ligger langs utløpet av Sjurvatnet akkurat overtoppet, og vannføringen ble samtidig registrert ved målestasjonen 172.5 Melkedal. Se figur 3.6.b.

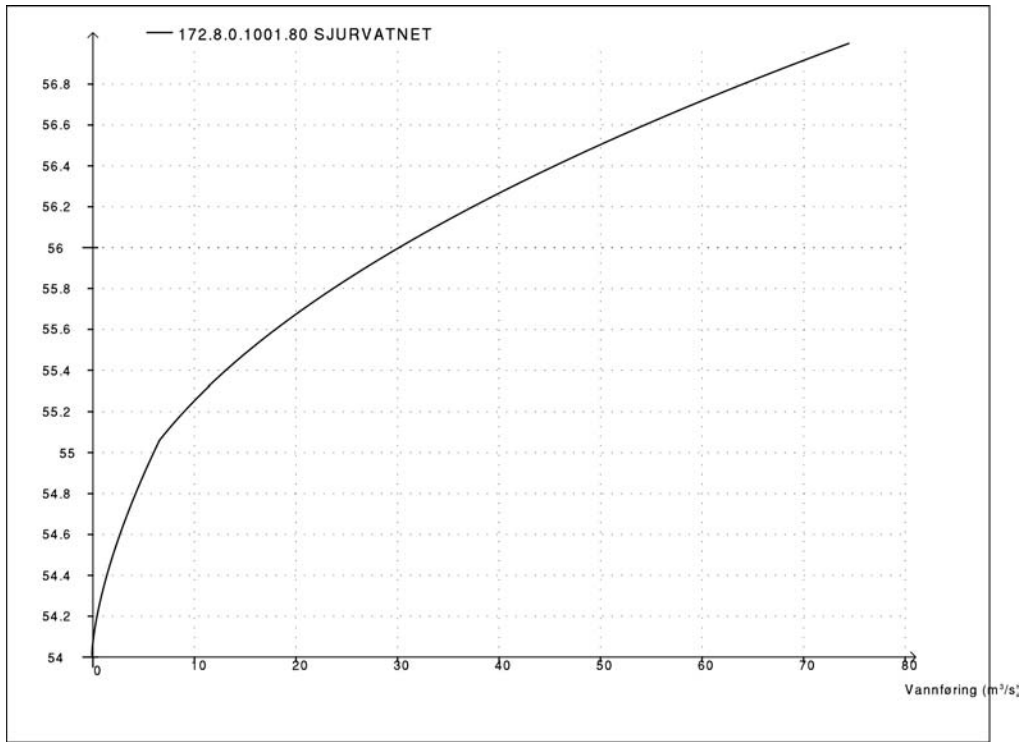
Dato (fiktive)	lokal vannstand m	kote moh	beregnet vannf. m ³ /s	Merknad
02.01.2001	0.20	54.2	0.5	nedre segment
03.01.2001	0.40	54.4	1.5	''
04.01.2001	0.60	54.6	2.8	''
05.01.2001	0.80	54.8	4.3	''
06.01.2001	1.00	55.0	6.0	''
07.01.2001	1.25	55.25	10.0	''
08.01.2001	1.50	55.50	15.6	Øvre segment
09.01.2001	1.75	55.75	22.30	''
10.01.2001	2.00	56.00	30.00	''
11.01.2001	2.25	56.25	39.50	''
12.01.2001	2.50	56.50	50.00	''

Tabell 3.6 : Beregnede punkt som grunnlag for vannføringskurve ut av Sjurvatnet.

De beregnede punkter som ligger til grunn for vannføringskurven er vist i tabell 3.6, og vannføringskurven er vist i fig 3.6.c.



Figur 3.6.b : Overtopping av vegfylling/dam langs Sjurvatnet under storflom i januar 2002. Vannføringen er ca 50 m³/s. Foto Wiggo Knutsen, Ballangen Energi.

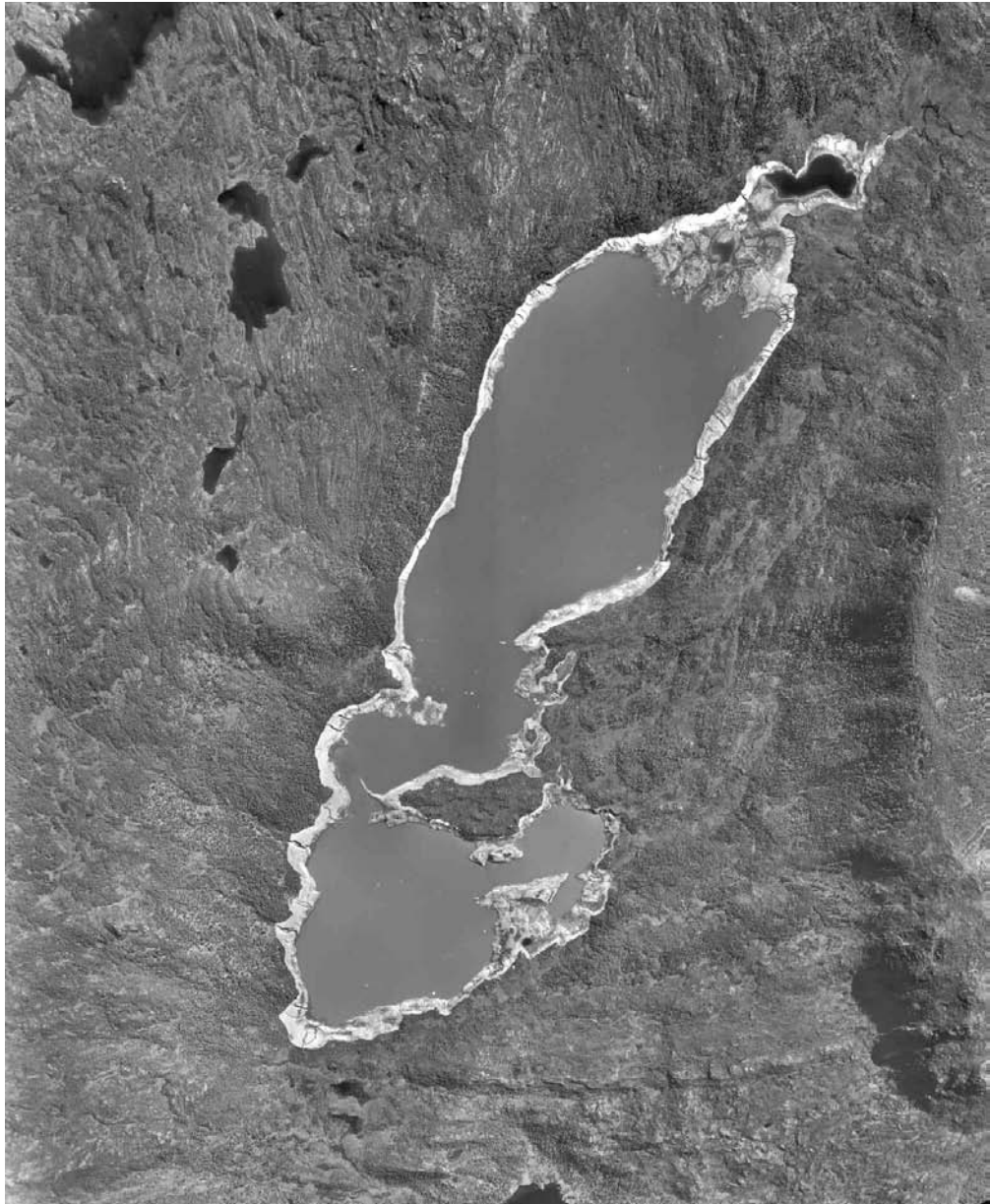


Figur 3.6.b : Vannføringskurve for utløp Sjurvatnet

3.7 Hjertvatnet

Hjertvatnet er planimetrert på flyfoto fra oppgang 2217 fra 27. august 1961. Figur 3.7.a viser flyfotoet. En arealkurve er satt opp på dette grunnlag, og på basis av denne er det beregnet en magasinkurve. Bilag 3 viser hele beregningsprosessen.

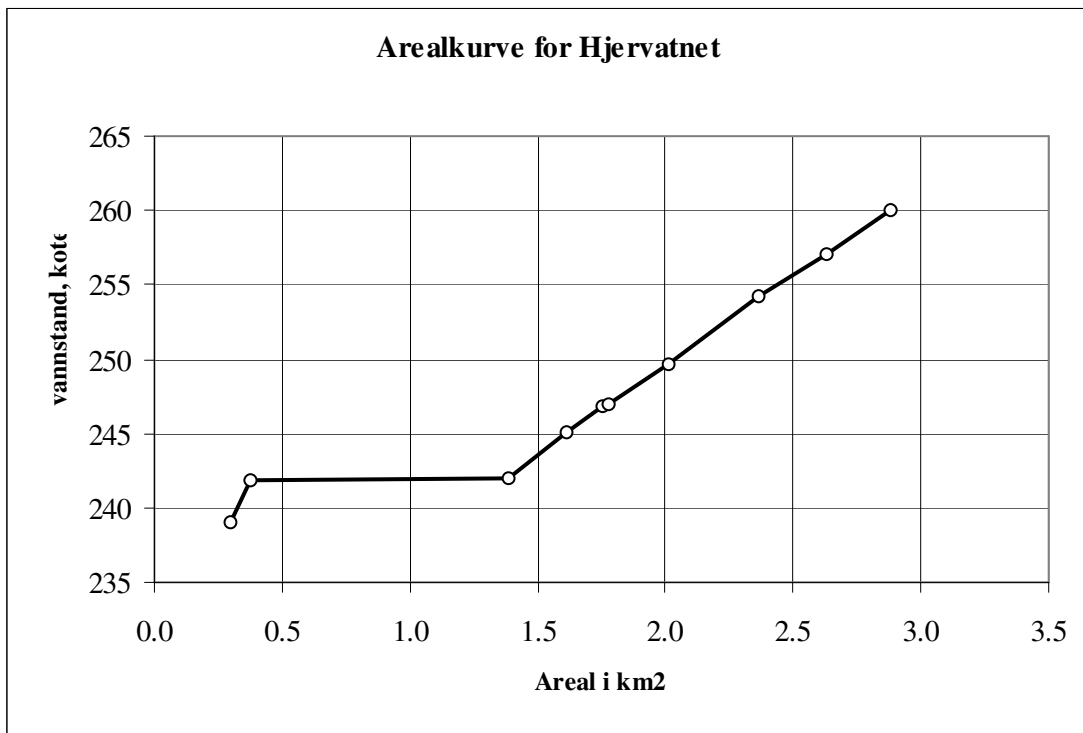
Arealkurven er vist i figur 3.7.b. Magasinkurven og forholdet mellom ny og gammel magasinkurve er vist i figur 3.7.c.



Figur 3.7.a : Flyfoto av Hjertvatnet 27. august 1961. Fotovannstand er 245.12, HRV er 254.3. Magasinet er senket med 9.18 m. Se også figur 1.3.1.

Fotovannstanden ble bestemt til kote 245.12 ut fra data for magasinet. Vannarealet ble delt inn i tre deler A1, A2 og A3. A1 er arealet i det første bassenget hvor inntaket ligger, dette er nederst på bildet i figur 3.7.a. En halvøy stikker ut i vatnet og deler det nesten, det er bare et lite trangt sund over til A2 som er det største delarealet opp mot A3. A3 er arealet i magasinområdet helt i øvre bildekant, vannstanden på fotodagen her er anslått til kote 247.

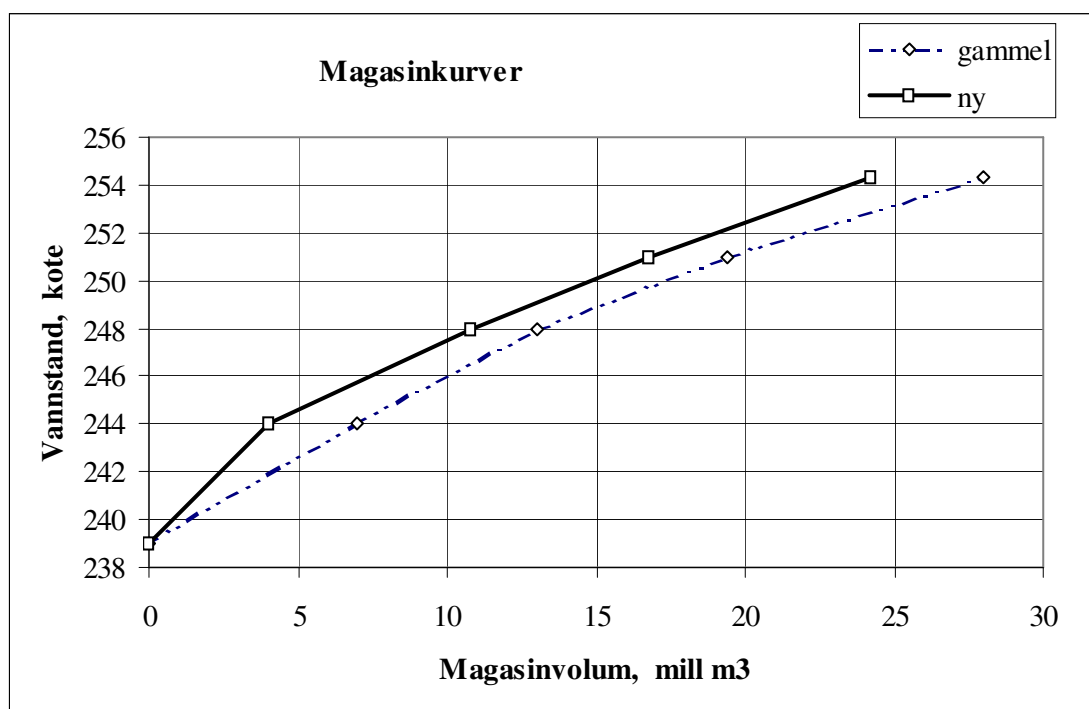
Arealkurven viser noen viktige trekk. Arealet ned mot LRV på kote 239 er beregnet ut fra arealvariasjonen med høyden i område A1. Ut fra opplysninger fra Ballangen Energi er det antatt en dybde i sundet mellom A1 og A2 som tilsvarer at det ligger en terskel der på kote 242, ca 3 m lavere enn fotovannstanden. Det flate partiet på kurven viser at arealet A2 kommer inn på kote 245.12. Arealøkningen for høyere vannstander stiger jevnt i område A2 og A3.



Figur 3.7.b : Arealkurve for Hjervatnet

Figur 3.7.c viser ny magasinkurve sammenlignet med tidligere magasinkurve. Den nye kurven ligger over den gamle, og kurven har altså jevnt over et noe lavere magasinivolum enn den gamle kurven for de samme vannstander i magasinet.

Ny kurve er lagt til grunn i alle beregninger som er dokumentert i denne rapporten.



Figur 3.7.c : Magasinkurve for Hjertvatnet, sammenligning mellom ny og gammel kurve.

Vannføringskurven for naturlig utløp fra Hjertvatnet er konstruert ved bruk av sammenhengende verdier av vannstander og vannføringer som er beregnet med basis i en enkel kanalligning basert på Mannings formel, og estimater for middelvannføringen og store flommer.

Kanalens dimensjoner er skjønnsmessig fastlagt ut fra studier av kart og flyfoto. Kanalen i utløpsosen var relativt smal med bredde ca 7 – 10 m , lengdefallet er bestemt ut fra kartdata over det første slake partiet av elva etter utløpsosen, friksjonsfaktor for vannstrømmen er skjønnsmessig bestemt ut fra aktuell litteratur.

Normalvannstanden i Hjertvatnet ved naturlige forhold er antatt å ligge mellom kote 254.5 og 255 som angitt på kart, og terskelen i utløpet er antatt å ligge på kote 254.5 som tilsvarer HRV i dagens magasin. Det er antatt at maksimale naturlige flomvannstander ligger på ca 1 m over terskel. Også dette er skjønnsmessig begrunnet ut fra NVE`s erfaringer med beregninger for lignende innsjøer.

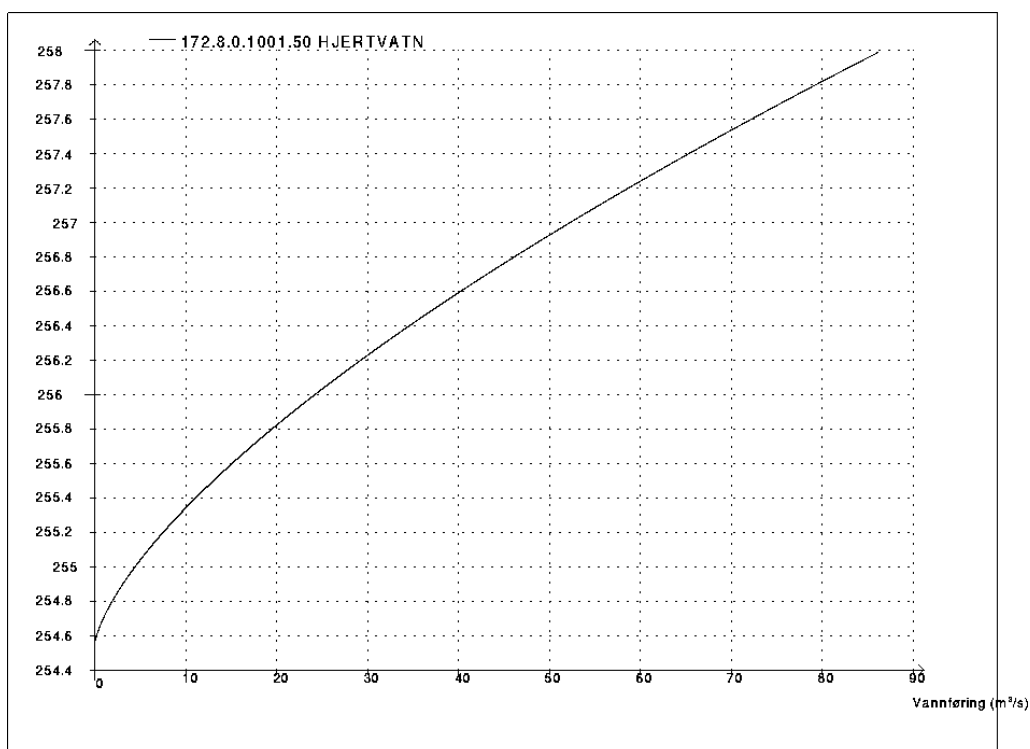
Det er laget en vannføringskurve som viser vannføringen i utløpselva som funksjon av vannstanden i Hjertvatnet. Vannføringskurven ble:

$$(1) \quad q = 13.6543 (vst - 254.52)^{1.4840}$$

De beregnede punkter som ligger til grunn for vannføringskurven er vist i tabell 3.7, og vannføringskurven er vist i fig 3.7.b.

Dato (fiktive)	lokal vannstand m	kote moh	beregnet vf. m ³ /s	Merknad
02.01.2001	0.05	254.7	1.03	Styrepunkt for nedre del av kurven
03.01.2001	0.45	255.1	6.01	ca middelflom
04.01.2001	1.25	255.9	21.91	ekstremflom

Tabell 3.6 : Beregnede punkt som grunnlag for vannføringskurve ut av Hjertvatnet.

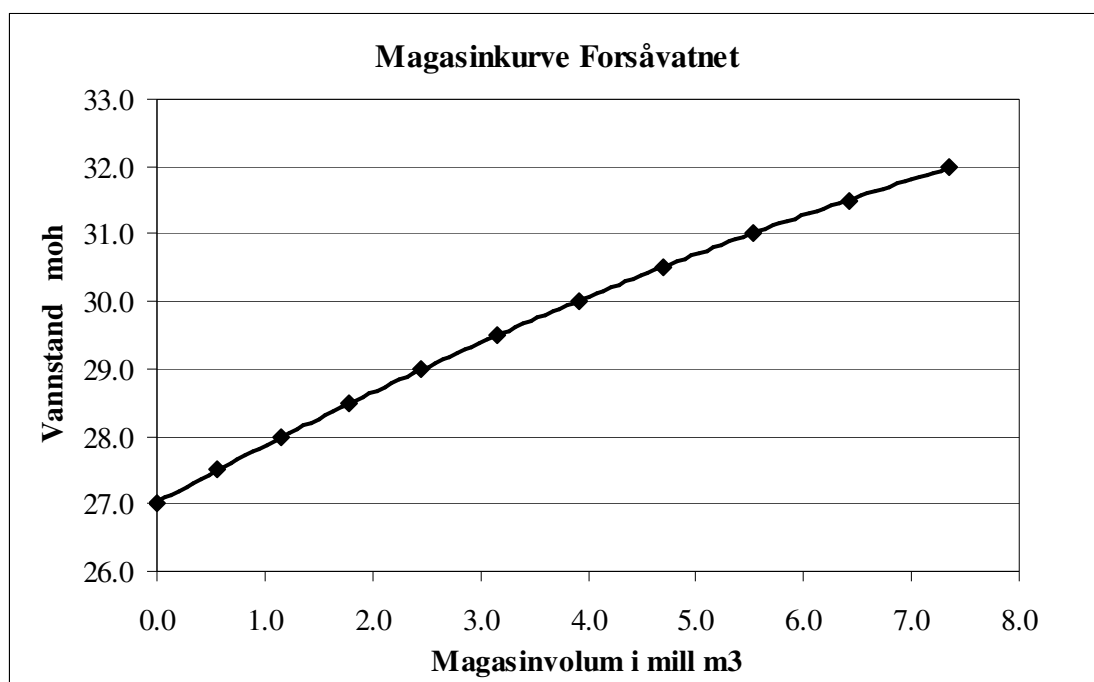


Figur 3.7.b : Vannføringskurve for Overløpet på Hjertvatnet

3.8 Forsåvatnet

Forsåvatnet er planimetrert på kote 28 moh som er vannstanden på økonomisk kartverk i målestokk 1 : 5000 , og på neste høydekote 30 moh. Mellom disse punkt er det beregnet en arealøkning pr m høyde. En arealkurve er satt opp på dette grunnlag, og på basis av denne er det beregnet en magasinkurve.

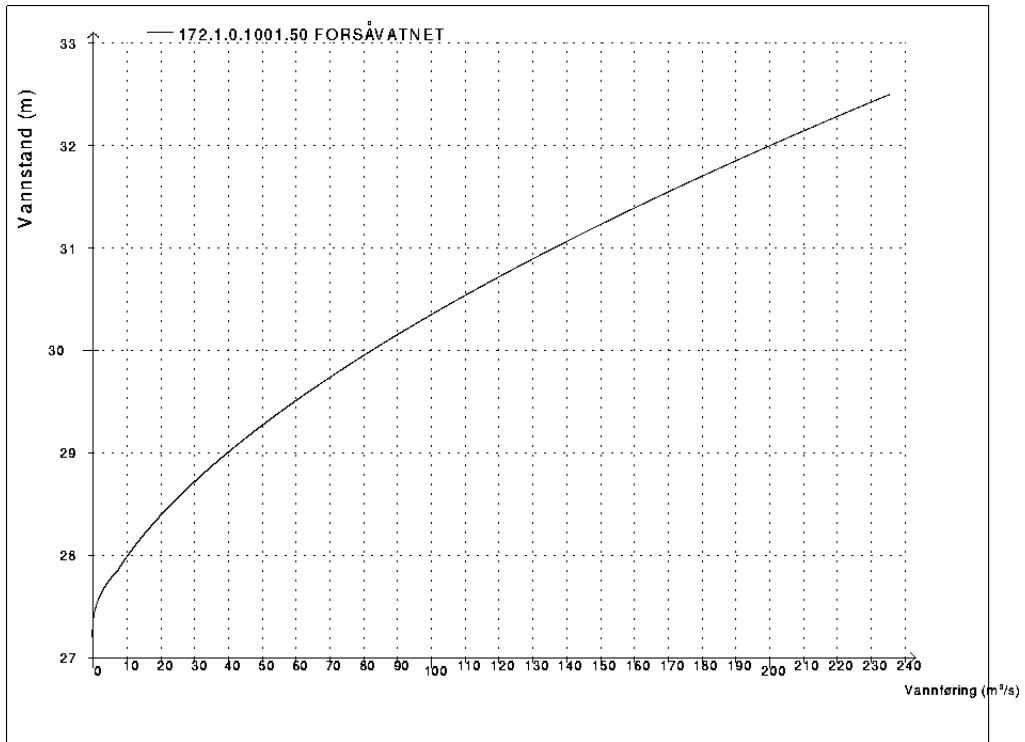
Magasinkurven er vist i figur 3.8.a.



Figur 3.8.a : Magasinkurve for Forsåvatnet

Det lå tidligere en målestasjon i Forsåvatnet, den heter vm 172.1 Forsåvatnet i NVE's arkiver. Figur 3.8.b viser vannføringskurven for Forsåvatnet.

Kurven er begrunnet med samtidige målinger av vannføring og vannstand. Ca 30 enkeltmålinger ligger til grunn for kurven men alle målingene ligger godt under middelflommen for målestasjonen som er på ca 40 m³/s. Maksimale flommer ligger på ca 100 m³/s. Kurven er ekstrapolert med bruk av generelt akseptert metodikk i NVE, men det er likevel et behov for ytterligere målinger eller hydrauliske beregninger for å styrke kurvens øvre segment.



Figur 3.8.b : Vannføringskurve for utløp Forsåvatnet



Figur 3.8.c. Bestemmende profil i utløpet av Forsåvatnet. Lav vannføring 5. november 2002.

4 Hydrologiske beregninger

Beskrivelse av datagrunnlag og valgt beregningsmetodikk.

4.1 Grunnlagsdata

I denne beregningen er det brukt grunnlagsdata fra en rekke kilder:

- Tidsserier for avløp og vannstander fra det nasjonale stasjonsnett for hydrologiske målinger.
- Oversikter over normalavløpet i Norge.
- Kartverk fra Statens kartverk (SK), både økonomisk kartverk i målestokk 1 : 5000 og hovedkartserien fra SK, M711 i målestokk 1: 50 000.
- Flyfoto fra Fjellanger Widerøe, oppgang 2217 fra august 1961.
- Skriftlig kildemateriale som det er definert i kap; Referanser

4.2 Representative vannføringsserier

Det er lagt vesentlig vekt på data fra følgende serier for avløp:

- **Målestasjon Sneisvatn** VM 177.4, med måleperiode 1916 til 2002. Denne representerer en kystnær avløpstype fra et felt med betydelig andel høyfjell, men som også har noe lavereliggende arealer. Denne har et typisk maritimt avløpsmønster med like store flommer til alle årstider og markant lavvann både sommer og vinter, men lavest på vinteren
- **Målestasjon Leirpoldvatn** VM 172.7, med måleperiode 1972 til 1990. Denne representerer en kystnær avløpstype fra et felt med liten andel høyfjell, og mest lavereliggende arealer. Denne har et typisk maritimt avløpsmønster med like store flommer til alle årstider og markant lavvann både sommer og vinter, men lavest på vinteren.
- **Målestasjon Røvatn** VM 172.8, med måleperiode 1978 til 2002. Denne serien er valgt som representant for høytliggende arealer med sen vårløsning. Denne har et typisk kontinentalt avløpsmønster med dominerende vårflo og de laveste lavvannføringer på ettervinteren.



Figur 4.2.1: Målestasjonen i Røvatnet, 23. oktober 2001. Lokal vannstand er 0.97 m, dette tilsvarer kote 472.16. Se også figur 3.3.a. og 3.3.b.



Figur 4.2.2: Bestemmende profil i utløpet av Røvatnet, 23. oktober 2001. Vannføring ca 1.1 m³/s.

I tillegg til disse seriene er det brukt data fra en rekke andre serier i forbindelse med utvidelser og kompletteringer av de nevnte representative seriene.

4.3 Utvidelse av serier

Det er utført et omfattende arbeid med å utvide seriene med bruk av multipl regressjonsanalyse mot andre målestasjoner som dekker periodene med manglende data.

Følgende serier er utvidet med multipl regressjonsanalyse;

- **172.8 Røvatn.** På basis av data fra måleperioden 1977 til 1984 er serien forklart mot 5 andre målestasjoner for perioden 1916 til 1984. Tilsvarende er det laget en sammenheng mot 9 serier for perioden 1961 til 1984.
- **172.7 Leirpoldvatn.** På basis av data fra måleperioden 1972 til 1990 er serien forklart mot 3 andre målestasjoner for perioden 1918 til 1953. Tilsvarende er det laget en sammenheng mot 5 serier for perioden 1954 til 1970.
- **172.5 Melkedal.** På basis av data fra uregulert måleperiode 1939 til 1955 er serien forklart mot 6 andre målestasjoner for perioden 1918 til 1955. Tilsvarende er det laget en sammenheng mot 5 serier for perioden 1955 til 2002, for å dekke den perioden målestasjonen har vært påvirket av reguleringen av Hjertvatnet. Se figur 5.6.d.

Det er lagt stor vekt på en visuell sammenligning av beregnede serier mot data fra målte perioder. På vegen fram mot endelige serier har det vært nødvendig med retting av negative slengere, disse oppstår som en følge av at isreduksjoner og korreksjoner av data inneholder enkeltfeil og i noen grad periodefeil. Ved generering av data er det foretatt justeringer av sesonger for å gi en god og kontinuerlig overgang mellom disse. Genererte serier er satt sammen med de målte seriene for å danne en kontinuerlig lang serie. Til slutt er seriene justert slik at det ønskede langtids normalavløp stemmer helt, jfr tabell 3.2.a og Bilag 6.

Seriene er utvidet for uregulerte forhold fra 1918 til 2002, Bilag 5 viser resultatene av regressjonsanalysene.

Data fra målestasjonene 172.5 Melkedal i Sørrelva nedstrøms Litjevatnet, Målestasjonen 172.1 Forsåvatnet og magasinserien 172.6 fra Hjertvatnet er brukt i sammenligninger med beregnede serier. Kap 5 omtaler alle endringer som bygger på sammenligninger mot disse seriene for naturlige forhold.

Det lages tilsigsserier for alle lokalfelt i vassdraget, og på basis av disse og beregnede avløpsserier fra eventuelle oppstrøms magasiner og kraftverk lages det tilsigsserier for totalfeltene inn til alle magasiner.

Bilag 6 viser hvordan serier for lokalfeltene er satt sammen.

4.4 Beregningsmetodikk

4.4.1 Routing

Metodisk kalles slike beregninger for "Routing". Navnet har sine røtter til engelsk faglitteratur og kan vel oversettes til norsk med ordene "Transport av vann gjennom et innsjøsystem". Det er vannbalansen i et kar som simuleres. Karet kan være et ordinært magasin eller en naturlig innsjø.

De hydrologiske beregninger går ut på å finne representativt tilsig i form av en tidsserie for vannføring inn til det naturlige magasinet som simuleres. Dette vannet kan skrive seg fra eget lokalfelt eller som en sum av lokalfelt og ovenforliggende tappinger. Vannets volumkurve og vannets avløpskurve må bestemmes, og det må defineres strategier for tapping gjennom kraftverket. Etterpå foretas en routingberegning hvor tilsigsserien transporteres gjennom innsjøen, og det skal være balanse mellom tilsig lagring og avløp.

Routingberegningen simulerer at flomvann samles opp i magasinet når tilsiget inn til sjøen er større enn avløpet, og motsatt vil vannføringen fra magasinet være høyere enn tilsiget når vannstanden faller tilbake til normalsituasjonen. Det skjer en demping av flommene og tørkeperioder blir utjevnet. Dette styres av volumet i magasinet og av avløpets kapasitet, begge som funksjoner av vannstanden i magasinet. Og ikke minst kommer tappingen gjennom turbinene inn i denne balansen. Dette kalles en vannbalanseberegning.

Prosessen ender opp med flere tidsserier, og seriene for vannstander og vannføringer ut av magasinene analyseres statistisk for å finne karakteristiske verdier.

4.4.2 Tappestrategier for kraftverket

I de routingberegninger som simulerer vannbalansen for magasiner i Hjertvatnet er uttaket av vann til kraftverket definert som tappestrategier i de to situasjonene som er simulert, dagens system og det fremtidige etter overføring av Røvatnet. Forholdet mellom gammel og ny utbyggingsplan er beskrevet i kap 1.2.

Tappestrategiene er laget slik at en styrer hvordan en vil at magasinet skal utnyttes avhengig av tidspunkt på året. I denne analysen er det lagt vekt på at magasinet skal utnyttes slik at det tappes ned til lave vannstander på ettervinteren fra tilnærmet HRV sent på høsten. Utover våren tillates magasinet å fylles hel opp, og utover sommeren prioriteres det en kjøring som minimaliserer flomtap og samtidig ikke senker magasinet før inngangen til vinteren og den egentlige vintertappingen starter.

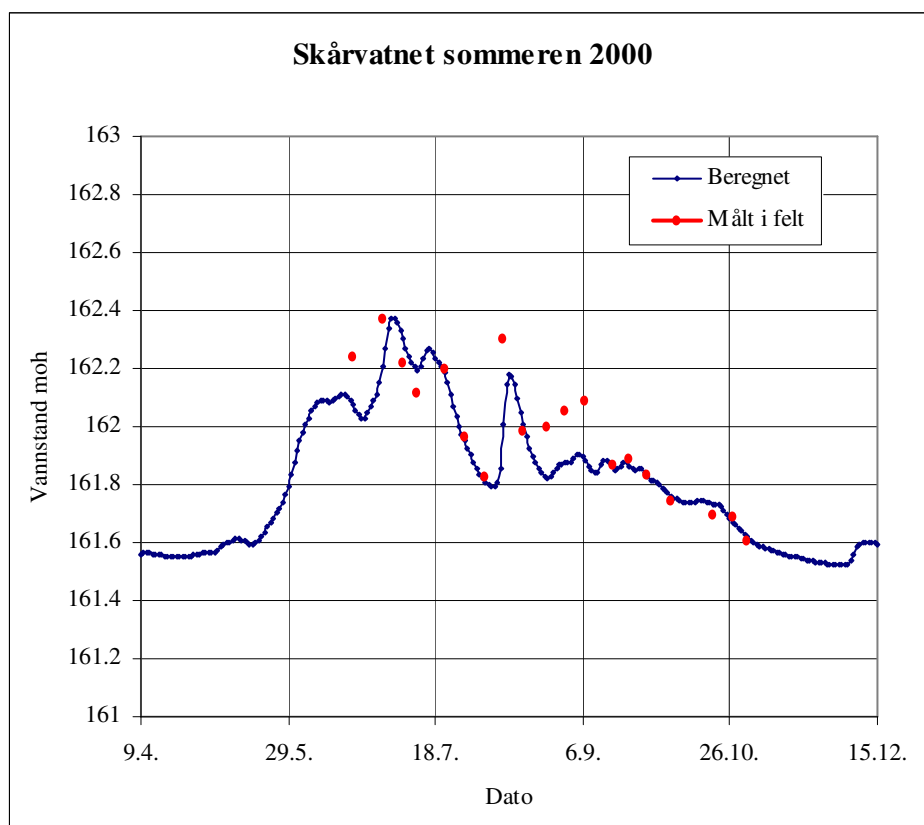
Tappestrategiene er vist i bilag 4, og resultatene fra magasinsimuleringene for Hjertvatnet er vist i figur 5.5.b.

4.5 Beregning av magasinvannstander

En Routingberegning for et magasin produserer tidsserier for vannstander i magasinet. For å belyse karakteristiske verdier for magasinvannstander gjøres det statistiske analyser på disse seriene. Kap 5 viser resultatene av de beregninger som er utført i denne analysen.

4.6 Sammenligning av målte og beregnede vannstander sommeren 2000

Viser til kap 2.2 vedr måling av vannstander sommeren 2000 i vassdraget. I hovedsak viser beregnede verdier for vannstandene den samme hovedtendens som de målte verdiene.



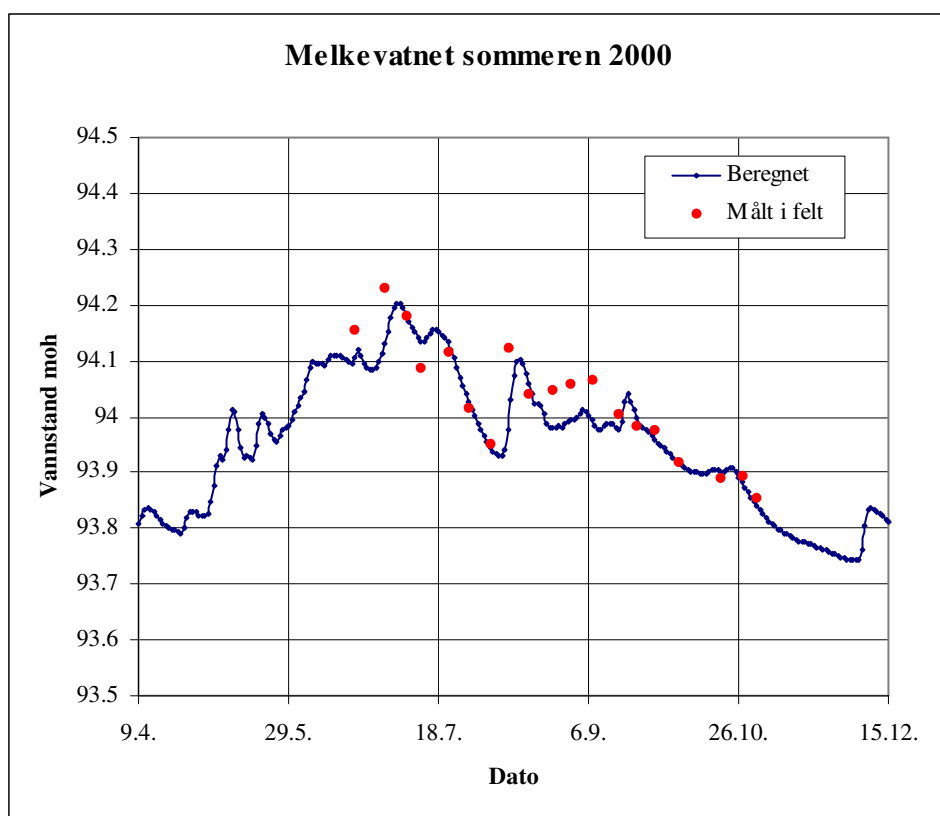
Figur 4. 6. 1: Sammenligning av målte og beregnede vannstander i Skårvatnet sommeren 2000.

Dersom en grupperer avviket mellom målte og beregnede vannstander i tre grupper, opp til ± 2 cm, opp til ± 10 cm og maksimalt ± 30 cm, er det hhv 8, 5 og 6 punkter i

gruppene for Skårvatnet. For Melkevatnet er det tilsvarende hhv 11, 7 og null i de samme gruppene. Fra 10. august til 7. september er det målt høyere verdier enn det som fremkommer ved simuleringene i begge vann. De største avvik er i Skårvatnet.

Dette kan tyde på at det om sommeren foregår smelting fra det høyereliggende arealet i Skårvatnets felt, se figur 3.1.a som viser høydefordelingene. Skårvatnet har noe areal som ligger høyere enn de høyeste delene av Røvatnets felt. Disse flommene kommer noe senere enn hovedflommene i vassdraget og er i størrelse noe mindre enn vårflommene.

Vår beregningsmodell ivaretar ikke dette forholdet, men denne feilen kan også være en ren episode og ikke et alminnelig trekk ved modellen. Dette kan ha vært en lokal regneepisode over feltene til Skårvatn og Melkevatn. For å avsløre dette må man ha flere år med vannstandsdata for de to sjøene.



Figur 4. 6.2 : Sammenligning av målte og beregnede vannstander i Melkevatnet sommeren 2000.

4.7 Usikkerhet

I en slik beregningsprosess trekkes det inn usikkerhet fra mange ledd og sluttproduktet blir beheftet med en resulterende usikkerhet. Det er mange grunnleggende forutsetninger som i varierende grad påvirker resultatene av analysen.

Det er gjort en rekke regresjonsanalyser basert på erfaringer fra tilsvarende hydrologiske beregninger ved NVE de siste 18 år. Disse analysene har vært nødvendige for å fremskaffe lange serier for naturlig vannføring i aktuelle analysepunkt.

Arbeidsseriene for vannføringer og vannstander er et resultat av routingberegninger hvor en representativ tilsigsserie fra ovenforliggende vassdrag transporteres gjennom magasin/innsjø og hvor volumforhold og utløpets fysiske egenskaper bestemmer vannstandene. Sentralt i vannbalansen for Hjertvatnet er også vannuttaket til kraftproduksjonen. Dette uttaket defineres som en tappestrategi.

Både vannføringskurvene og magasinkurvene er beheftet med feilkilder. Feil i forbindelse med magasinkurven antas minimale i denne analysen da vi har hatt et godt kartgrunnlag og gode flyfoto for å bestemme innsjøarealer. Vannføringskurvene er bygget på få målinger og kan forbedres, men denne forbedringen vil ha liten effekt på nøyaktigheten av beregnede vannstander og vannføringer.

Det hydrologiske datagrunnlaget for beregningene i denne saken kan karakteriseres som godt. Det foreligger lange observasjonsserier i det aktuelle vassdrag, og i flere nærliggende representative vassdrag. Flere av disse seriene har blitt sammensatt på skjønn for å lage tilsigsserier for alle aktuelle vassdrag. Dette bidrar til usikkerhet med tanke på representativiteten av seriene som brukes for å beskrive tilsiget.

Usikkerhet i normalavløpet er en moderat kilde til usikkerhet i denne beregningen. Flere lange avløpsserier i vassdraget er brukt ved konstruksjonen av avløpskartet for området..

En annen faktor som fører til usikkerhet er at Hydrologisk avdelings database for vannstander er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle vannføringer derfor beheftet med feil, fordi eksempelvis største glidende 24-timersmiddel alltid vil være noe større enn et middel over et kalenderdøgn. I tillegg er de eldste dataene i databasen basert på en daglig observasjon av vannstand inntil kontinuerlig registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesninger antas å representere et døgnmiddel, men de kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det virkelige døgnmiddelet. Kontinuerlig registrerende utstyr ble tatt i bruk ca midt på 60-tallet. Digitalisering av limnigrammer startet midt på 80-tallet. Samtidig startet arbeidet med installasjon av loggere. I dag skjer all datainnsamling elektronisk.

Det er som nevnt mange faktorer som spiller inn når en skal kvantifisere usikkerhet. Konklusjonen for denne beregningen er at datagrunnlaget er tilfredsstillende, og at beregningen kan klassifiseres i klasse 2, etter en skala fra 1 til 3 hvor 1 er beste klasse.

En beregning i klasse 1 kan bare oppnås når en har tilgang på lange representative måleserier for avløp i tilnærmet like felt i umiddelbar nærhet, eller i prosjektfeltene selv. Og videre måtte antallet skjønnsmessige valg undervegs vært betydelig færre.

I denne rapporten er det brukt faglig metodikk som har lange tradisjoner i denne type saker i Norge. Slike analyser har vært gjennomført for å belyse virkninger av tilsvarende inngrep ved en rekke kraftutbygginger i vårt land i hele den intensive perioden med kraftutbygging de siste 40 år. Beregningene er gjennomført etter et tradisjonelt opplegg som har vært i aktiv bruk ved Hydrologisk avdeling siden midt på 70-tallet.

Analysene i denne rapporten er nok mer omfattende og detaljerte enn vanlig sett i forhold til inngrepets størrelse og omfang. Det har i denne konsesjonssaken vært betydelig fokus på hvilke endringer av vannstander som vil komme som følge av den planlagte nye overføringen av vann fra Røvatnet til Hjertvatnet. Ballangen Energi AS har derfor ønsket en mest mulig nøyaktig kvantifisering av vannstandsendingene basert på tilgjengelige data fra det ordinære stasjonsnettet for hydrologiske målinger i området.

5 Virkninger og mulige tiltak

Beskriver alle beregningsresultater. Kommenterer mulige tiltak for å kompensere endrede vannstander og vannføringer.

5.1 Røvasselva til Skårvatn

Utbyggingsplanene går ut på å etablere et inntak i Røvasselva like nedstrøms utløpsterskelen i vatnet. Terskelen blir bygget slik at alt vann fra Røvatnet kan overføres til Hjertvatnet magasin for utnyttelse i Hjertvatn kraftverk.

Elva ned til Skårvatnet blir helt tørrlagt. Restfeltet som kommer til mellom inntaksterskelen og utløpet i Skårvatnet utgjør ca 0.8 km², dette vil derfor heller ikke bidra til synbar restvannføring i nedre del av elva utenom i flomepisoder.



Figur 5.1.1: Parti av elva fra Røvatnet ca 3 – 400 m nedstrøms inntaket, 14. juni 2000. Røvatnet ligger til venstre utenfor bildekanten. Vannføring ca 2.5 m³/s.

Det eneste avbøtende tiltak som kan gjennomføres her er å slippe vannføring forbi inntaket i Røvasselva.

5.2 Skårvatnet og Skårvasselva

Parameter	SKÅRVATNET			ENDRING		ENDRING	
	vannføringer			på grunn av		på grunn av	
	naturlig	dagens	fremtidig	reguleringen i		overføring av	
				Hjertvatnet		Røvatnet	rest
vannføring i utløpet:	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	%	m3/s	%
Største flom	25.0	---	13.4	---		-11.60	53.6
50 - årsflom	20.0	---	11.0	---		-9.00	55.0
middelflom	11.3	---	6.0	---		-5.30	53.1
minste årsflom	4.3	---	2.3	---		-2.03	53.2
normalvannføring	1.810	---	0.992	---		-0.818	54.8
alm. lavvannføring	0.173	---	0.095	---		-0.078	54.9
abs minstevannføring	0.077	---	0.042	---		-0.035	54.5
vannstander i vatnet:	moh	moh	moh	cm	%	cm	
Største flom	163.19	---	162.67	---		-52	
50-årsflom	162.98	---	162.54	---		-44	
middelflom	162.56	---	162.22	---		-34	
minste årsflom	162.08	---	161.88	---		-20	
normalvannstand, mid	161.74	---	161.65	---		-9	
normalvannstand, mars	161.54	---	161.5	---		-4	
normalvannstand, juni	162.28	---	162.03	---		-25	
normalvannstand, okt	161.83	---	161.71	---		-12	
vst alm lavvannføring	161.52	---	161.49	---		-3	
abs minstevannføring	161.48	---	161.46	---		-2	
vannstandsvariasjon:	m	m	m	cm		cm	
Naturlig regulert sone	1.71	---	1.21	---		-50	

Tabell 5.2 : Skårvatn før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin.

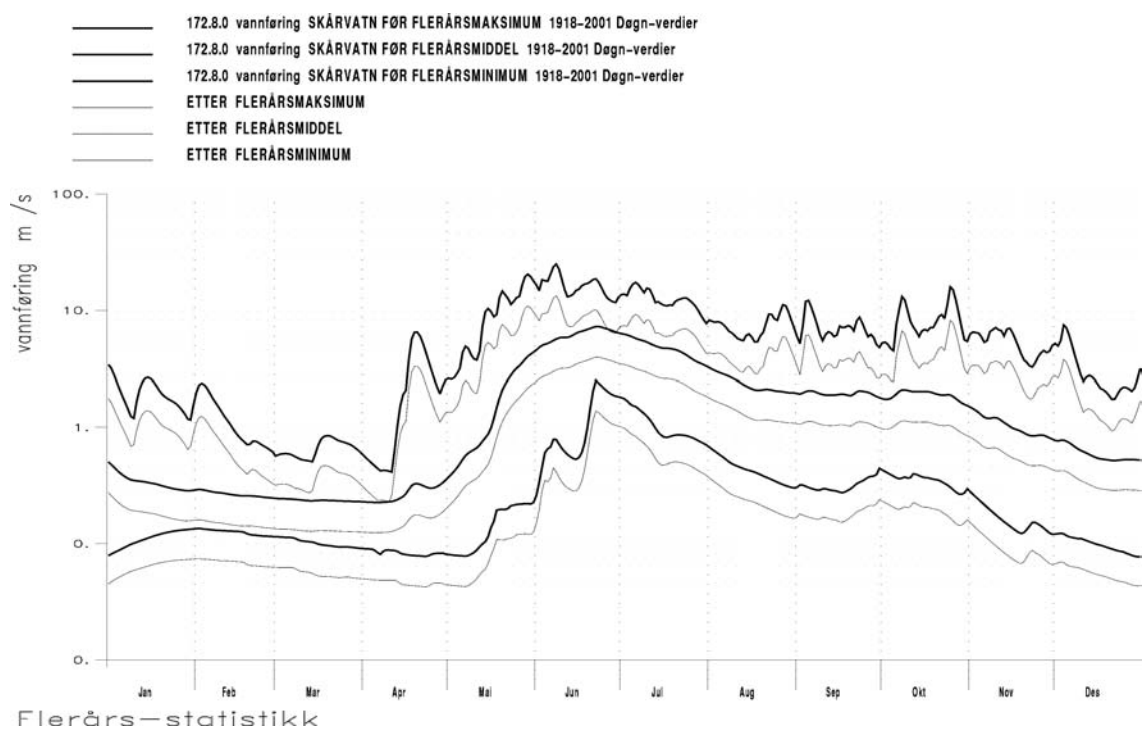
Restvannføringene i utløpet av Skårvatnet blir på 53 til 55 % av naturlige forhold. Vannstandene reduseres pga mindre tilførsel av vann fra Røvatnet. Vannstanden under flommene reduseres mest med 20 til 50 cm, middelvannstanden reduseres med ca 10 cm og det blir nesten ingen reduksjon av de laveste vannstander. Absolutt minstevannføring reduseres med 2 cm. Denne effekten blir liten bla a fordi Røvatnet bidrar lite til lavvannføringene vinterstid pga sin høye beliggenhet og det kontinentale avløpsmønster som råder.

Dette betyr at det er de endringene som vil komme i Skårvatnet vil skje innenfor det naturlige vannstandsområdet i vatnet, bortsett fra senkningen av absolutt laveste vannstand med 2 cm. Dette vil inntreffe på vinteren.

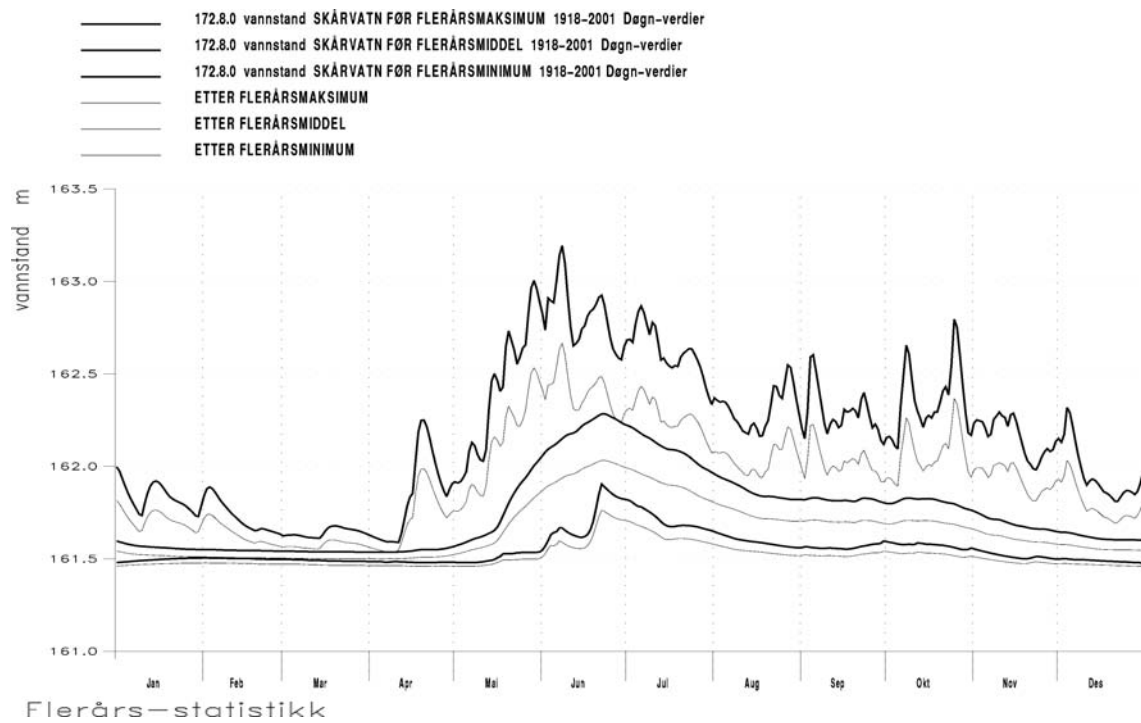
Tabell 5.2 og figurene 5.2.a og 5.2.b viser statistikk for vannstander og vannføringer beregnet for Skårvatnet før og etter overføringa av Røvasselva til Hjertvatnet. Beregningsmetodikken er beskrevet nærmere i kap 1 og 4.



Figur 5.2.1: Utløpet av Skårvatnet, 14. juni 2000, sikt mot vest. Vannføring ca 7 m³/s. Se også rapportens forsidebilde som viser sikten innover vatnet østover fra samme punkt i terrenget.



Figur 5.2.2: Vannføringer i elva ut av Skårvatn før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin. Merk logaritmisk vannføringsskala., laveste hovedstrek er 10 l/s neste er 100 l/s osv.



Figur 5.2.3 : Vannstander i Skårvatn før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin.



Figur 5.2.4: Fossen like nedenfor utløpet av Skårvatnet, 14. juni 2000. Vannføring ca $7 \text{ m}^3/\text{s}$. Se også figur 5.2.5.



Figur 5.2.5: Fossen like nedenfor utløpet av Skårvatnet, 24. oktober 2001. Vannføring vel $3 \text{ m}^3/\text{s}$, vannføringen ut fra Rauvatn er samtidig vel $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Se også figur 5.2.4.

Dersom en ønsker å opprettholde de tidligere vannstander i Skårvatnet er det mulig å oppnå dette ved å bygge en terskel på fossenakken som er vist på bildet i figur 5.2.5. Ved å både heve bunnterskelen og samtidig smalne inn bredden av elveløpet kan det gamle vannstandsregimet tilnærmet oppnås. Det må gjennomføres nye routinger for å begrunne terskelens dimensjoner.

Det kan ikke kompenseres for de reduserte vannføringer til elva.

5.3 Melkevatnet og Melkeelva

Melkevatnet og Melkeelva ned til Sjurvatnet er påvirket av den tidligere utbyggingen i vassdraget. Avløpet fra Hjertvatnet som naturlig drenerte til Melkevatnet ble overført direkte til Sjurvatnet via Hjertvatn kraftverk og magasinet i Hjertvatnet. Tabell 5.3 belyser endringene som kom etter første utbygging i vassdraget.

På grunn av den nye utbygginga som innebærer at vannet fra Røvasselva tas over til Hjertvatnet, reduseres tilsiget til Melkevatnet ytterligere.

Parameter	MELKEVATNET			ENDRING		MARGINAL	
	vannføringer			på grunn av		på grunn av	
	naturlig	dagens	fremtidig	reguleringen i	rest	overføring av	rest
				Hjertvatnet		Røvatnet	
vannføring i utløpet:	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	%	m ³ /s	%
Største flom	36.3	28.7	17.4	-7.6	79.1	-11.3	60.6
50 - årsflom	28.7	22.7	13.7	-6.0	79.1	-9.0	60.4
middelflom	16.7	13.2	8.2	-3.4	79.5	-5.1	61.6
minste årsflom	6.8	5.7	4.3	-1.1	84.5	-1.5	74.6
normalvannføring	3.086	2.510	1.691	-0.576	81.3	-0.819	67.4
alm. lavvannføring	0.357	0.296	0.213	-0.061	82.9	-0.083	72.0
abs minstevannføring	0.166	0.137	0.095	-0.029	82.5	-0.042	69.3
vannstander i vatnet:	moh	moh	moh	cm	%	cm	
Største flom	94.61	94.53	94.37	-9		-16	
50-årsflom	94.53	94.45	94.30	-8		-15	
middelflom	94.35	94.29	94.17	-6		-12	
minste årsflom	94.13	94.10	94.05	-3		-5	
normalvannstand, mid	93.99	93.96	93.91	-3		-5	
normalvannstand, mars	93.80	93.79	93.77	-1		-2	
normalvannstand, juni	94.22	94.16	94.07	-5		-9	
normalvannstand, okt	94.00	93.97	93.92	-3		-5	
vst alm lavvannføring	93.76	93.74	93.72	-1		-2	
abs minstevannføring	93.71	93.70	93.68	-1		-2	
vannstandsvariasjon:	m	m	m	cm		cm	
Naturlig regulert sone	0.90	0.83	0.69	-8		-14	

Tabell 5.3 : Melkevatn før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin, og endringene som følge av den tidligere overføringen av Hjertvatn mot Sjurvatn via Hjertvatn kraftverk.

Restvannføringene i utløpet av Melkevatnet blir på 60 til 75 % av dagens forhold. Vannstandene reduseres pga mindre tilførsel av vann fra Skårvatnet. Vannstanden under flommene reduseres mest med 5 til 15 cm, middelvannstanden reduseres med ca 5 cm og det blir nesten ingen reduksjon av de laveste vannstander. Absolutt minstevannføring reduseres med 2 cm. Denne effekten blir liten bla a fordi Røvatnet bidrar lite til lavvannføringene vinterstid pga sin høye beliggenhet og det kontinentale avløpsmønster som råder.

Dette betyr at det er de endringene som vil komme også her vil skje innenfor det naturlige vannstandsområdet i vatnet, bortsett fra senkningen av absolutt laveste vannstand med 2 cm. Dette vil inntreffe på vinteren når vatnet er islagt.

Tabell 5.3 og figurene 5.3.a og 5.3.b viser statistikk for vannstander og vannføringer beregnet for Melkevatnet før og etter overføringa av Røvasselva til Hjertvatnet. Beregningsmetodikken er beskrevet nærmere i kap 1 og 4.

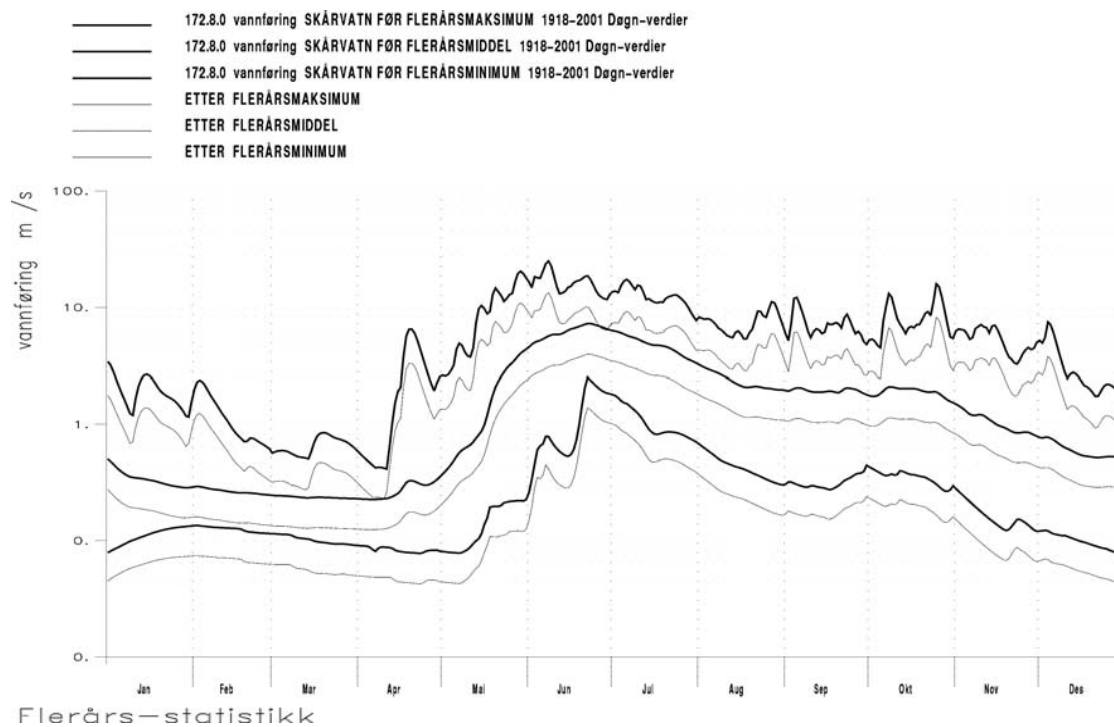


Figur 5.3.2: Båstø ved østenden av Melkevatnet, herfra går stien opp til Skårvatnet. Foto den 20. juni 2000. Vannstanden i Melkevatnet er her på kote 94.105. Se også figur 2.2.2 og tabellene 2.2 og 5.3.

Figur 5.3.2 viser vannstanden ved østre ende av Melkevatnet. Vannstanden ble oppmålt til 94.105. Bildet er tatt ca midt på dagen den 20. juni 2000. På nøyaktig samme tidspunkt ville vannstanden etter utbygging vært 5 cm lavere. Tilsvarende ville vannstanden for helt uberørt vassdrag vært ca 3 cm høyere.

Simulert normalvannstand for det nye systemet er 20 cm lavere, og tilsvarende er minste årsflom 6 cm lavere enn fotovannstanden.

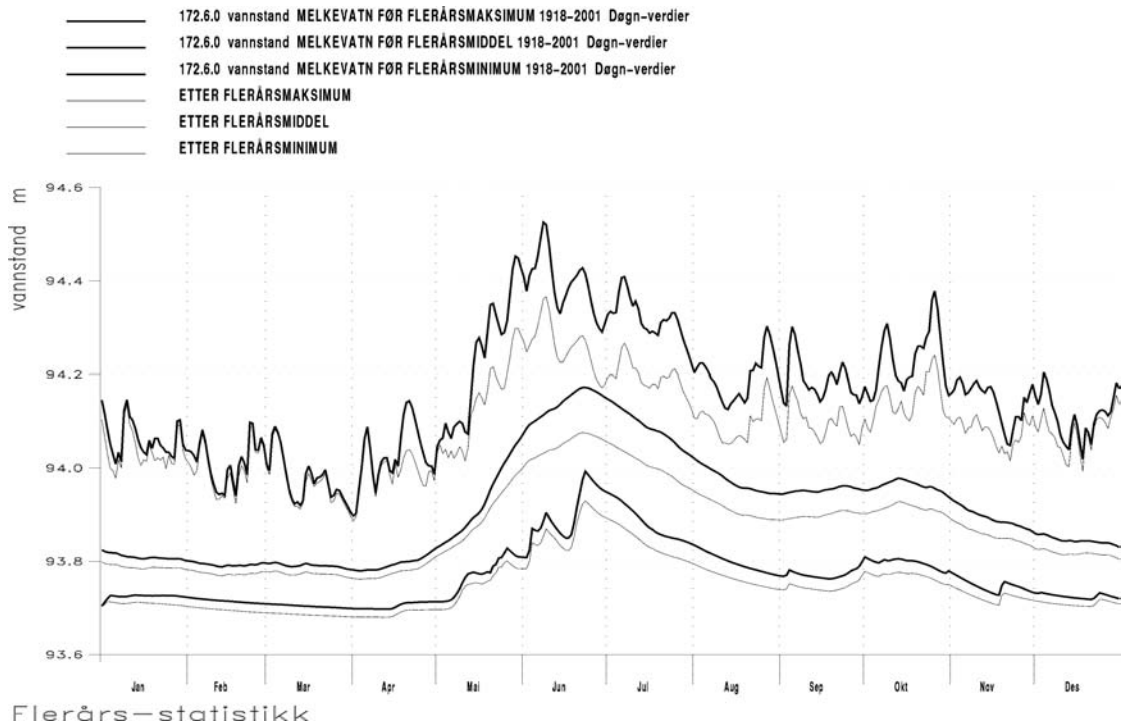
Naturlig vannstand for storflom i vatnet er ca 50 cm høyere enn fotovannstanden. Denne maksimalvannstanden ble først redusert med 9 cm pga overføring av Hjertvatnet til Sjurvatnet, ny utbyggingsplan vil ytterligere redusere maksimalflommen med 16 cm. Se tabell 5.3.



Figur 5.3.1: Vannføringer i elva ut av Melkevatn før og etter overføring av Røvatn til Hjerrvatn magasin.



Figur 5.3.2: Fossen i Melkevasselva like før innløpet til Sjurvatnet, 14. juni 2000. Vannføring ca 5.5 m³/s. Se også figur 5.3.5.



Figur 5.3.3: Vannstander i Melkevattn før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin.



Figur 5.3.4: Bestemmende profil I utløpet av Melkevattnet, 20. juni 2000. Vannføringen er ca $7 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 5.3.5: Fossen i Melkevasselva like før innløpet til Sjurvatnet, 1. november 2000. Vannføringa er i underkant av $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Se også figur 5.3.2.

Dersom en ønsker å opprettholde de tidligere vannstander i Melkevatnet er det mulig å oppnå dette ved å bygge en terskel i utløpet av vatnet. Bestemmende profil er vist på bildet i figur 5.3.4. Ved å både heve bunnterskelen og samtidig smalne innbredden av elveløpet kan dagens vannstandsregime tilnærmet oppnås. På denne måten kan det også kompenseres for den endringa av vannstandsregimet som kom etter første byggetrinn i vassdraget. Det må gjennomføres nye routinger for å begrunne terskelens dimensjoner.

På neste side er det vist to bilder fra samme sted, et parti i Melkevasselva midtvegs mellom utløp fra Melkevatnet og innløp i Sjurvatnet. Forskjellen i vannstand mellom disse to episodene er ca 50 cm her.

Flombildet er fra 14. juni 2000 vannføringa er da på ca $7 \text{ m}^3/\text{s}$. I et nytt vannføringsregime vil denne vannføringa vært bare ca 66 % av dagens, eller ca $4.6 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette tilsvarer her ca 15 cm lavere vannstand.

Lavvannsbildet er fra 1. november 2000 og vannføringa er ca $1 \text{ m}^3/\text{s}$. I et nytt vannføringsregime vil denne vannføringa vært bare ca 70 % av dagens, eller ca $0.7 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette tilsvarer her ca 2 cm lavere vannstand.



Figur 5.3.6: Parti fra Melkevasselva ca midtvegs mellom Sjurvatnet og utløp Melkevatnet, 14. juni 2000. Vannføringa ca $7 \text{ m}^3/\text{s}$. I samme situasjon etter utbygging ville vannstanden ha vært ca 10 - 15 cm lavere, og i samme situasjon for helt urørt vassdrag ville vannstanden vært ca 5 - 10 cm høyere.



Figur 5.3.7: Parti fra Melkevasselva ca midtvegs mellom Sjurvatnet og utløp Melkevatnet, 1. november 2000. Vannføringa er i underkant av $1 \text{ m}^3/\text{s}$. I samme situasjon etter utbygging ville vannstanden ha vært ca 2 - 3 cm lavere, og i samme situasjon for helt urørt vassdrag ville vannstanden vært ca 1 - 2 cm høyere.

5.4 Elv fra Røvatn til Hjertvatn

Vannet fra Røvatn vil bli overført via en tunnel fra Røvasselva. Ulike utredninger er utført for å belyse økonomien i eventuell utnyttelse av vannet i et kraftverk som bruker fallet ned mot Hjertvatnet. Vannet vil da i så fall bli ført i en rørledning og nedstrøms kraftverket vil det da bli en avløpskanal. Vannføringene i denne kanalen vil være som fra Røvatnet i naturlig tilstand.

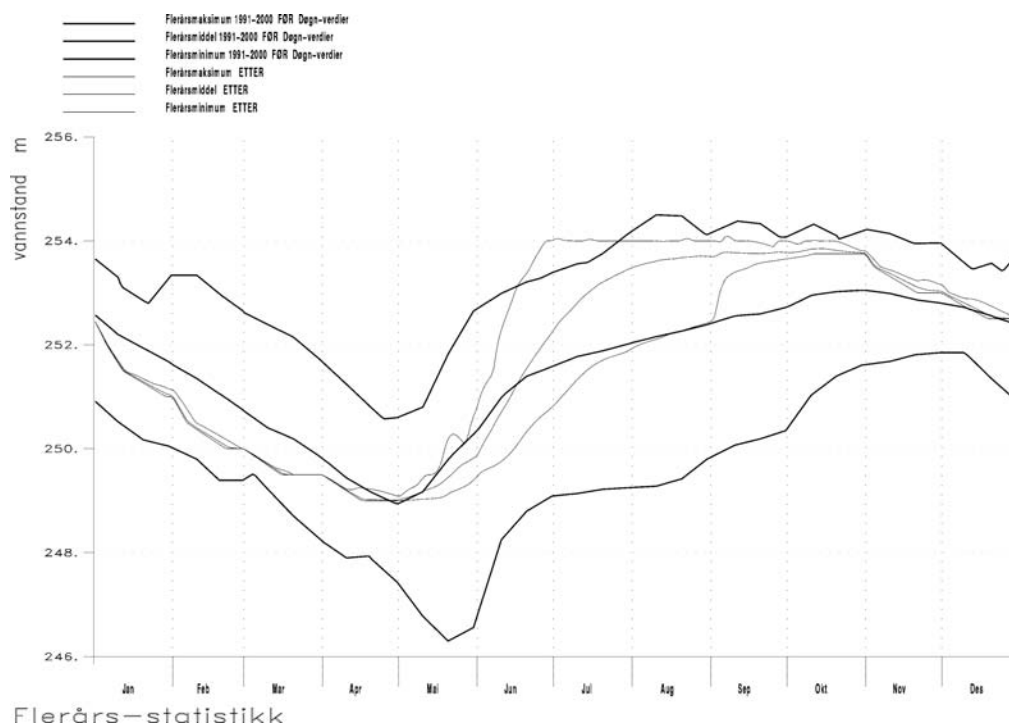
Dersom det blir aktuelt bare med naturlig drenering av vannet i terrenget vil elva bli ledet i et eksisterende bekkeløp fra tunnelåpningen og ned til Hjertvatnet. Over tid vil det utvikle seg et naturlig elveleie her som er tilpasset et nytt vannføringsregime. Vannføringene i denne elva vil være som fra utløpet av Røvatnet i naturlig tilstand.

Det aktuelle elveleiet fra Røvatn løper sammen med elva ut av Hjertvatnet like nedstrøms den naturlige terskelen. Elva her har svært lite fall. Her må det enten lages en terskel for å sikre at vannet ledes til Hjertvatnet, eller lages en kanal mot Hjertvatnet før elvene møtes slik at vannet ledes innenfor eksisterende terskel. Løsningene her må detaljeres og dimensjoneres under den klare forutsetning at HRV ikke endres.

Figur 3.7.a viser et vann i sørenden av Hjertvatnet når dette senkes. Avløpet fra Rauvatn vil passere dette vatnet. Ballangen Energi vurderer å bygge en terskel i utløpet av dette vatnet for å eventuelt forbedre dette området som oppvekstområde for fisk. Virkningene av dette tiltaket belyses ikke her da dette tiltaket i sin helhet ligger under HRV i magasinet.

5.5 Hjertvatn

Betrakter den siste 10-årsperioden. Driften av kraftverket har i denne perioden vært i samsvar med moderne prinsipper i et fullstendig nasjonalt samkjørt system. I denne perioden har den nye energiloven vært i funksjon som overordnet rammefaktor for kraftverkens drift.



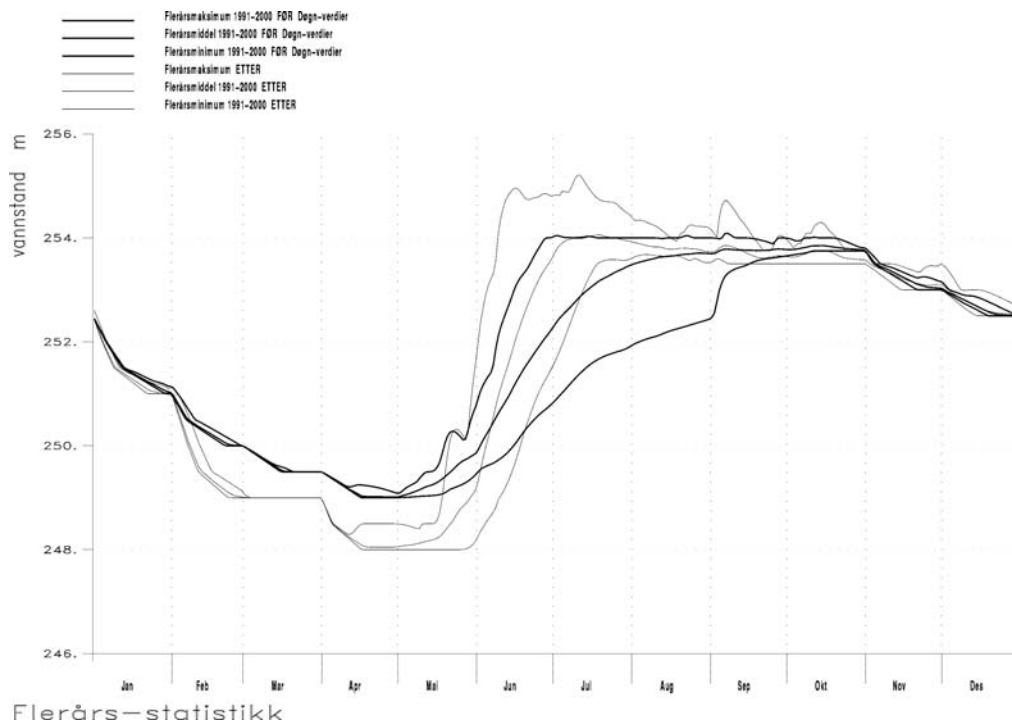
Figur 5.5.1: Historiske vannstander i Hjertvatn for perioden 1991 - 2000 sammenlignet med simulerte vannstander for samme periode og system , dvs før overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin og med dagens innstallasjon i kraftverket.

Ved beregning av vannstandene for Hjertvatnet er det , som tidligere nevnt i kapittel 4.4.2, lagt til grunn en strategi for tappingen. Magasinet er simulert for årene 1991 til 2000.

Figur 5.5.1 viser at det er mulig å tappe magasinet bare ned til kote 249, denne terskelverdi er valgt i denne analysen. Denne grensen er tilfeldig valgt og det kunne like godt vært valgt 1 – 2 m lavere vannstand. Ved å kreve at vannstanden skal ned til valgte laveste grense for magasinet blir dette etterstrebet i alle år, og resultatet av dette kan være at det i enkelte år med moderat vårflo og tørr sommer kan ta lang tid utover sommeren før magasinet kommer opp til HRV igjen. I år med stor vårflo og betydelig tilsig utover sommeren vil det oppstå noe flomtapp.

I en situasjon med vesentlig større tilsig til Hjertvatnet og en antatt noe mer restriktiv praksis med å senke magasinet til de laveste reguleringshøyder, vil det tidvis bli flere flomepisoder i det gamle elveleiet enn i dagens situasjon. Se figur 5.5.2, HRV er

kote 254.3. Slike kortvarige flommer kan oppstå i perioden juni til september, unntaksvis også i oktober.



Figur 5.5.2: Simulerte vannstander i Hjertvatn for perioden 1991 - 2000 før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin og økning av innstallasjonen i kraftverket.

Figur 5.5.2 viser maksimal- median- og minste magasin vannstand for dagens- og fremtidig situasjon. Denne forutsetter at optimal driftsvannføring i kraftverket øker fra ca 2 til 3.5 m³/s, og at maksimal driftsvannføring øker fra 2.1 til 3.7 m³/s.

5.6 Sjurvatnet og Sørrelva

Parameter	SJURVATNET			ENDRING		MARGINAL ENDRING	
	naturlig	dagens	fremtidig	på grunn av reguleringen i Hjertvatnet	rest	på grunn av overføring av Røvatnet	rest
vannføring i utløpet:	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	%	m3/s	%
Største flom	40.9	33.6	25.5	-7.3	82.2	-8.1	75.9
50 - årsflom	34.5	30.1	23.9	-4.4	87.2	-6.2	79.4
middelflom	19.3	16.8	14.0	-2.5	87.0	-2.8	83.3
minste årsflom	9.3	8.2	8.1	-1.1	88.2	-0.1	98.8
normalvannføring	3.785	3.784	3.784	0	100	0	100
alm. lavvannføring	0.414	0.626	0.493	0.212	151.2	-0.133	78.8
abs minstevannføring	0.201	0.2	0.192	-0.001	99.5	-0.008	96.0
vannstander i vatnet:	moh	moh	moh	cm	%	cm	
Største flom	56.29	56.10	55.85	-19		-24	
50-årsflom	56.12	56.00	55.80	-12		-19	
middelflom	55.65	55.55	55.44	-10		-11	
minste årsflom	55.21	55.15	55.15	-6		0	
normalvannstand, mid	54.63	54.66	54.67	3		1	
normalvannstand, mars	54.29	54.36	54.29	7		-7	
normalvannstand, juni	55.25	55.14	55.01	-11		-14	
normalvannstand, okt	54.76	54.75	54.75	-1		1	
vst alm lavvannføring	54.18	54.23	54.20	5		-3	
abs minstevannføring	54.11	54.11	54.11	0		0	
vannstandsvariasjon:	m	m	m	cm		cm	
Naturlig regulert sone	2.18	1.99	1.75	-19		-24	

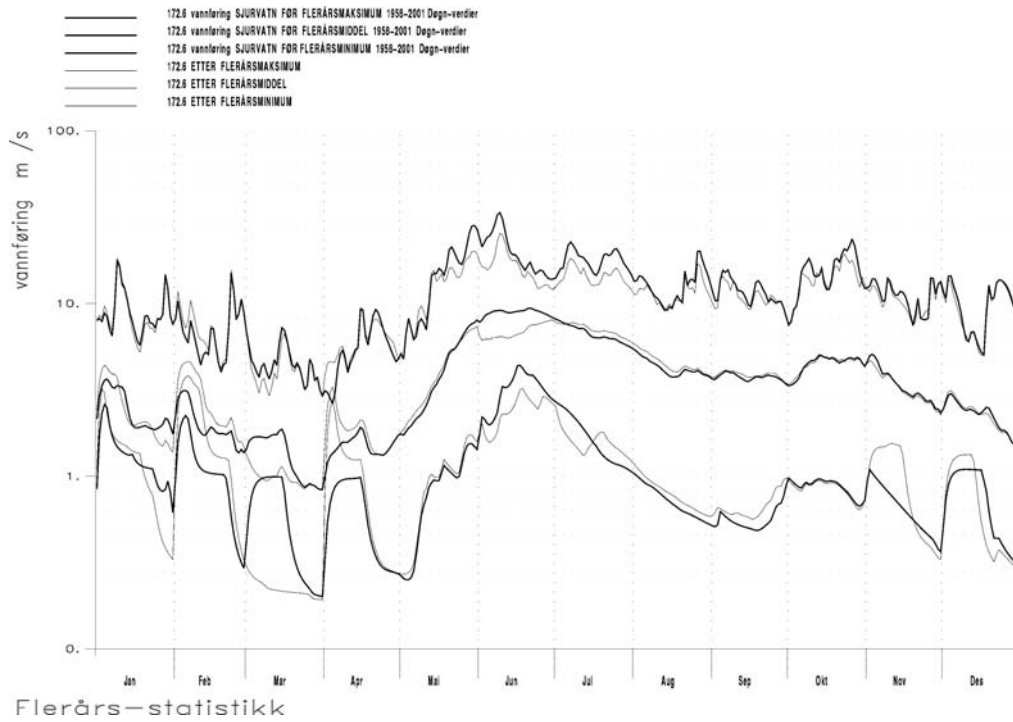
Tabell 5.6 : Sjurvatn før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin, og endringene som følge av den tidligere overføringen av Hjertvatn mot Sjurvatn via Hjertvatn kraftverk.

Sjurvatnet ligger nedstrøms Hjertvatn kraftverk. Alt vann er nå tilbake i hovedvassdraget, dette fremgår av tabell 5.6, normalvannføringen til dette punktet er ikke endret. Alle endringer her skyldes at vann fordeles på en ny måte over året, at kraftverket får økt slukkeevne, og at magasinet kan bli manøvrert på en annen måte enn tidligere.

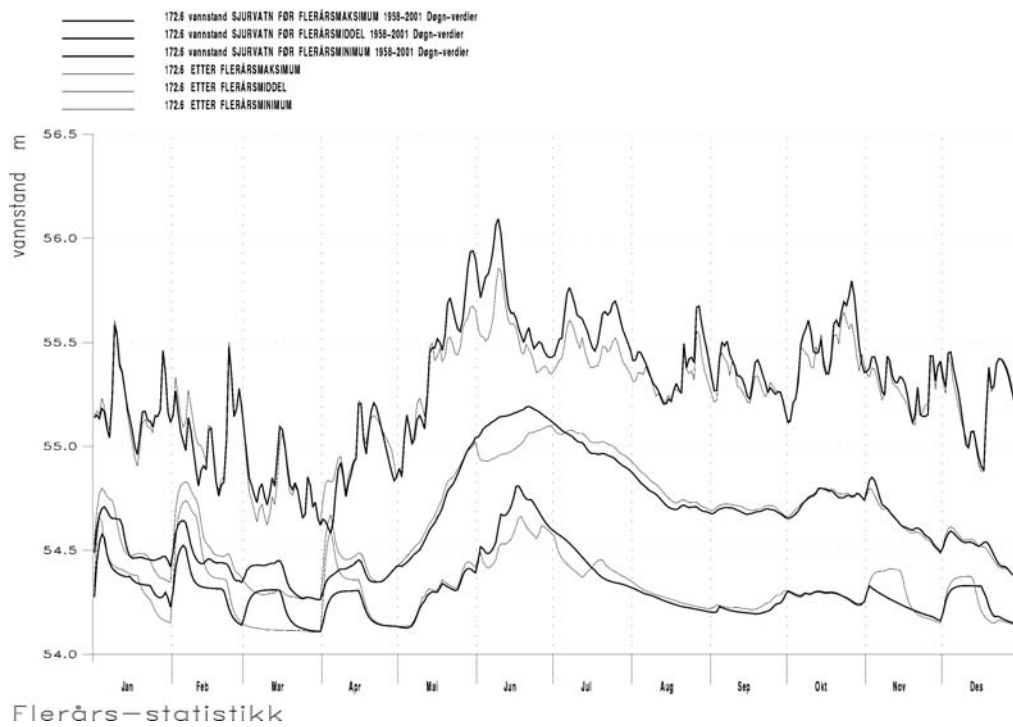
Flommene reduseres med 20 – 25 %. Vannstanden under flommene reduseres med 11 til 24 cm, middelvannstanden blir ubetydelig øket bortsett fra i flomperioder. Absolutt minstevannføring endres ikke.

Dette betyr at det er de endringene som vil komme også her vil skje innenfor det naturlige vannstandsområdet i vatnet. Tabell 5.6 og figurene 5.6.a og 5.6.b viser statistikk for vannstander og vannføringer beregnet for Sjurvatnet før og etter

overføringa av Røvasselva til Hjertvatnet og endret drift av kraftverket..
 Beregningsmetodikken er beskrevet nærmere i kap 1 og 4.



Figur 5.6.a: Vannføringer i elva ut av Sjurvatn før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin.



Figur 5.6.b: Vannstander i Sjurvatn før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin.

Dersom en ønsker å opprettholde de tidligere vannstander i Sjurvatnet er det mulig å oppnå dette ved bygningstekniske tiltak i bestemmende profil. Utløpsprofilen er vist på bildet i figur 5.6.c. Ved å både heve bunnterskelen og samtidig smalle inn bredden av elveløpet kan det gamle vannstandsregimet tilnærmet oppnås. Det må gjennomføres nye routinger for å begrunne terskelens dimensjoner.



Figur 5.6.c: Bestemmende profil i utløpet av Sjurvatn 10. juni 2001. Vannføring ca 4 m³/s. Se også figur 3.6.b side 29, vannstanden i Sjurvatnet er da ca 1 m høyere og i nivå med veibrua.

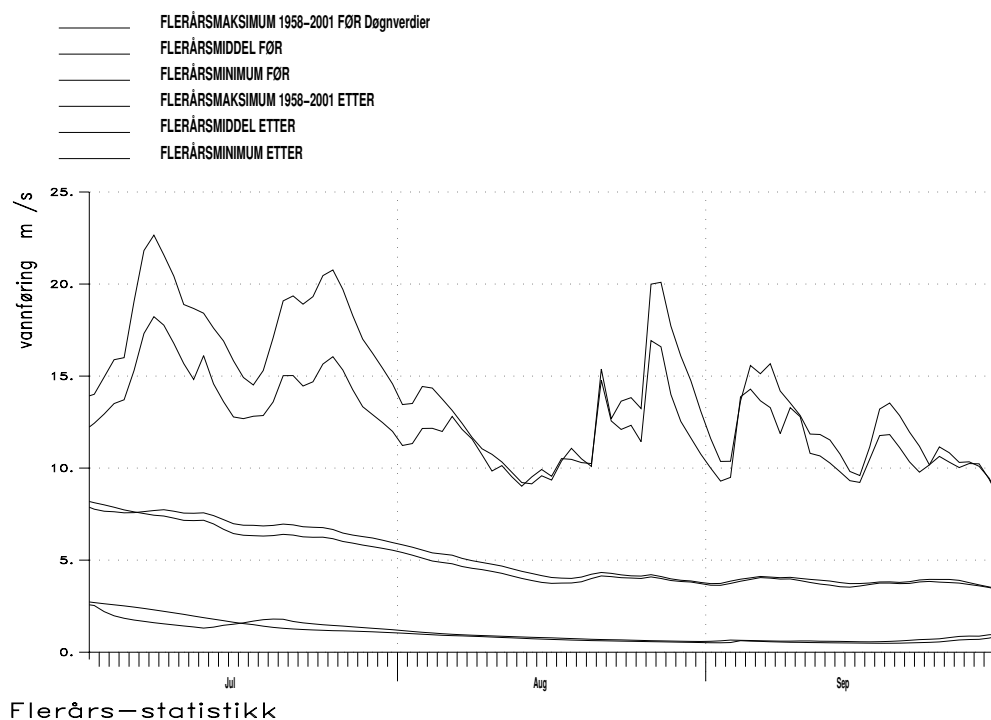


Figur 5.6.d: Sørrelva like oppstrøms målestasjon 172.5 Melkedal, 1. november 2000. Vannføring ca 2 m³/s.

5.6.1 Vannføringer i Sørrelva i perioden juli til september

Figur 5.6.1 viser vannføringene som er simulert for utløpet av Sjurvatnet. Disse endringene anses som representative for Sørrelva ned til Forsåvatnet.

På strekningen mellom utløp Sjurvatn og til Forsåvatnet kommer det til et restfelt på 14.9 km². Se tabell 3.2.a. Forskjellen mellom dagens- og fremtidige vannføringer blir altså litt mindre enn denne figuren viser for elva nedstrøms Litlevatnet og ned til Forsåvatnet.

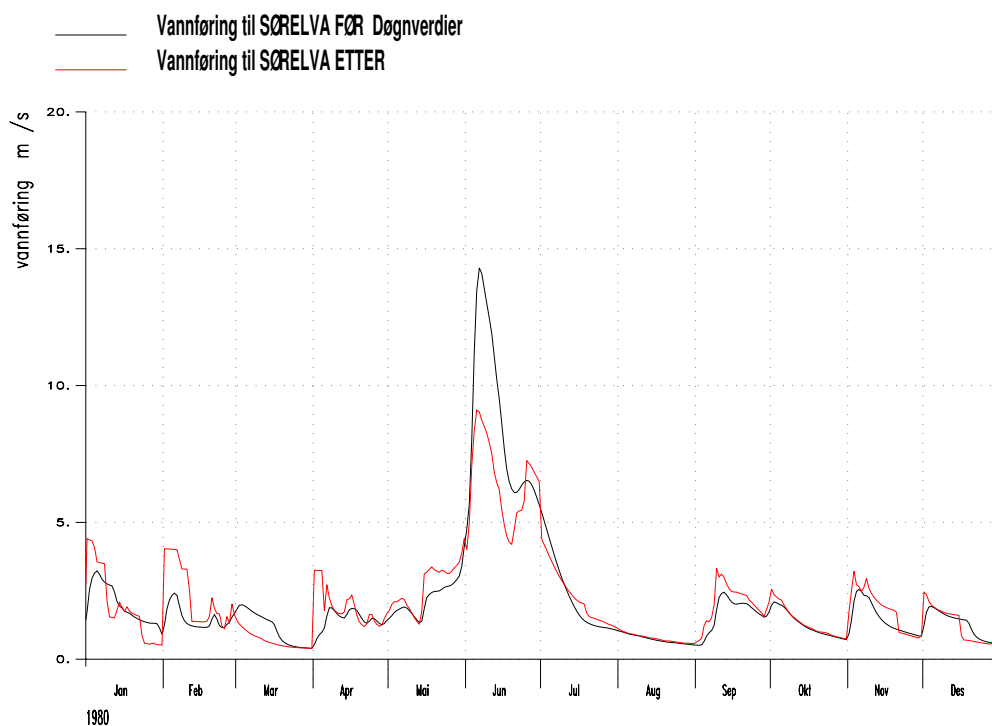


Figur 5.6.1.a: Vannføringer i Sørrelva før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin. Flerårsstatistikk

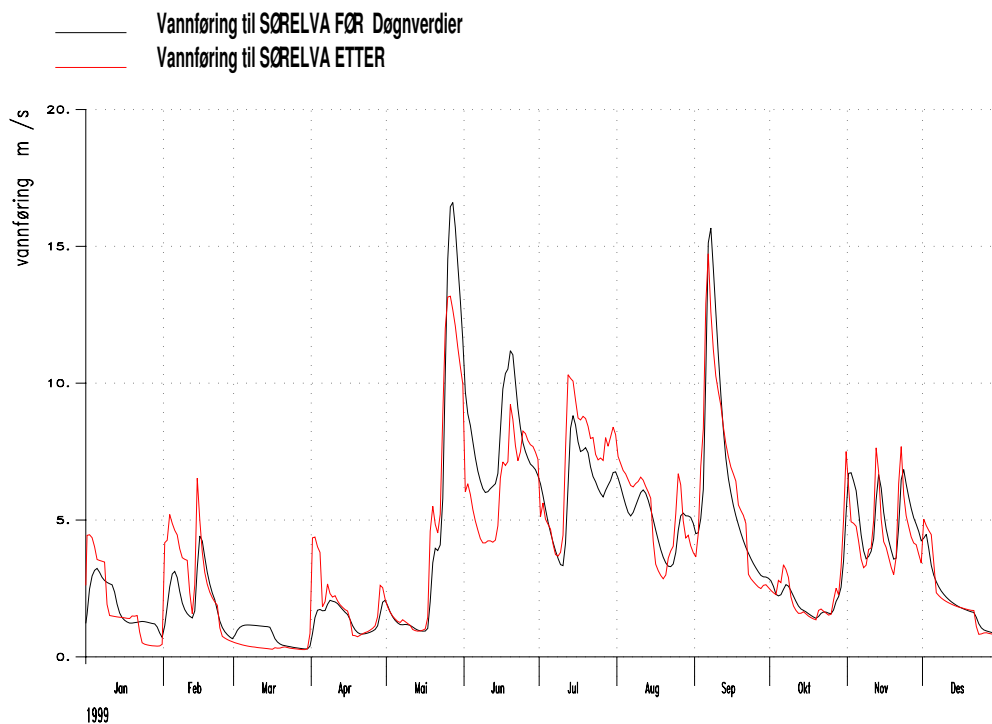
For å ytterligere belyse hvordan vannføringene i elva vil endres er det laget figurer som viser døgndata for tre karakteristiske år i serien, på basis av simulerte serier for dagens situasjon og fremtidig situasjon. Figurene 5.6.1.a, b, og c viser hhv tørråret 1980, et normalår 1999, og et vått år 1989.

Vannføringsendringene vinterstid kommer på grunn av at slukeevnen i kraftverket tilnærmet doubles. Endringene sommerstid skyldes at det øverste vassdraget, feltet til Røvatnet, overføres inn til hovedmagasinet i Hjertvatnet.

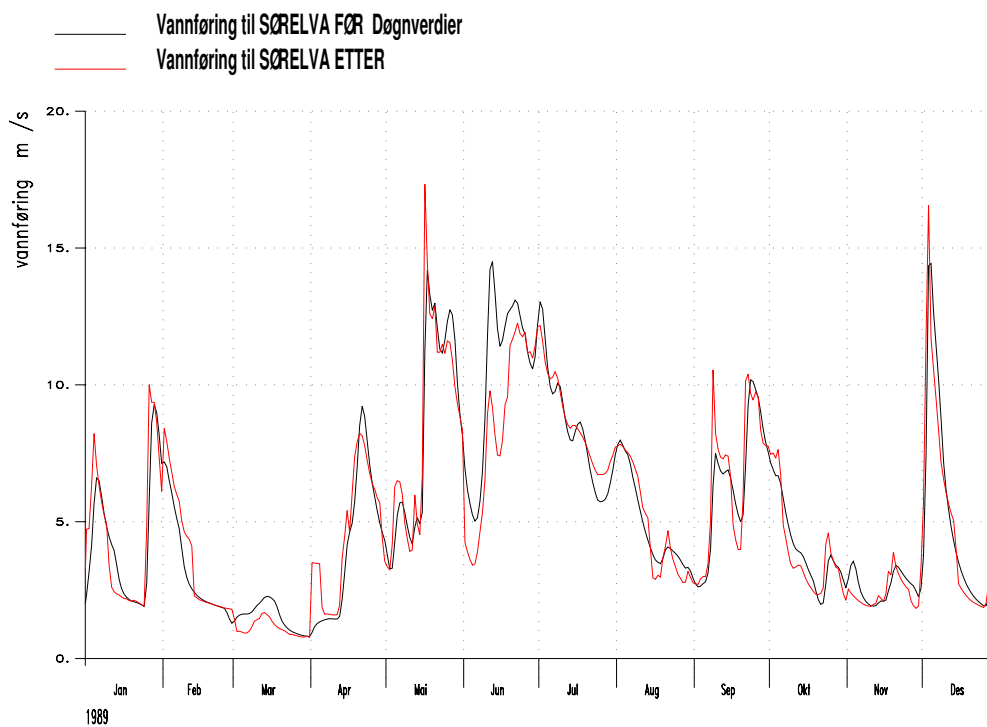
Som det fremgår av figurene blir endringene mest tydelige i et tørrår, i et vannrikt år er det moderate endringer.



Figur 5.6.1.b: Vannføringer i Sørrelva før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin. Daglige vannføringer i et tørt år 1980.



Figur 5.6.1.c: Vannføringer i Sørrelva før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin. Daglige vannføringer i et normalt år 1999.

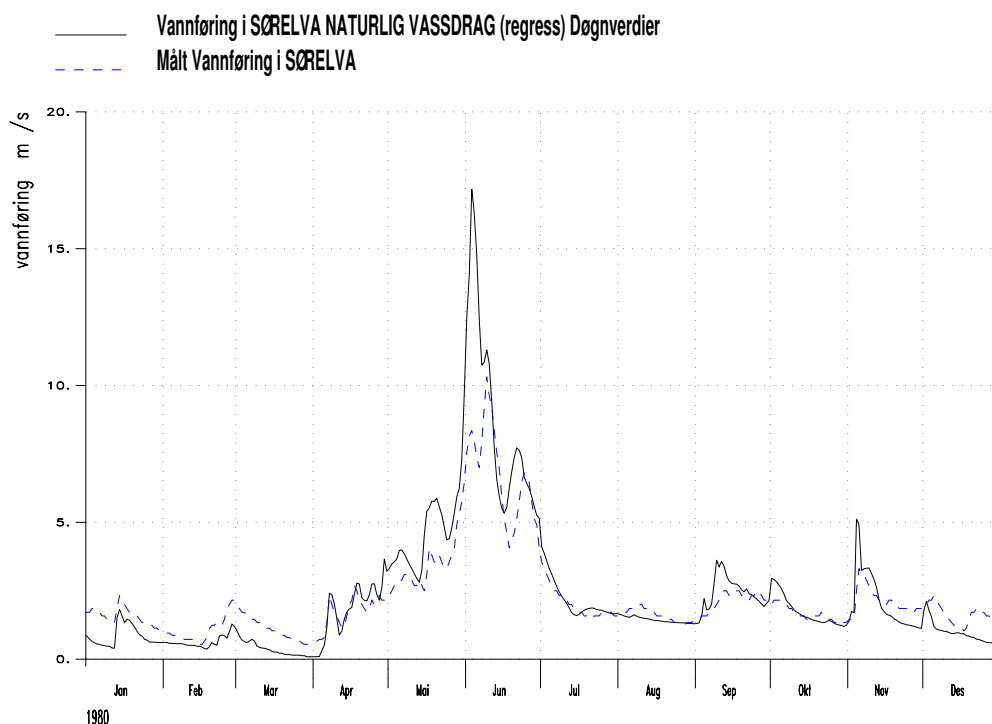


Figur 5.6.1.d: Vannføringer i Sørelva før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin. Daglige vannføringer i et vått år 1989.

5.6.2 Vannføringer i Sørrelva før og etter bygging av Hjertvatn kraftverk

Betrakter her utvidelsen av den historiske serien fra målestasjon 172.5 Melkedal, serien dekker den perioden dagens kraftverk har vært i drift og ligger plassert i Sørrelva like nedstrøms Litlevatn og oppstrøms vegen til Furuhaug, se Bilag 1a.

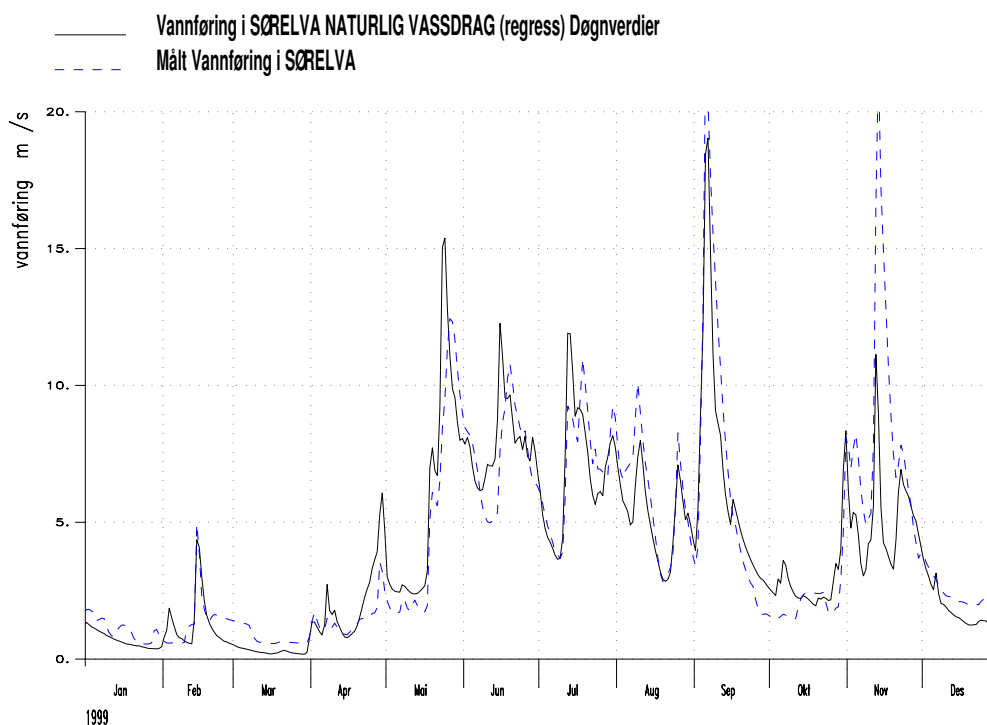
Regresjonsanalysen er beskrevet i kapittel 4.3 og bilag 5.



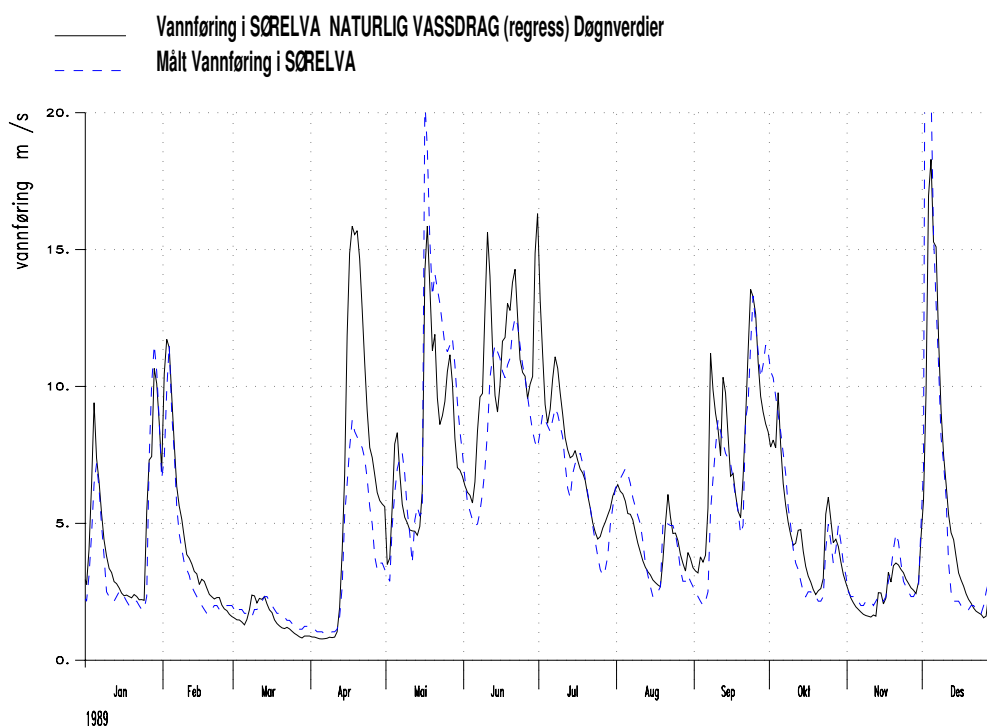
Figur 5.6.2.a: Vannføringer i Sørrelva før og etter Hjertvatn kraftverk. Daglige vannføringer i et tørt år 1980.

Det har vært moderate endringer av vannføringen i Sørrelva som følge av utbyggingen av Hjertvatn kraftverk. I og med at kunstige vannføringer til Sjurvatnet kraftverket er bestemt av turbinens slukeevne, vil virkningene på grunn av tapping her gi mest utslag når vannføringene i vassdraget er små. Figur 5.6.2.a viser dette i tørråret 1980. Vannføringene øker betydelig vinterstid. På sommeren er endringene minimale, utenom sesongen da magasinet fylles opp. Da er det relativt store endringer på grunn av at Hjertvatnfeltet ikke har avløp til Melkevatnet.

Figurene 5.6.2.b og c viser hhv et normalår og et vått år. Endringene er moderate og det karakteristiske vannføringsregimet i elva er nært det naturlige. Elva er i dag en meget god fiskeelv.



Figur 5.6.2.b: Vannføringer i Sørrelva før og etter Hjertvatn kraftverk. Daglige vannføringer i et normalår 1999.



Figur 5.6.2.c: Vannføringer i Sørrelva før og etter Hjertvatn kraftverk. Daglige vannføringer i et vått år 1989.

5.7 Forsåvatnet og Forsåfossen

	FORSÅVATNET			ENDRING		MARGINAL ENDRING	
	vannføringer			på grunn av		på grunn av	
Parameter	naturlig	dagens	fremtidig	reguleringen i		overføring av	
				Hjertvatnet	rest	Røvatnet	rest
vannføring i utløpet:	m3/s	m3/s	m3/s	m3/s	%	m3/s	%
Største flom	62.2	63.2	63.7	1.0	101.6	0.5	100.8
50 - årsflom	67.2	67.4	67.5	0.2	100.4	0.1	100.2
middelflom	38.1	37.2	35.9	-1.0	97.5	-1.2	96.7
minste årsflom	18.8	18.6	14.8	-0.2	98.9	-3.7	79.9
normalvannføring	6.692	6.690	6.691	-0.002	100.0	0.001	100.0
alm. lavvannføring	0.690	1.112	0.899	0.422	161.2	-0.213	80.8
abs minstevannføring	0.319	0.350	0.311	0.031	109.7	-0.039	88.9
vannstander i vatnet:	moh	moh	moh	cm	%	cm	
Største flom	29.56	29.58	29.59	2		1	
50-årsflom	29.67	29.67	29.68	0		0	
middelflom	28.95	28.92	28.89	-3		-4	
minste årsflom	28.34	28.33	28.19	-1		-14	
normalvannstand, mid	27.79	27.80	27.80	1		0	
normalvannstand, mars	27.58	27.61	27.58	3		-3	
normalvannstand, juni	28.21	28.14	28.06	-7		-8	
normalvannstand, okt	27.90	27.89	27.90	-1		1	
vst alm lavvannføring	27.45	27.50	27.48	5		-2	
abs minstevannføring	27.38	27.39	27.38	1		-1	
vannstandsvariasjon:	m	m	m	cm		cm	
Naturlig regulert sone	2.17	2.19	2.21	2		2	

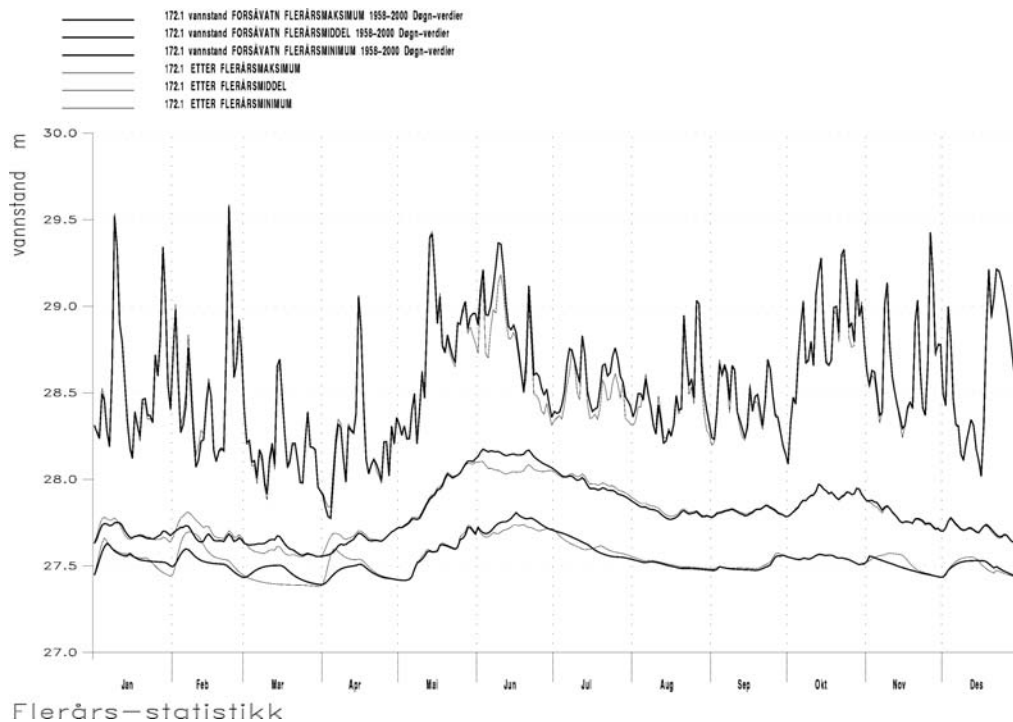
Tabell 5.7 : Forsåvatn før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin, og endringene som følge av den tidligere overføringen av Hjertvatn mot Sjurvatn via Hjertvatn kraftverk.

Dette analysepunktet ligger i nedre del av vassdraget, og fra utløpet av Forsåvatnet til Eufjord er det bare en kort elvestrekning på noen hundre meter. Feltarealet og middelavløpet til dette punktet er betydelig høyere enn ved utløp av Sjurvatnet. Det uregulerte avløpet fra feltet nedstrøms Sjurvatnet utgjør hele 77 % av middelavløpet, arealmessig 80 %. Dette gjør at de beregnede virkninger som fremkommer her blir små sammenlignet med de andre innsjøene som er analysert.

De ekstreme flommene her er dominert av hydrologiske prosesser som skjer i den store feltandelen som ligger i lavlandet. Vannstandene under middelflom og små flommer avtar fordi avrenningen fra Røvatnet blir dempet i Hjertvatnet. Middelfløpet påvirkes ikke av utbyggingene. En sammenligning av situasjonen i Forsåvatnet før og etter utbygging er vist i figurene 5.7.a og 5.7.b.



Figur 5.7.a: Vannføringer i elva ut av Forsåvatn før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin.



Figur 5.7.b: Vannstander i Forsåvatn før og etter overføring av Røvatn til Hjertvatn magasin.

6 Konklusjon

Tabell 6.1 viser de endringer som må forventes ved overføring av Røvatnet til Hjertvatnet. Forsåvatnet blir nesten ikke påvirket av utbyggingen, beregnede virkninger må karakteriseres som svært beskjedne. Sjurvatnet blir moderat berørt ved at flommer og flomvannstander blir noe redusert. Melkevatnet og Skårvatnet får redusert vannføring og reduserte flomvannstander. De største endringer skjer i Skårvatnet.

Ved å bygge terskler i utløpet av berørte innsjøer kan vannstandene heves opp til tilnærmet uberørt status opprettes. Dette oppnås fordi kapasiteten i utløpet reduseres. I Melkevatnet og Sjurvatnet kan det også korrigeres for den første senkningen av vannstander i fra 1959, men dette må veies opp mot at det har etablert seg en ny naturtilstand i strandsonen. Eventuelle terskler må dimensjoneres på basis av hydrologiske og hydrauliske beregninger.

Vannføringsbegrep	Sted	Vannføring i utløpet	Reduksjon i vannstand
		I forhold til dagens vannføringer	under dagens nivå pga ny utbyggingsplan
		%	cm
Flom	Skårvatnet	53 – 54	44 – 52
	Melkevatnet	60 – 62	12 – 16
	Sjurvatnet	76 – 83	11 – 24
	Forsåvatnet	100	1 – 4
Middelvannføring	Skårvatnet	55	9
	Melkevatnet	67	5
	Sjurvatnet	100	0
	Forsåvatnet	100	0
Alminnelig lavvannføring	Skårvatnet	55	3
	Melkevatnet	72	2
	Sjurvatnet	79	3
	Forsåvatnet	81	2

Tabell 6.1 : Oversikt over beregnede endringer av vannstander og vannføringer i vassdraget.

Elva fra Røvatnet til Skårvatnet tørrlegges. Det samme gjelder Storelva ned til Sjurvatnet dersom kanaliseringer på myrene inn mot Hjertvatnet fra nordvest gjennomføres. Elva fra tunnelåpningen fra Røvatnet og ned til Hjertvatnet vil få en stor økning av vannføringen.

Referanser

Astrup, Marit 2000: Homogenitetstest av hydrologiske data. Rapport 7-2000, NVE.

Astrup, Marit 2001: Avløpsnormaler, normalperioden 1961 – 1990. Rapport 2-2001, NVE.

Ballangen Energi AS, 1999: Konesjonssøknad for utvidelse av Hjertvatn kraftstasjon i Ballangen kommune. Søknad om konsesjon etter vassdragsreguleringsloven og vassdragsloven. Ofoten Interkommunale Plankontor, 1999.

Bønsnes, Truls og Roald, Lars 1994: Regional flomfrekvensanalyse. Sambandet mellom momentanflom og døgnmiddelflom. Rapport 1-1994, NVE

Chow m fl, 1988: Applied Hydrology, chapter 8, Lumped Flow Routing.

Førland, Eirik 1993; Nedbørnormaler, normalperiode 1961-1990. DNMI, Klima 39/93.

Sælthun, Nils Roar 1997: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 14-97, NVE.

Wingård, Bo 1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 2-78, NVE.

Helland, Amund, 1907: "NORGES LAND OG FOLK" Topografsk-Statistisk beskrivelse over Nordlands Amt. Kristiania, forlagt av Aschehoug (W. Nygaard)

Pettersen, Magnus 1988: OFOTEN II, Side 381 – 421, om gruvedriften i Ballangen gjennom tidene. Utgitt av Ofoten bygdeboknemnd.

Bilag

bilag1: Oversiktskart, basert på SK - M711

bilag2: Oversiktskart med avløpskoter

bilag3: Ny magasinkurve for Hjertvatnet

bilag4: Tappestrategier

bilag5: Regresjonsligninger

bilag6: Sammensatte serier for lokalfelt

bilag7: Serieoversikt routingberegninger

Bilag 1: Oversiktskart



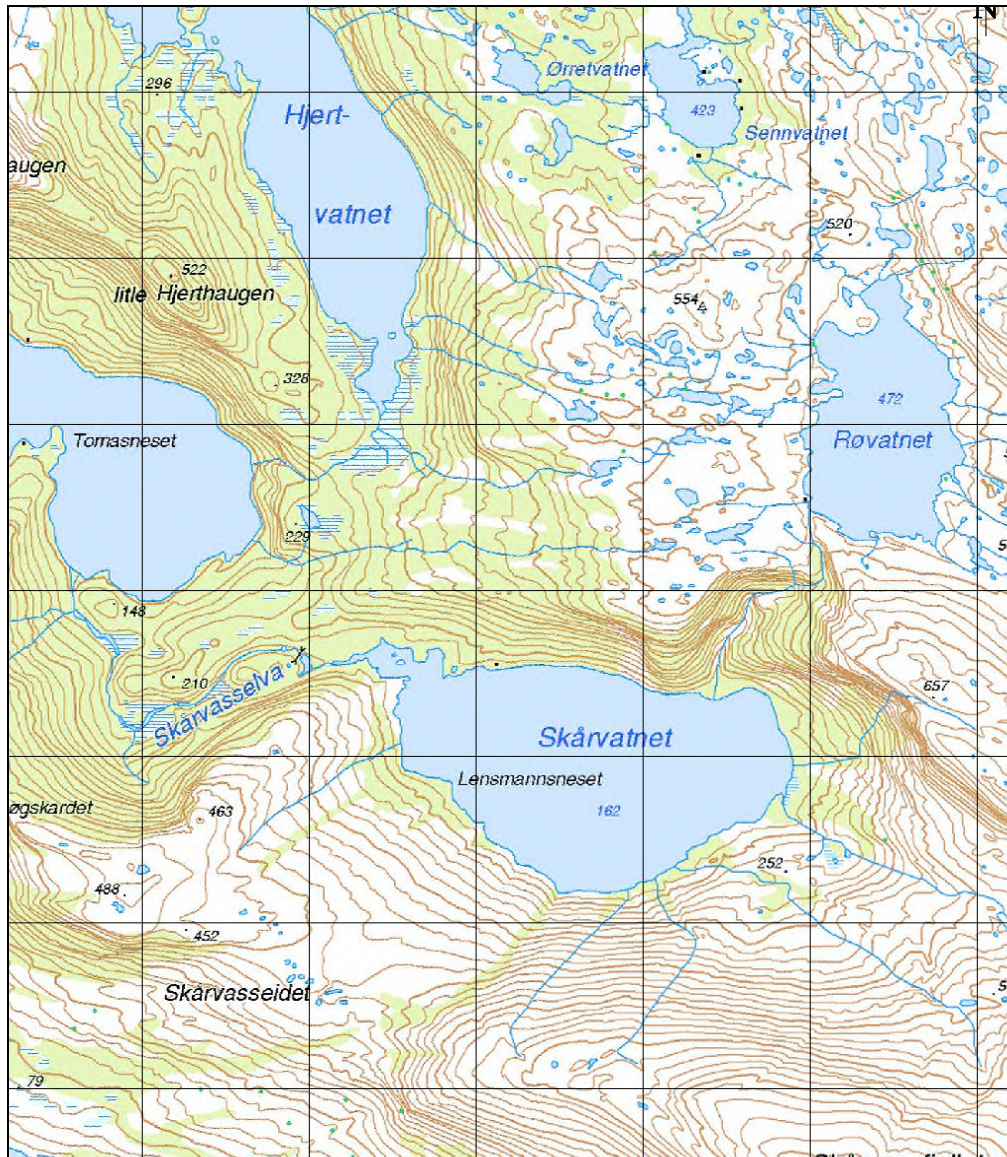
Bilag 1a: SK-M711 kart, nedre del av vassdraget.

Målestasjonen i Forsåvatnet, VM 172.1, var plassert i vannkanten ved veien langs Forsåvatnet, der veien svinger fra vatnet og ned til Forså i Efjorden. Målestasjonen ble nedlagt i 1988.

Målestasjonen i Melkedal, VM 172. Melkedal, er plassert like oppstrøms høyre brukar på veibrua over Sørrelva. Veien ender opp ved Furuhaug. Målestasjonen ligger like nedstrøms utløpsterskelen fra Litlevatnet.



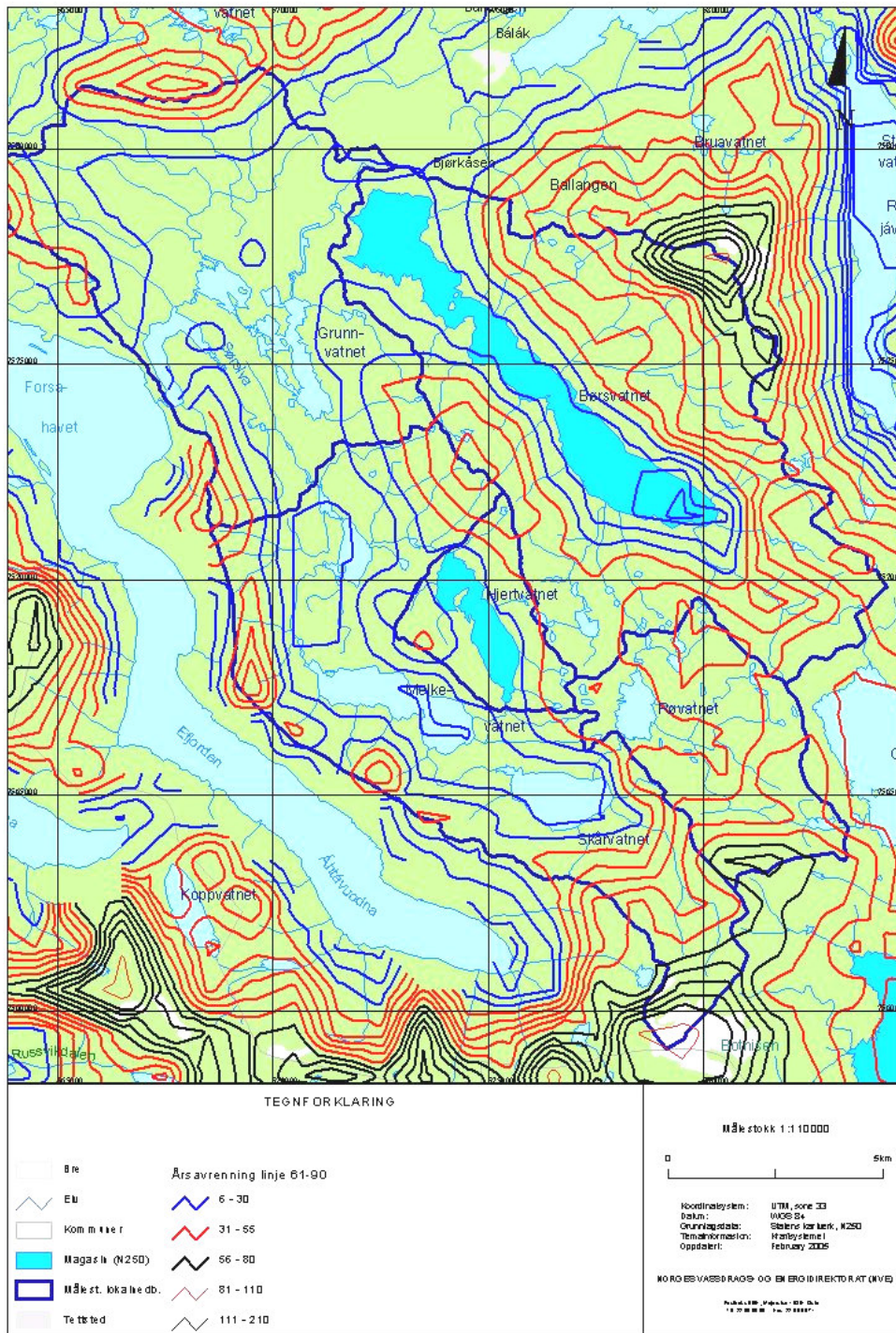
Bilag 1b: SK-M711 kart, den sentrale del av vassdraget.



Bilag 1c: SK-M711 kart, den øvre del av vassdraget.

Målestasjonen i Røvatn, VM 172.8, er plassert på et utstikkende nes på Røvatn's vestre bredd, ca rett vest av R i Røvatnet.

Bilag 2: Oversigtskart med avløpskoter



Avløpskart for normalperioden 1961 til 1990.

Bilag 3: Ny magasinkurve for Hjertvatnet

kote	Ha	Areal	dVolum	Volum
	m	km2	m3	mill m3
239.00	-15.3	0.299	0	0
241.80	-12.5	0.379	948747.73	0.949
242.00	-12.3	1.388	176659.70	1.125
245.12	-9.18	1.614	4682702.33	5.808
246.80	-7.5	1.750	2825726.3	8.634
247.00	-7.3	1.779	352929.9	8.987
249.71	-4.59	2.010	5133781.5	14.121
254.30	0	2.366	10041106.1	24.162
257.00	2.7	2.629	6742982.8	30.905
260.00	5.7	2.884	8269887.7	39.175
HRV er på kote 254.3				
Kote 245.12 på vannstand , fotodagen 27. August 1961.				
Vannstanden er 9.18 m under HRV på fotodagen.				
Ligning for å finne volum for tilfeldige vannstander:				Magasinformel
				konst 2. Grad
				0.041835
				Konst 1.Grad
				-18.889552
				konstledd
				2122.4203
Sammenligning av gammel og ny kurve				
vann-stand	Volum gml	Volum ny	dV	
moh	mill m3	mill m3	mill m3	
239	0	0	0.0	
244	7	4.1	2.9	
248	13	10.8	2.2	
251	19.4	16.8	2.6	
254.3	28	24.2	3.8	

Tabell B.3.1 : Magasinkurve for Hjertvatnet.

Resultater av planimetreringa på flyfoto, arealforhold.

Foto-oppgang nr 2217, 27. August 1961

M711

4.55 km

Korrekasjon for målestokk på flyfoto mot M711-kart

	Flyfotokopi	kopi	22.3 km
Faktor	lengdekorr	k1	0.20403587
Faktor	arealkorr	k2	0.04163064

Arealdel	hjelpe-	hjelpe-	Flyfoto	Bare A3	hjelpe-	Flyfoto	hjelpe-	hjelpe-
A	punkt	punkt		planimetrert	punkt		punkt	punkt
	beregn.	beregn.	planimeter	avl/beregn	beregn.	planimeter	beregn.	beregn.
cote	239	242	245.12	247	249.71	254.3	257	260
dh	-15.3	-12.3	-9.18	-7.3	-4.59	0	2.7	5.7
A1			11.050			16.975		
			11.150			16.975		
			11.075			16.925		
snitt			11.092			16.958		
k2 x snitt	0.299	0.379	0.462	0.512	0.584	0.706	0.778	0.858
dAmarg	-0.163	-0.083		0.050				
dcote	6.12	3.12	0.000	1.88			11.88	14.88
dAmarg/m			0.027					
A2			27.625			37.775		
			27.750			37.900		
			27.650			37.675		
snitt			27.675			37.783		
k2 x snitt		1.009	1.152	1.238	1.363	1.573	1.697	1.834
dAmarg		-0.143		0.086			0.545	0.682
dcote		3.12		1.88			11.88	14.88
dAmarg/m				0.046				
A3				0.650		2.075		
				0.700		2.075		
				0.750		2.100		
snitt				0.700		2.083		
k2 x snitt				0.029	0.063	0.087	0.155	0.192
dAmarg					0.034		0.125	0.163
dcote					2.71		10.00	13.00
dAmarg/m					0.013			
Sum	0.299	1.388	1.614	1.779	2.010	2.366	2.629	2.884
M711 pl	for sammenligning							3.004

Tabell B.3.2 : Arealberegning for magasinkurve i Hjertvatnet.

Bilag 4: Tappestrategier for Hjertvatn kraftverk

Mnd	Dagens			Fremtidig		
	min moh	max moh	q m3/s	min moh	max moh	q m3/s
Jan	250.0	251.0	0.0	250.0	251.0	0.0
	251.0	251.5	0.8	251.0	251.5	1.1
	251.5	252.0	2.1	251.5	252.0	3.0
	252.0	280.0	2.6	252.0	280.0	3.7
Feb	249.0	250.0	0.0	248.0	249.0	0.0
	249.5	250.5	0.8	249.0	249.5	1.1
	251.0	251.0	2.1	249.5	250.0	3.0
	251.0	280.0	2.6	250.0	280.0	3.7
Mar	248.5	249.5	0.0	248.0	249.0	0.0
	249.5	250.0	0.8	249.0	249.5	1.1
	250.0	250.5	2.1	249.5	250.0	3.0
	250.5	280.0	2.6	250.0	280.0	3.7
Apr	248.0	249.0	0.0	247.0	248.0	0.0
	249.0	249.5	0.8	248.0	248.5	1.1
	249.5	250.0	2.1	248.5	249.0	3.0
	250.0	280.0	2.6	249.0	280.0	3.7
Mai	248.5	249.5	0.0	247.0	248.0	0.0
	249.5	250.0	0.8	248.0	248.5	1.1
	250.0	250.5	2.1	248.5	249.0	3.0
	250.5	280.0	2.6	249.0	280.0	3.7
Jun	252.0	253.0	0.0	252.0	253.0	0.0
	253.0	253.5	0.8	253.0	253.5	1.1
	253.5	254.0	2.1	253.5	254.0	3.0
	254.0	280.0	2.6	254.0	280.0	3.7
Jul	252.50	253.50	0.0	252.50	253.50	0.0
	253.50	253.75	0.8	253.50	253.75	1.1
	253.75	254.00	2.1	253.75	254.00	3.0
	254.00	280.00	2.6	254.00	280.00	3.7
Aug	252.50	253.50	0.0	252.50	253.50	0.0
	253.50	253.75	0.8	253.50	253.75	1.1
	253.75	254.00	2.1	253.75	254.00	3.0
	254.00	280.00	2.6	254.00	280.00	3.7
Sep	252.50	253.50	0.0	252.50	253.50	0.0
	253.50	253.75	0.8	253.50	253.75	1.1
	253.75	254.00	2.1	253.75	254.00	3.0
	254.00	280.00	2.6	254.00	280.00	3.7
Okt	252.50	253.50	0.0	252.50	253.50	0.0
	253.50	253.75	0.8	253.50	253.75	1.1
	253.75	254.00	2.1	253.75	254.00	3.0
	254.00	280.00	2.6	254.00	280.00	3.7
Nov	252.0	253.0	0.0	252.0	253.0	0.0
	253.0	253.5	0.8	253.0	253.5	1.1
	253.5	254.0	2.1	253.5	254.0	3.0
	254.0	280.0	2.6	254.0	280.0	3.7
Des	251.5	252.50	0.0	251.5	252.50	0.0
	252.5	253.00	0.8	252.5	253.00	1.1
	253.0	253.50	2.1	253.0	253.50	3.0
	253.5	280.00	2.6	253.5	280.00	3.7

Bilag 5: Regresjonsligninger

172.8 Røvatn

Serienr	Navn vf-serie	Sesong 1	Sesong 2	Sesong 3	Sesong 4
		01.01 - 30.04	01.05 – 15.07	16.07 - 30.08	01.09 - 31.12
166.1	Lakshola	-0.00526	0.01929	-0.02821	0.01813
191.1	Vassås	0.00711	0.01160	0.01009	0.03524
167.2	Sørfjordvatn	0.03113	0.14840	0.22249	0.01995
177.4	Sneisvatn	-0.00530	0	0	-0.03639
165.6	Strandå	-0.00779	-0.09522	0	0
	konstantledd	0.06778	-0.70917	-0.08924	-0.02456
	Mult. r-koeff	0.50	0.88	0.93	0.89

Tabell B.5.1 : Koeffisienter i regresjonsligning for utvidelse av vm 172.8 Rauvatn. Periode 1: 1916-1984.

- REGRESS på perioden 1977 - 1984
- Generering for periode 1 og 2, med enkelte justeringer av sesonggrenser
- Lenking av serier for periode1, Målt og periode 2
- Redigering av negative slengere
- Justering av normalavløpet

Serienr	Navn vf-serie	Sesong 1	Sesong 2	Sesong 3	Sesong 4
		01.01 - 15.05	16.05 – 15.07	16.07 - 30.08	01.09 - 31.12
166.1	Lakshola	0.01381	0	0	0.01903
191.1	Vassås	0	0.01791	0	0.03071
167.2	Sørfjordvatn	0	0.17561	0.16448	0.03736
177.4	Sneisvatn	0	0	0.05518	0
165.6	Strandå	0	0	0.06580	0
196.13	Bardujord	0.14129	0	0	0
168.3	Lakså bru	-0.03225	0	-0.13363	0
172.7	Leirpoldvatn	0	0	0	-0.09079
178.1	Langvatn	0.05111	0	0.21862	0
	konstantledd	-0.00475	-0.96668	-0.13400	-0.05705
	Mult. r-koeff	0.68	0.85	0.93	0.91

Tabell B.5.2 : Koeffisienter i regresjonsligning for utvidelse av vm 172.8 Rauvatn. Periode 2: 1961-1984.

172.7 Leirpoldvatn

Serienr	Navn	Sesong 1	Sesong 2	Sesong 3	Sesong 4
	vf-serie	01.01 - 01.04	02.04 – 01.07	02.07 - 15.09	16.09 - 31.12
177.4	Sneisvatn	0.38671	0.28856	0.13116	0.26479
165.6	Strandå	0.29158	0.51649	0.27714	0.30004
168.1	Storvatn	0.06699	0	0.03968	0.08869
	konstantledd	-0.11333	-0.18949	-0.06200	-0.14236
	Mult.r-koeff	0.85	0.83	0.79	0.78

Tabell B.5.3 : Koeffisienter i regresjonsligning for utvidelse av 172.7 Leirpoldvatn . Periode 1: 1918 - 1953

- REGRESS på perioden 1972 - 1990
- Generering for periode 1 og 2, med enkelte justeringer av sesonggrenser
- Lenking av serier for periode 1, målt og periode 2
- Redigering av negative slengere
- Justering av normalavløpet

Serienr	Navn	Sesong 1	Sesong 2	Sesong 3	Sesong 4
	vf-serie	01.01 - 01.04	02.04 – 01.07	02.07 - 15.09	16.09 - 31.12
177.4	Sneisvatn	0.34962	0.16102	0.03148	0.18275
165.6	Strandå	0.18979	0.16393	0.03800	0.11212
178.1	Langvatn	0.13377	0.09941	-0.12109	-0.21366
168.3	Lakså bru	0.14702	0.38843	0.29358	0.32275
168.1	Storvatn	0	-0.03342	0.05369	0.05753
	konstantledd	-0.17587	-0.14874	0.03730	-0.0608
	Mult.r-koeff	0.87	0.88	0.86	0.84

Tabell B.5.4 : Koeffisienter i regresjonsligning for utvidelse av 172.7 Leirpoldvatn. Periode 2: 1954 - 1970

172.5 Melkedal

Serienr	Navn	Sesong 1	Sesong 2	Sesong 3	Sesong 4
	vf-serie	01.01 - 01.04	02.04 - 01.07	02.07 - 15.09	16.09 - 31.12
172.1	Forsåvatn	0.27877	0.43975	0.42723	0.33420
177.4	Sneisvatn	-0.07150	0	0	0
165.6	Strandå	0.13261	-0.15729	0.09459	0.13312
166.1	Lakshola	0.12708	0.03604	0.01995	0
191.1	Vassås	2.63253	-0.55467	-0.85945	-0.85152
172.8	Rauvatn utv.	2.73032	0.93557	1.26029	1.91501
	konstantledd	-0.40399	0.57938	0.60542	0.57627
	Mult.r-koeff	0.89	0.94	0.93	0.87

Tabell B.5.5 : Koeffisienter i regresjonsligning for utvidelse av 172.5 Melkedal. Periode 1: 1918 - 1955.

- REGRESS på perioden 1939 – 1955
- Generering for periode 1 og 2 med enkelte justeringer av sesonggrenser
- Lenking av periode 1, målt periode og periode 2
- Redigering av negative slengere
- Justering av normalavløpet

Serienr	Navn	Sesong 1	Sesong 2	Sesong 3	Sesong 4
	vf-serie	01.01 - 30.04	01.05 - 30.06	01.07 - 30.10	31.10 - 31.12
177.4	Sneisvatn	0	0.11990	0.14604	0.10281
165.6	Strandå	0.28297	0.26121	0.73108	0.56942
166.1	Lakshola	0.22169	0.11094	0.04731	0
191.1	Vassås	7.93874	0.85144	-1.07964	0
172.8	Rauvatn utv.	1.97164	0.69742	2.05648	3.60689
	konstantledd	-0.55281	1.56936	1.05013	0.48562
	Mult.r-koeff	0.87	0.89	0.85	0.83

Tabell B.5.6 : Koeffisienter i regresjonsligning for utvidelse av 172.5 Melkedal. Periode 2: 1955 - 2002.

Bilag 6: Beregning av serier for lokalfelt

	1931-60		nve 1987						
Felt	Areal	s	q	Qår	% -vis kombinasjon av målestasjoner				
					beskrivende for				
					Røvatn	Sneisvatn	Leirpoldvatn		
	km2	l/skm2	m3/s	Mill.m3	172.8	177.4	172.7		
Røvatnet	19.5	42	0.819	25.828	100				
Skårvatn	21.1	47	0.992	31.274	70	30			
Hjertvatn	12.8	45	0.576	18.165	30	70			
Melkevatnet	15.6	45	0.702	22.138	20	40	40		
Sjurovatn	15.0	45	0.675	21.287	20	20	60		
Litlevatn	6.3	45	0.284	8.940	10	30	60		
Restfelt før Forsåvatn	8.6	43	0.370	11.662		20	80		
lokalfelt Forsåvatn	7.2	42	0.302	9.536		20	80		
Felt nedstr Børsvatn	45.3	43	1.948	61.429	20	10	70		
Sum Forsåvatn	151.4	44.0	6.667	210.260					
Felt	Areal	s	q	Qår	avløpet i m3/s				
					Røvatn	Sneisvatn	Leirpoldvatn		
	km2	l/skm2	m3/s	Mill.m3	172.8	177.4	172.7	Sum	
Røvatnet	19.5	42	0.819	25.828	0.819			0.819	
Skårvatn	21.1	47	0.992	31.274	0.694	0.298		0.992	
Hjertvatn	12.8	45	0.576	18.165	0.173	0.403		0.576	
Melkevatnet	15.6	45	0.702	22.138	0.140	0.281	0.281	0.702	
Sjurovatn	15.0	45	0.675	21.287	0.135	0.135	0.405	0.675	
Litlevatn	6.3	45	0.284	8.940	0.028	0.085	0.170	0.284	
Restfelt før Forsåvatn	8.6	43	0.370	11.662		0.074	0.296	0.370	
lokalfelt Forsåvatn	7.2	42	0.302	9.536		0.060	0.242	0.302	
Felt nedstr Børsvatn	45.3	43	1.948	61.429	0.390	0.195	1.364	1.948	
Sum Forsåvatn	151.4	44.0	6.667	210.260					
Felt	Areal	s	q	Qår	skaleringfaktorer			q	tilsig til
qmid VM					0.963	2.767	0.998	60-01	lokalfelt
					Røvatn	Sneisvatn	Leirpoldvatn	ktrl.	serie
	km2	l/skm2	m3/s	Mill.m3	172.8	177.4	172.7	Sum	
Røvatnet	19.5	42	0.819	25.828	0.8505			0.819	172.8.0.1001.1
Skårvatn	21.1	47	0.992	31.274	0.7209	0.108		0.992	172.8.0.1001.2
Hjertvatn	12.8	45	0.576	18.165	0.1794	0.146		0.576	172.6.0.1001.1
Melkevatnet	15.6	45	0.702	22.138	0.1458	0.101	0.281	0.702	172.6.0.1001.2
Sjurovatn	15.0	45	0.675	21.287	0.1402	0.049	0.406	0.675	172.6.0.1001.3
Litlevatn	6.3	45	0.284	8.940	0.0294	0.031	0.170	0.284	172.6.0.1001.4
Melkedal VM									172.5.0.1001.1
Restfelt før Forsåvatn	8.6	43	0.370	11.662		0.027	0.296	0.370	172.5.0.1001.2
Forsåvatn VM									172.1.0.1001.1
lokalfelt Forsåvatn	7.2	42	0.302	9.536		0.022	0.242	0.302	172.1.0.1001.2
Felt nedstr Børsvatn	45.3	43	1.948	61.429	0.4045	0.070	1.366	1.948	172.1.0.1001.3
Sum Forsåvatn	151.4	44.0	6.667	210.260					

Bilag 7: Serieoversikt Routingberegninger

Felt	A	s	q	Qår	skaleringfaktor				q	tilsig til	avløpt	tilsig til	vannstander	
					0.963	2.767	1	60-01						lokalfelt
qmid VM					Røv.	Sneis	Leir	ktrl.	serie		serie			
	km2	l/skm2	m3/s	Mill.m3	172.8	177.4	173	Sum	work-hydag		work-hydag			
Røvatnet	19.5	42	0.819	25.828	0.85			0.819	----	----	----	172.8.0.1001.1	172.8.0.1000.1	
Skårvatn nat	21.1	47	0.992	31.274	0.721	0.108		0.992	172.8.0.1001.2	172.8.0.1001.1	172.8.0.1001.21	172.8.0.1001.22	172.8.0.1000.22	
Skårvatn dag/fram											172.8.0.1001.2	172.8.0.1001.3	172.8.0.1000.3	
Hjertvatn nat	12.8	45	0.576	18.165	0.179	0.146		0.576	----	----	172.6.0.1001.1	172.6.0.1001.11	172.6.0.1000.11	
Hjertvatn dagens											172.6.0.1001.1	172.6.0.1001.12	172.6.0.1000.12	
krvtapp1												172.6.0.1001.22		
Hjertvatn framtid									172.6.0.1001.1	172.8.0.1001.1	172.6.0.1001.9	172.6.0.1001.13	172.6.0.1000.13	
krvtapp2												172.6.0.1001.33		
Melkevatn nat	15.6	45	0.702	22.138	0.146	0.101	0.281	0.702	172.6.0.1001.2	172.8.0.1001.22				
											172.6.0.1001.11	172.6.0.1001.35	172.6.0.1001.36	172.6.0.1000.36
Melkevatn dagens									172.6.0.1001.2	172.8.0.1001.22	172.6.0.1001.24	172.6.0.1001.25	172.6.0.1000.25	
Melkevatn fremtid									172.6.0.1001.2	172.8.0.1000.3	172.6.0.1001.5	172.6.0.1001.6	172.6.0.1000.6	
Sjurrvatn nat	15.0	45	0.675	21.287	0.14	0.049	0.406	0.675	172.6.0.1001.3	172.6.0.1001.36	172.6.0.1001.39	172.6.0.1001.40	172.6.0.1000.40	
Sjurrvatn dagens									172.6.0.1001.3	172.6.0.1001.25				
krvtapp1										172.6.0.1001.22	172.6.0.1001.50	172.6.0.1001.51	172.6.0.1000.51	
Sjurrvatn framtid									172.6.0.1001.3	172.6.0.1001.6				
krvtapp2										172.6.0.1001.33	172.6.0.1001.42	172.6.0.1001.43	172.6.0.1000.43	
Litlevatn nat	6.3	45	0.284	8.940	0.029	0.031	0.170	0.284	172.6.0.1001.4	172.6.0.1001.40		172.5.0.1001.40		
											172.6.0.1001.51	172.5.0.1001.51		
											172.6.0.1001.43	172.5.0.1001.43		
Melkedal VM									172.5.0.1001.1					
Rest for Forsåvatn	8.6	43	0.370	11.662		0.027	0.296	0.370	172.5.0.1001.2					
lokfelt Forsåvatn	7.2	42	0.302	9.536		0.022	0.242	0.302	172.1.0.1001.2					
Felt neds Børsv	45.3	43	1.948	61.429	0.405	0.070	1.366	1.948	172.1.0.1001.3					
sum									172.1.0.1001.7	172.5.0.1001.40	172.1.0.1001.40	172.1.0.1001.41	172.1.0.1000.41	
										172.5.0.1001.51	172.1.0.1001.51	172.1.0.1001.52	172.1.0.1000.52	
										172.5.0.1001.43	172.1.0.1001.43	172.1.0.1001.44	172.1.0.1000.44	
Forsåvatn VM									172.1.0.1001.1					
Sum Forsåvatn	151.4	44.0	6.667	210.260										

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2005

- Nr.1 Olav Isachsen, Per F. Jørgensen, Lars Bugge, Peter Bernhard: Grønne sertifikater og biobrensel (s.)
- Nr.2 Lars Sigurd Eri, Kjelforeningen – Norsk Energi : Sertifikatberettiget elkraftproduksjon basert på spillenergi fra industri (s.)
- Nr.3 Rune V. Engeset: Undersøkelser ved Blåmannsisen 2004 (18 s.)
- Nr.4 Eli Alfnes, Elin Langsholt, Thomas Skaugen and Hans-Christian Udnæs: Updating snow reservoir in hydrological models from satellite-observed snow covered areas (47 s.)
- Nr.5 Ånund Sigurd Kvambekk, Åge Brabrand: Bruk av Akerselva til oppvarming/nedkjøling av Avantors bygningsmasser i Nydalen (14 s.)
- Nr.6 Hans-Christian Udnæs: Real time demonstration of satellite-observed snow covered area in the HBV model Spring 2004 (12 s.)
- Nr.7 Roger Sværd: Overføring av Røvatn til Hjertvatn i Forsåvassdraget, Ballangen kommune. Virkninger på vannstands- og vannføringsforhold (83 s.)