

NIVA



RAPPORT LNR 4210-2000

# Kapasitet og leveringssikkerhet for Eigersund Vannverk



**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Nordnesboder 5  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

**Akvaplan-niva**

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Kapasitet og leveringssikkerhet for Eigersund Vannverk	Løpenr. (for bestilling) 4210-2000	Dato 9. mars 2000
	Prosjektnr. Undernr. O-99225	Sider Pris 11
Forfatter(e) Nils Roar Sælthun	Fagområde Hydrologi	Distribusjon
	Geografisk område Rogaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Sørlandskonsult, Eigersund kommune	Oppdragsreferanse
--	-------------------

<p><b>Sammendrag</b></p> <p>Det er utført beregning av leveringssikkerhet for Eigersund Vannverk, basert på to leveringsnivå og tre systemalternativer:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Regulering av Holmavann som i dag</li> <li>2. 1 m økning av HRV i Holmavann</li> <li>3. Økt regulering i Holmavann og tilleggsregulering i Dyråstjørna</li> </ol> <p>For beregningene er tappemodellen ENMAG benyttet. Simuleringene er utført for en tredivårsperiode med døgndata. De to leveringsnivåene er: Lavt nivå: 6000 m<sup>3</sup>/d for perioden september til april, 9000 m<sup>3</sup>/d fra mai til august. Høyt nivå: 9000 m<sup>3</sup>/d for perioden september til april, 11000 m<sup>3</sup>/d fra mai til august. Det lave nivået gir ikke leveringsproblemer, det høye gir betydelige problemer. Analysen av leveringssikkerhet ved det høye nivået er imidlertid forbundet med stor usikkerhet på grunn av det dårlige datagrunnlaget.</p>
---

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vannforsyning</li> <li>2. Leveringssikkerhet</li> <li>3. Hydrologi</li> <li>4. Tappesimuleringer</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Water supply</li> <li>2. Supply security</li> <li>3. Hydrology</li> <li>4. Reservoir operation simulation</li> </ol>
--	---



Nils Roar Sælthun

Prosjektleder



Dag Berge

Forskningsleder

ISBN 82-577-3830-1



Bente Wathne

Forskningsjef

# **Kapasitet og leveringsikkerhet for Eigersund Vannverk**

## **Forord**

På oppdrag fra Sørlandskonsult/Eigersund kommune er det utført beregning av leveringssikkerhet for Eigersund vannverk, ved dagens system og for to mulige økninger av magasinkapasiteten. Beregningene er utført av Nils Roar Sælthun. Data for systemet, inkludert en del observasjoner fra de siste årene, er skaffet fram av Eigersund kommune og Sørlandskonsult.

Oslo, 9. mars 2000

*Nils Roar Sælthun*

---

# Innhold

<b>1. Sammendrag og konklusjoner</b>	<b>5</b>
<b>2. Innledning</b>	<b>5</b>
<b>3. Beregningsforutsetninger</b>	<b>6</b>
3.1 Hydrologi	6
3.2 Generelt	6
3.3 Simuleringsmodell	6
3.4 Kalibrering	7
<b>4. Tappesimuleringer</b>	<b>9</b>
4.1 Tappestrategi 1	9
4.1.1 Dagens system	9
4.1.2 Forhøyet dam	9
4.1.3 Regulering av Dyråstjørna	10
4.2 Tappestrategi 2	10
<b>5. Referanser</b>	<b>11</b>

---

# 1. Sammendrag og konklusjoner

Det er utført beregning av leveringssikkerhet for Eigersund Vannverk, basert på to leveringsnivå og tre systemalternativer:

1. Regulering av Holmavann som i dag
2. 1 m økning av HRV i Holmavann
3. Økt regulering i Holmavann og tilleggsregulering i Dyråstjørna

For beregningene er tappemodellen ENMAG benyttet. Simuleringene er utført for en tredve-årsperiode med døgndata. Tilsigsvariasjonene er beskrevet av vassføringsserien for NVEs stasjon 27.3 Hetland i Oгна, periode 1969-1998. Middeltilsig ble i utgangspunktet hentet fra NVEs isohydatkart for perioden 1930-1960, 37 l/s km<sup>2</sup> (tilsvarer 92 l/s i gjennomsnitt, årstilsig på 2.91 mill m<sup>3</sup>/s). Kalibrering mot observasjoner av vannstand og en del tappetall for 1997 tyder imidlertid på at dette er for lavt, og tilsiget ble justert opp til 44 l/s km<sup>2</sup> (tilsvarer 110 l/s, 9470 m<sup>3</sup>/d, 3.47 mill m<sup>3</sup>/år). Resultatene fra simuleringene er:

**Lavt leveringsnivå.** Levering av 6000 m<sup>3</sup>/d for perioden september til april, 9000 m<sup>3</sup>/d fra mai til august ser ikke ut til å by på problemer ved noen av systemalternativene.

**Høyt leveringsnivå.** Levering av 9000 m<sup>3</sup>/d for perioden september til april, 11000 m<sup>3</sup>/d fra mai til august stresser systemet. Det blir mange situasjoner med tildels langvarige leveringsproblemer. Det er bare begrenset hjelp i å øke magasinkapasiteten - leveringen ligger svært nær det estimerte middeltilsiget. Ved systemalternativ 1 - dagens system - er det leveringsproblemer i 300 døgn. Økning av reguleringen i Holmavann halverer perioden med leveringsproblemer til 150 døgn. Tilleggsregulering til Dyråstjørna gir minimal forbedring (ut over tilleggsreguleringen i Holmavann).

Det er stor usikkerhet tilknyttet disse resultatene. For et så godt regulert system som det foreliggende, er den avgjørende faktoren for leveringssikkerheten, middeltilsiget. Det er imidlertid ikke vassføringsserier fra selve feltet eller felt i nærheten, så tilsiget må estimeres på grunnlag av NVEs isohydatkart, som har stor usikkerhet for slike småfelt i vassdrag uten vassføringsstasjoner. De foreliggende data fra vannverket gir dårlig underlag for å kontrollere tilsiget. Tilsiget fra NVEs isohydatkart er justert opp 20 prosent på grunnlag av ti ukerapporter for tapping fra 1997, og observert magasinutvikling for samme periode. En lengre, sammenhengende dataserie med tapping og magasin vannstander ville gitt helt andre muligheter for å kontrollere tilsiget, og dermed langt større sikkerhet i vurderingene av leveringssikkerhet.

## 2. Innledning

Eigersund vannverk har sitt hovedinntak i Holmavatn. Ved dagens uttak (9000 til 11000 m<sup>3</sup>/d) ligger man svært nær maksimal kapasiteten for det eksisterende systemet. To mulige utvidelser av systemet er 1 m økning av regulerings høyden, og tilleggsreguleringer i Dyråstjørna. Disse tiltakene øker ikke nedslagsfeltet til vannverket, og dermed heller ikke middeltilsiget. Rapporten beskriver resultatene fra tappesimuleringer for disse tre systemvariantene, for to leveringsnivå.

## 3. Beregningsforutsetninger

### 3.1 Hydrologi

Nedbørfelt:	2.49 km <sup>2</sup>	
LRV:	152.02	
HRV:	158.20	
Areal ved HRV:	0.430 km <sup>2</sup>	
Magasinkurve:	152.02	0.0 mill m <sup>3</sup>
	158.20	2.47 (midlere areal 0.40 km <sup>2</sup> )
	159.20	2.92 (midlere areal 0.45 km <sup>2</sup> )

Middeltilsig 37 l/s km<sup>2</sup> (tilsvarer 92 l/s i gjennomsnitt, årstilsig på 2.91 mill m<sup>3</sup>/s). Tallet er tatt ut av NVEs avrenningskart for perioden 1930-1960 (NVE 1987). Et utsnitt for området rundt Eigersund er vist i figur 1. For et lite felt uten nedstrøms kontroll (vassføringsstasjon) er en typisk usikkerhet i isohydatkartet ±20%.

Tilsgsserie: 27.3 Hetland i Ogna, periode 1969-1998, døgndata fra NVE. Spesifikk avrenning 1930-60: 55 l/s km<sup>2</sup> (NVE 1987).

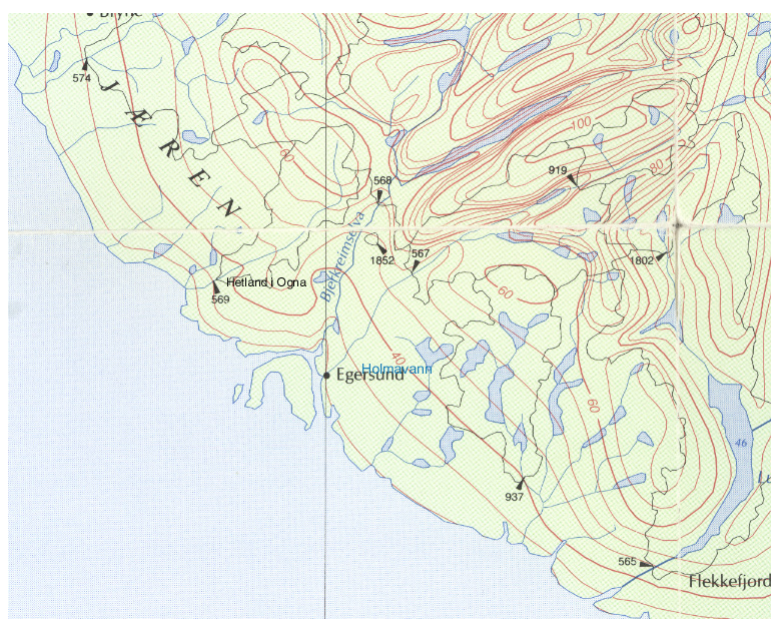
### 3.2 Generelt

Vannverkssystemet er ved full utnyttelse av magasinet velregulert, men det gir sannsynligvis betydelig problemer med vannkvaliteten ved tapping helt ned mot inntaket. Magasinkurven er heller ikke kjent på dette nivået.

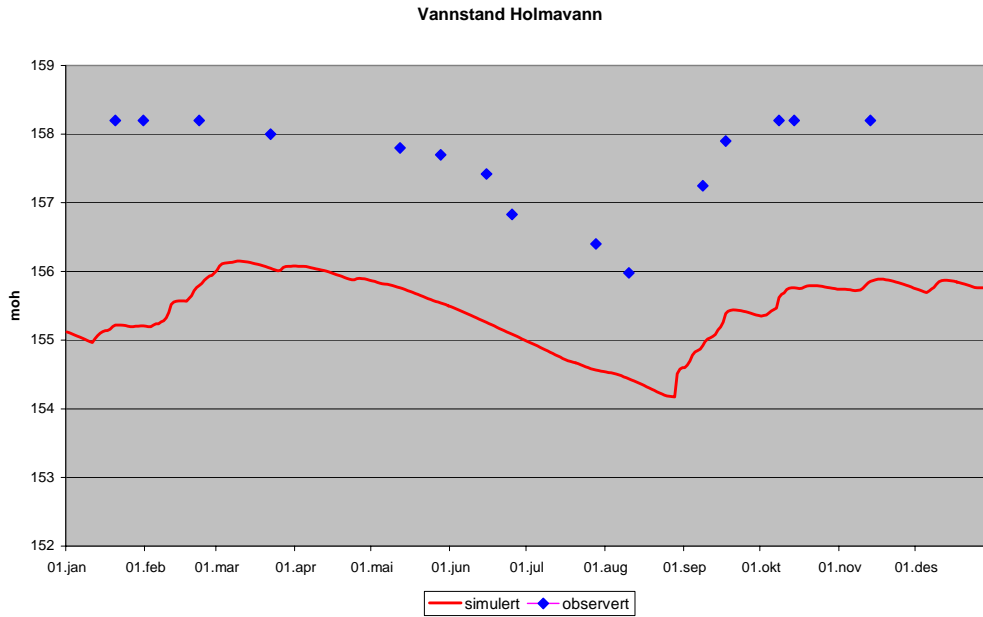
Forutsatt at middelavrenningen er satt korrekt, er det maksimale man kan ta ut av systemet uten overføringer 92 l/s. Tilleggsreguleringer kan ikke øke uttaket over middelavrenningen.

### 3.3 Simuleringsmodell

Simuleringsmodellen som er benyttet er ENMAG, utviklet av professor Ånund Killingtveit, Institutt for vassbygging. Dette er en modell som simulerer tappingen fra et reguleringsmagasin med tidsskritt fra et døgn og oppover. Forskjellige tappestrategier og restriksjoner kan anvendes. For nærmere beskrivelse av modellen, se f.eks. Killingtveit og Sælthun (1995). I de foreliggende beregningene er det benyttet tidsskritt ett døgn, og fast tapping i perioder.



Figur 1. Isohydatkart for området (NVE 1982), isolinjer i l/s km<sup>2</sup>.

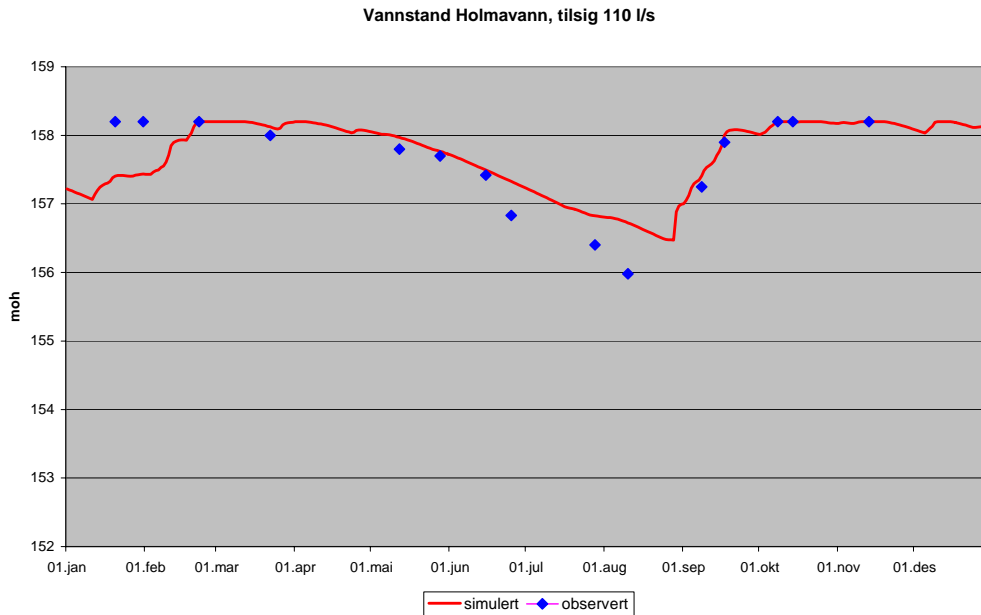


Figur 2 Simulert og observert vannstand i Holmavann, 92 l/s tilsig, 88 l/s tapping

### 3.4 Kalibrering

10 ukeoversikter er mottatt fra 1997, spredt nokså jevnt utover året. Disse viser en midlere tapping på  $7600 \text{ m}^3/\text{d}$ , eller 88 l/s. Vi regner med at dette er representativt for året. En tappesimulering med konstant uttak på dette nivået gir en magasin vannstandsvariasjon som vist i figur 2, hvor de observerte vannstandene er indikert med ruter. Som vi ser, ligger simulert vannstand konsekvent under observert. Dette tyder på at tilsiget er satt noe lavt. En ny simulering med tilsig 110 l/s,  $3.47 \text{ mill m}^3/\text{s}$  gir resultater som vist i figur 3. Denne gir rimelige simuleringer for 1997. At tappingen blir for lav om sommeren skyldes etter alt å dømme at vi har regnet med konstant forbruk, mens det i virkeligheten går noe opp om sommeren pga hagevanning.





Figur 3 Simulert og observert vannstand i Holmavann, 110 l/s tilsig, 88 l/s tapping

Dette er selvsagt et spinkelt grunnlag å anslå tilsiget på, men det spesifikke tilsiget ( $44 \text{ l/s km}^2$ ) er for såvidt ikke urimelig, selv om det er noe over NVEs isohydatkart. Det er stadig betydelig under spesifikk avrenning i Ognå. Det skal nevnes at perioden 1969-1998 ligger 5% over perioden 1930-1960 (som NVEs isohydatkart er basert på) for 27.3 Hetland. I de videre beregningene settes tilsiget til Holmavann til 110 l/s,  $9470 \text{ m}^3/\text{d}$ ,  $3.47 \text{ mill m}^3/\text{år}$ . Tilsigsestimatet understøttes til en viss grad ved meldingen om at i 1999 har tatt ut 9000 til 11000  $\text{m}^3/\text{d}$ .

## 4. Tappesimuleringer

### 4.1 Tappestrategi 1

Simuleringene er utført med full levering så lenge vannstanden er over LRV. Når man når dette nivået, kan man bare levere tilsiget, som i slike perioder vil være svært lavt. Dersom det ikke finnes reservevannkilde, ville det vært mer realistisk å innføre leveringsrestriksjoner ved lave nivå i magasinet. Man ville da få et bedre mål på hvor lang tid man må regne med leveringsbegrensninger.

#### 4.1.1 Dagens system

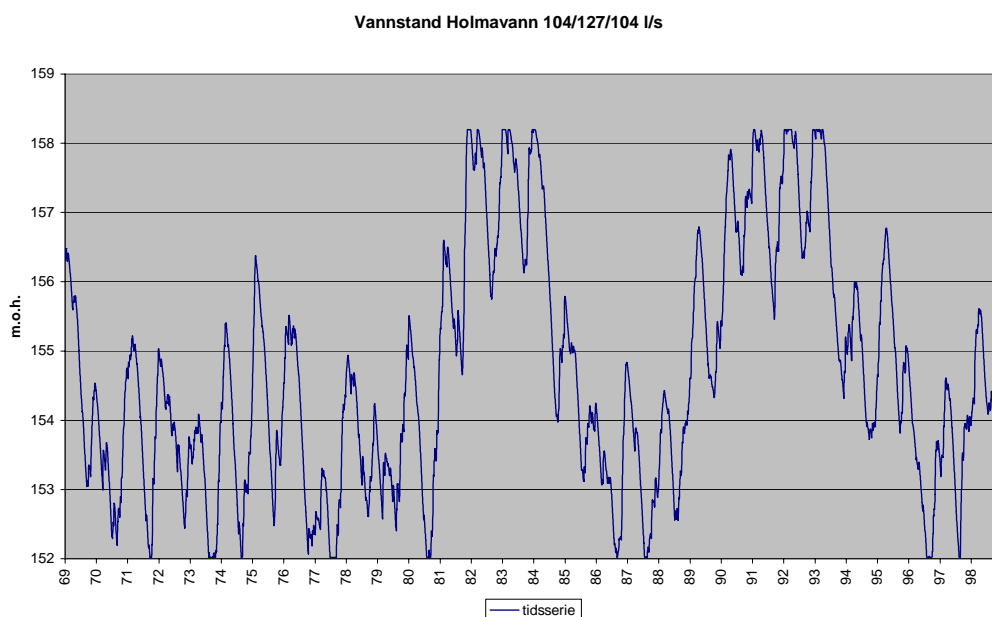
Tappestrategien for denne modellen er:

Periode	Tapping m <sup>3</sup> /d	l/s
januar - april	9000	104
mai - august	11000	127
september - desember	9000	104

Vannstandsimuleringene, tidsserie for perioden 1969 til 1998, er vist figur 4. Tappingen kan ikke tilfredsstilles i ca 300 dager, altså ca 3% av tiden. Redusert levering forekommer i ni av 30 år, og varer opptil 74 døgn (1977).

#### 4.1.2 Forhøyet dam

Dersom dammen forhøyes en meter, med HRV på 159.20, øker magasinkapasiteten til 2.92 mill m<sup>3</sup> (vi har da antatt et sjøareal på 0.45 km<sup>2</sup>, 0.03 mer enn dagens HRV. Dette halverer den samlede tiden tappingen ikke kan tilfredsstilles - til ca 150 døgn over 30 år. Redusert levering opptrer i fem av årene, og den lengste perioden er 74 døgn (i 1977). Se figur 5.



Figur 4 Simulert vannstand i Holmavann, 110 l/s tilsig, 104/127/104 l/s tappeprofil gjennom året.

### 4.1.3 Regulering av Dyråstjørna

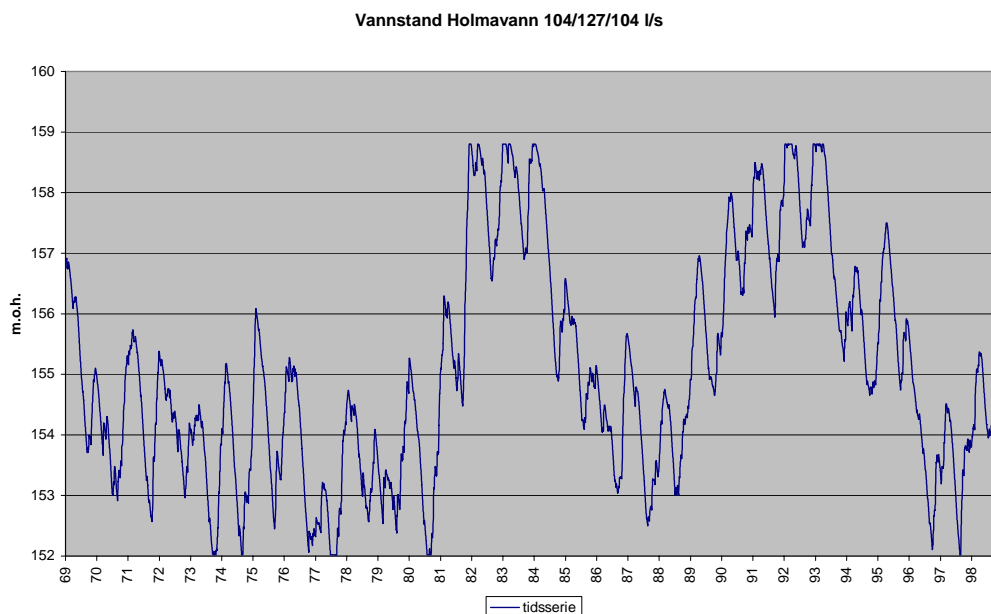
Regulering av Dyråstjørna gir ved 3 meter reguleringshøyde et tilleggsmagasin på ca 0.18 mill m<sup>3</sup>, sammenlignet med en økning på 0.45 mill m<sup>3</sup> ved 1 m økt regulering i Holmavann. Tilsiget blir uendret. Alene gir dette altså en langt mindre økning av sikkerheten enn økt regulering i Holmavann - forbedringene i leveringssikkerhet blir marginale. Vi har simulert virkningen av en slik regulering som et tillegg til forhøyet dam i Holmavann. For å forenkle beregningen, er den ekstra magasinkapasiteten lagt i Holmavann - dette gir en noe for gunstig situasjon, men ikke mye, siden reguleringsgraden er mindre for Dyråstjørna enn for Holmavann. Forbedringene i leveringssikkerhet er marginale.

## 4.2 Tappestrategi 2

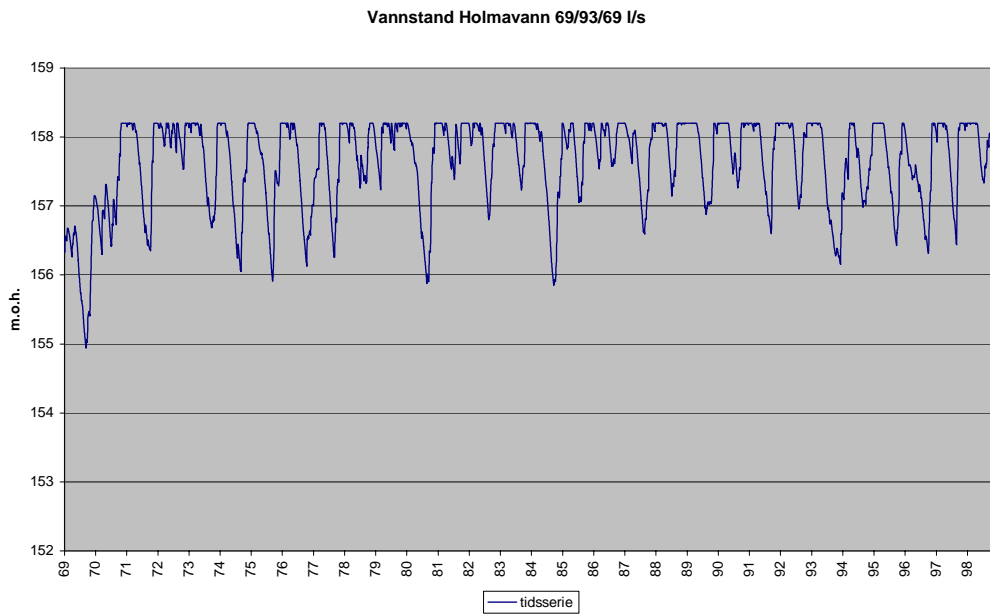
Tappestrategien for denne modellen er:

Periode	Tapping m <sup>3</sup> /d	l/s
januar - april	6000	69
mai - august	8000	93
september - desember	6000	69

Vannstandsimuleringene, tidsserie for perioden 1969 til 1998, er vist figur 6. Det er ingen problemer med leveringssikkerhet, magasinet kommer på sitt laveste til 154.94, og det er først og fremst på grunn av at startmagasinet er satt noe lavt. Se figur 6. Det er derfor ikke utført tappesimuleringer for magasinutvidelser med denne tappestrategien.



Figur 5. Simulert vannstand i Holmavann, 1 m forhøyet dam, tappeprofil gjennom året 104/127/104 l/s



Figur 6 Simulert vannstand i Holmavann, 110 l/s tilsig, tappeprofil gjennom året 69/93/69 l/s.

## 5. Referanser

Killingtveit, Å. og N.R. Sælthun (1995) Hydrology. Bind 7 i serien Hydropower Development. Institutt for vassbygging, NTNU, Trondheim.

NVE (1987) Avrenningskart for Norge. Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og energiverk, Oslo.