RAPPORT

Nr 32/2019

Rånåsfoss - Mjøsa

Virkning av overvann Rånåsfoss kraftverk på flomvannstand i Mjøsa.

Truls Erik Bønsnes, Demissew Ejigu og Erik Holmqvist

Rapport, bokmål nr 32-2019

Rånåsfoss - Mjøsa

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktør: Erik Holmqvist
Forfatter: Truls Erik Bønsnes, Demissew Ejigu og Erik Holmqvist

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: Rånåsfoss kraftstasjon. Foto: Tommy Gildseth (CC BY-SA)
ISBN: 978-82-410-1914-2
ISSN: 1501-2832

Sammendrag: Simuleringer med en hydraulisk modell viser at det er liten virkning på flomvannstanden i Mjøsa ved å senke overvannet ved Rånåsfoss kraftverk. Modellen er kalibrert mot flere flommer, blant annet flommen i 1995, og reproduserer observerte vannstander på en god måte. Redusert overvannstand ved Rånåsfoss under flom vil gi betydelig økt vannhastighet i Glomma i området ved Rånåsfoss bru, lenger oppstrøms er virkningen mer marginal. Økt vannhastighet i dette området kan gi økt erosjonsbelastning.

Emneord: Hydraulisk modell, flomvannstand, vannhastighet, erosjon, Glomma, Mjøsa, Rånåsfoss kraftverk.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

26.06.2019

Innhold

Forord **4**

Sammendrag **5**

1 Flomvannstand Mjøsa - overvann Rånåsfoss **6**

1.1 Hydrologiske endringer ved Rånåsfoss 6

1.2 Kort gjennomgang av vannstandsvariasjoner de siste årene ved Rånåsfoss og i Mjøsa. 7

1.3 Konsekvenser av flomsenkning av Glomma ved Rånåsfoss 9

1.4 Tesifallet 11

2 Hydraulisk modellering av Glomma **12**

2.1 Kalibrering av modellen 13

3 Simulering med forskjellig overvannstand ved Rånåsfoss **15**

3.1 Stasjonær strømning 15

3.1.1 Simulering med 1000-2000 m^3/s: 16

3.1.2 Simulering med 3000 m^3/s: 16

3.1.3 Simulering med 4200 m^3/s: 17

3.1.4 Oppsummering 17

3.2 Ikke-stasjonær strømning 20

3.2.1 Simulering med flomforløp 1995 22

3.2.2 Simulering med flomforløp 1997 24

3.2.3 Simulering med flomforløp 1999 26

3.2.4 Simulering med flomforløp 2000 28

3.2.5 Simulering med flomforløp 2008 30

3.2.6 Simulering med flomforløp 2013 32

3.2.7 Simulering med flomforløp basert på vårflomprognose 201834

3.2.8 Senkning av overvann i 1999 36

3.2.9 Senkning av overvann i 2008 37

3.2.10 Senkning av overvann i 2013 38

4 Oppsummering **40**

5 Referanser **41**

Forord

I flomsituasjoner i Glomma/ Mjøsa har det flere ganger blitt stilt spørsmål om å senke overvannet ved Rånåsfoss kraftstasjon for å få lavere flomvannstand i Mjøsa. Hvor mye lavere flomvannstand i Mjøsa et slikt tiltak gir, har vært usikker. Det har også vært bekymring knyttet til mulig økt erosjon langs Glomma og Vorma som følge av en slik senkning.

Denne rapporten er utarbeidet av Truls Erik Bønsnes, Demissew Ejigu og Erik Holmqvist.

Oslo, juni 2019

Morten Johnsrud
avdelingsdirektør

Elise Trondsen
seksjonssjef

Sammendrag

Det er utført beregninger med en hydraulisk modell som omfatter Glomma fra Funnefoss til Rånåsfoss kraftverk, inklusive Mjøsa/ Vorma. Denne modellen er en del av et større modelloppsett som dekker Glomma fra Kongsvinger til Øyeren. Modellen er kalibrert mot flere flomforløp på 1990- og 2000-tallet.

Simuleringer viser at virkningen av å senke overvannet ved Rånåsfoss kraftverk med 1 m har marginal betydning for flomvannstanden i Mjøsa. Ved alle de simulerte hendelsene er flomvannstanden redusert med kun noen få cm. Samtidig vil vannhastighetene i Glomma nær Rånåsfoss bru øke med opp mot 1 m/s som følge av en slik manøvrering. Dette kan øke erosjonsfaren i denne delen av Glomma.

I 1999, 2008 og 2013 ble overvannet ved Rånåsfoss senket med inntil 1 m i perioder med varigheter fra omkring 1 uke – 5 uker i løpet av våren/ forsommeren. Beregninger viser at dette reduserte maksimal flomvannstand i Mjøsa med 1 – 3 cm.

I 2016 ble tappakapasiteten i Rånåsfoss økt. Det medfører at ved en flom som i 1995, vil overvannstanden ved Rånåsfoss kunne senkes med omkring 70 cm i forhold til det som var situasjonen i 1995. Beregninger viser at dette ville kunne gi 1 cm lavere maksimal flomvannstand i Mjøsa, samtidig vil vannhastigheten i Glomma ved Rånåsfoss bru øke noe.

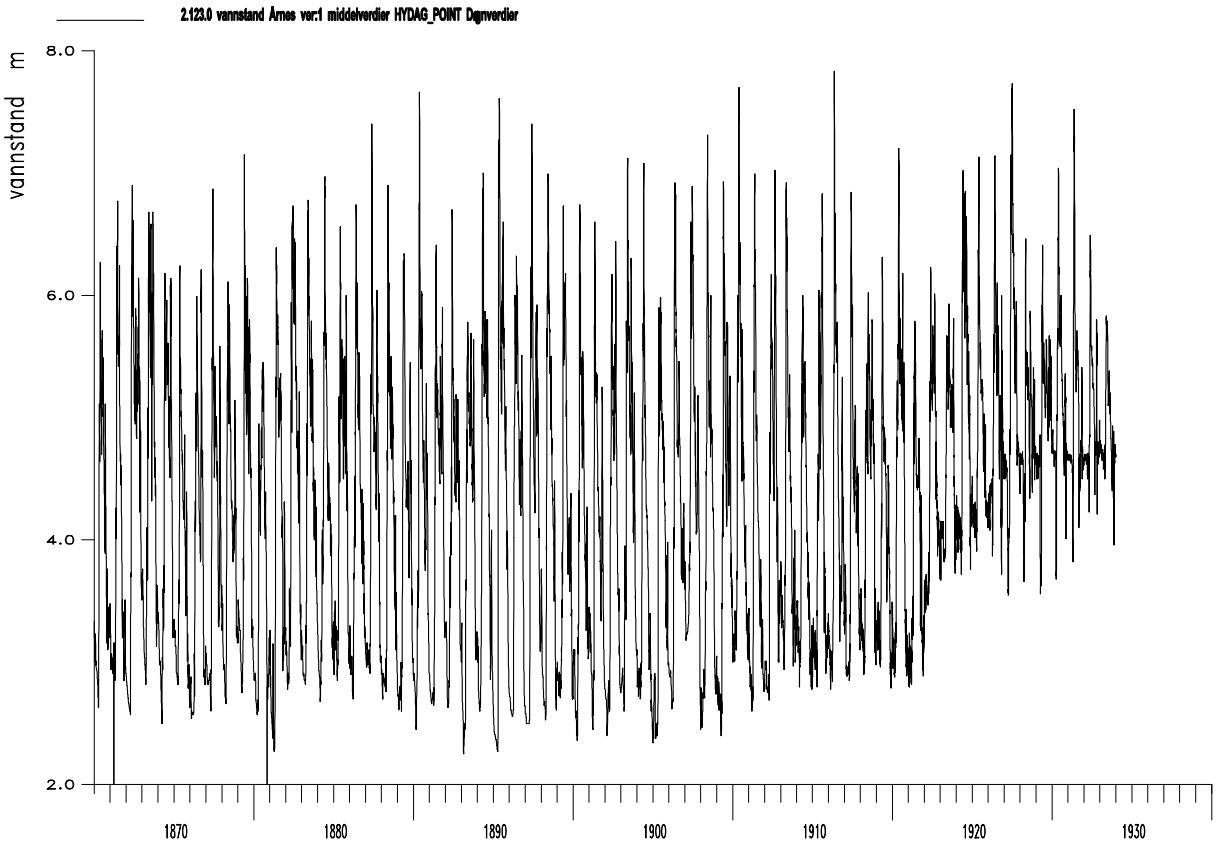
Ved lav vannstand i Mjøsa har imidlertid overvannet ved Rånåsfoss innvirkning på vannstandsutviklingen i Mjøsa. Senket overvann på vinteren/ tidlig på våren, medfører at en kan tappe Mjøsa ned mot LRV. Beregningene viser imidlertid at også dette har liten betydning for hvor høyt Mjøsa vil stige under påfølgende vårflom.

Selv om elvekanten er sikret på flere delstrekninger langs Glomma og Vorma siden det store skredet i 1795, kan man ikke se bort ifra at erosjonsbelastningen kan øke noe hvis vannstanden senkes under flom. Det er derfor grunn til å benytte føre var prinsippet og være forsiktig, særlig når effekten oppstrøms og i Mjøsa er liten. Historien har vist at det kan gå store skred i dette området også under helt naturlige forhold.

1 Flomvannstand Mjøsa - overvann Rånåsfoss

1.1 Hydrologiske endringer ved Rånåsfoss

Vannføringen i Glomma er påvirket av flere reguleringer. Den viktigste endringen i det aktuelle området kom i forbindelse med opprettelsen av Rånåsfoss kraftstasjon i 1922. I 1924-25 ble de to sektorløpene påbygget heisbare lukeelementer, ti i hvert løp. Reguleringen ved Rånåsfoss medførte at vannstanden totalt ble hevet opp mot 2 meter, se fig 1.1. Dette berører elvestrekningen i Glomma fra Rånåsfoss til Funnefoss og Vorma fra samløpet med Glomma til Svanfoss.

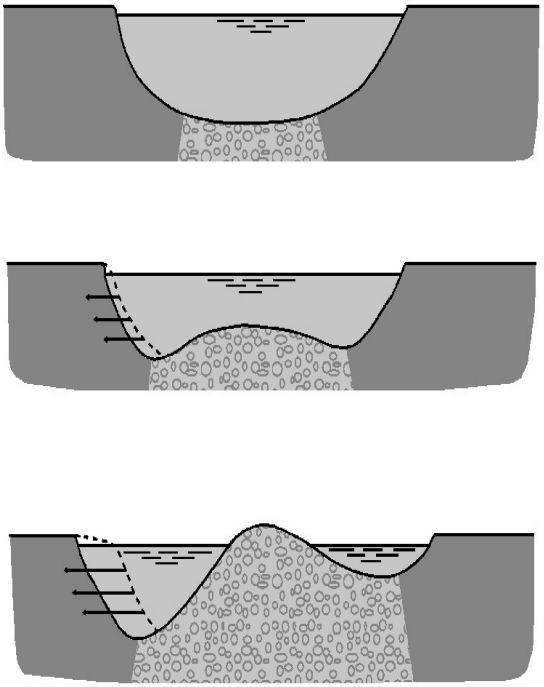


Figur 1.1. Vannstandsutvikling i Glomma ved Årnes i perioden 1869 til 1933 Rånåsfoss kraftstasjon ble satt i drift i 1922, heisbare lukeelementer montert i perioden 1924 til 1925.

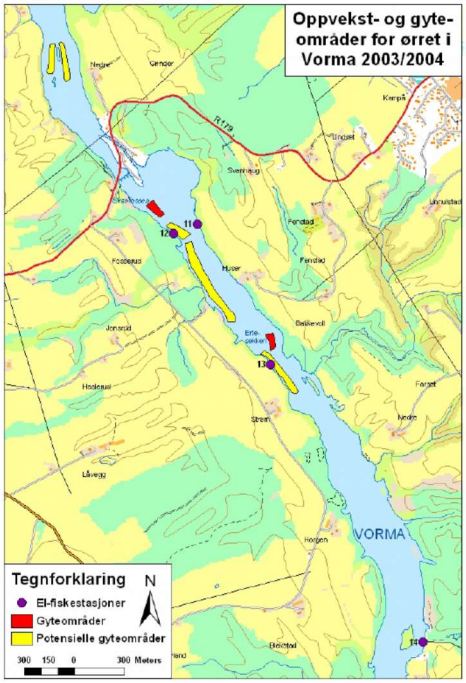
En vannstandsheving på en elvestrekning med lavt fall, som i Glomma og Vorma, kan redusere vannhastigheten og føre til at sedimentasjonen flyttes i oppstrøms retning. Dette kan medføre sedimentasjon og oppgrunning på visse strekninger i Glomma oppstrøms Rånåsfoss. Tilsvarende forhold kan også ha inntruffet i Vorma. En konsekvens av dette kan bli større belastning med erosjon av elvebreddene i området, jfr. illustrasjon i fig 1.2.

Det er en betydelig tilførsel av finfordelte partikler fra leirområder i Vormas sideelver. Sannsynligvis også grovere partikler (sand) som tilføres i form av bunntransport. Johnsen (2004) har angitt gyteområder i Vorma, se fig 1.3. Dette er de eneste med grus og steinsubstrat i området. Det er et spørsmål om sedimenter som tilføres vil bli spylt videre i situasjoner med høy vannhastighet, eller om en vannstandshevning vil føre til økt sedimentasjon. Bogen (1980) har gjort observasjoner og beregninger av temporær sedimentasjon i et elveløp. Det ble iakttatt at bunnen bestående av et

steinsubstrat ble overlagret av finsedimenter i perioder med lav vannhastighet. Når vannhastigheten økte til en kritisk verdi ble finmaterialet spylt vekk. Beregningene viste at varigheten av overlagringene av substratet kan påvirkes når en av parameterne i sedimentasjonsprosessen endres, for eksempel vannstand og vannhastighet. Sedimenttilførselen er også av betydning. I det aktuelle området kan det bli noe mer erosjon langs elvebreddene og dermed en økt tilførsel av materiale i en periode.



Figur 1.2. **Elveløpets tverrprofil er tilpasset vannføring og vannstand. Sediment-asjon i elveløpet fører til sideveis erosjon.**



Figur 1.3. **Vorma ved Svanfoss. Registrerte og potensielle gyteområder og stasjoner for elektrofiske (fra Johnsen 2004). Dette er de eneste med grus og steinsubstrat i området**

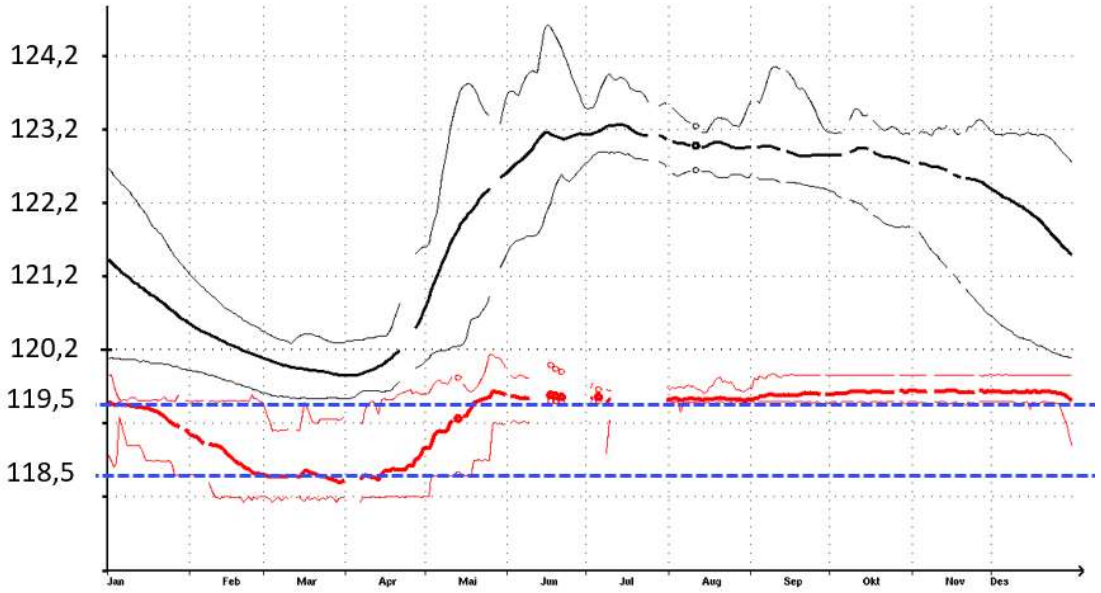
1.2 Kort gjennomgang av vannstandsvariasjoner de siste årene ved Rånåsfoss og i Mjøsa.

Alle vannstandene i denne rapporten er gitt i NN2000. I Mjøsa tilsvarer NN2000, NN1954 + 21 cm, som medfører at HRV og LRV blir henholdsvis 123,15 og 119,54 moh. På våren vil vanligvis regulanten redusere overvannet ved Rånåsfoss for å utnytte mest mulig av vannet i Mjøsa ned mot LRV til kraftproduksjon. I henhold til konsesjon skal overvannet ved Rånåsfoss heves til 119,5 moh (NN2000) ved en vannføring i Glomma ved Solbergfoss på 1000 m^3/s og videre til 120,35 moh ved maksimum flom (NVE-notat 27.08.2014). Årsaken er at en ønsker å redusere faren for erosjon/ ras langs Vorma og Glomma. Akershus Energi praktiserer en langsom heving av overvannet over 119,5 moh. (ref. Hans Christian Udnæs, Eidsiva Vannkraft AS).

Data fra de siste årene (2000-2018) viser at overvannstanden ved Rånåsfoss varierer mellom ca. 118,2 og 120,2 moh. Vannstanden er i gjennomsnitt lavest på våren, og vannstandsforskjellen mellom Mjøsa og Rånåsfoss er da ofte i størrelsesorden 1,5 m. På sommeren og høsten er overvannstanden som regel mellom 119,5 og 120,0 moh., vannstanden i Mjøsa er da ofte 3 – 4 m høyere (fig 1.4).

De største vannstandsforskjellene ble målt under flommen i 1995. I fire dager var da vannstanden i Mjøsa ca. 125,7 – 125,8 moh, samtidig var overvannet ved Rånåsfoss mellom ca. 119,5-119,9. Det gir et fall fra Mjøsa til Rånåsfoss på inntil 6,3 m.

Det finnes også eksempler på at vannstanden har vært svært lav i Mjøsa, samtidig som det var høy vannstand ved Rånåsfoss, noe som fører til at avløpet fra Mjøsa stanser opp. For eksempel var det noen dager i april 2013 en vannstand på 119,50 ved Rånåsfoss, samtidig som vannstanden i Mjøsa var på 119,54. Da var vannføringen i Vorma tilnærmet lik 0. Våren 1986 skal det ha gått ca. 100 m^3/s «feil vei» i Vorma, damvokteren var da ute i båt og lot seg drive oppover elva (pers. med. Hans Christian Udnæs, Eidsiva Vannkraft AS).



Figur 1.4. **Maksimum, gjennomsnitt og minimum vannstand i Mjøsa (svart linje) og i overvannet ved Rånåsfoss kraftverk (rød linje) for årene 2000 – 2015. Nivåene 118,5 og 119,5 moh er vist med blå stiplet linje.**

1.3 Konsekvenser av flomsenkning av Glomma ved Rånåsfoss

Overvannet ved Rånåsfoss kraftstasjon har flere ganger vært pålagt senket i forbindelse med flom i Glomma/ Mjøsa. Dette skjedde stadig på 1980-tallet (1981,1983,1984, 1985, 1987 og 1988), men har i mindre grad vært benyttet de siste 30 årene. I senere år har NVE gitt pålegg om å senke overvannet i følgende flomperioder:

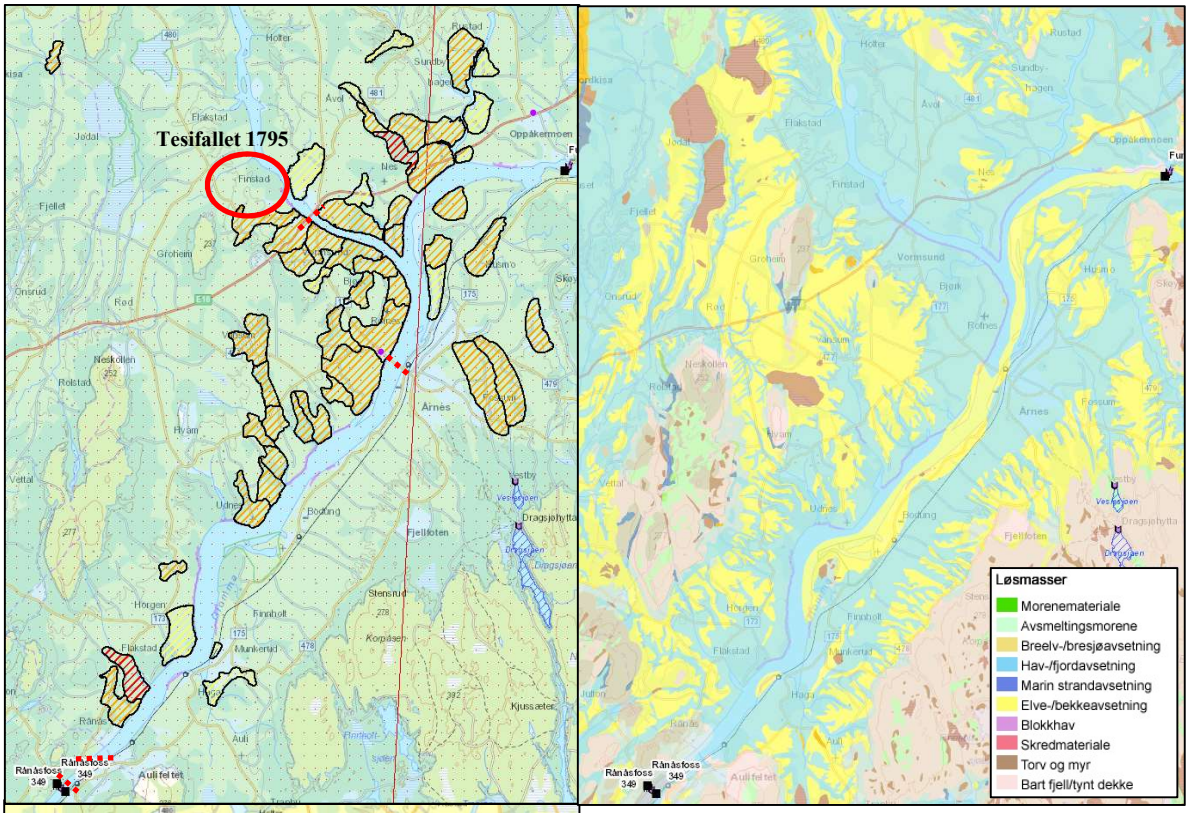
- 3 – 8 juli 1997
- 11 - 28 mai 1999
- 7 – 9 juli 2000
- 1 mai – 15 juni 2008

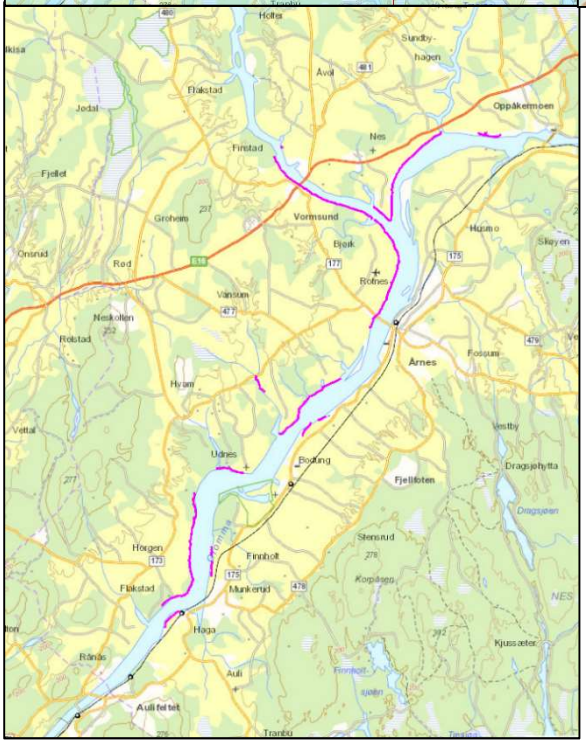
De siste 10 årene er det ikke gitt slike pålegg. En årsak til dette er usikkerhet knyttet til nytten av et slikt tiltak med tanke på flomvannstanden i Mjøsa. En annen årsak er en potensielt økt risiko for erosjon og skredhendelser i området både rett oppstrøms Rånåsfoss og i områdene videre oppover langs Glomma/ Vorma.

Overvannet ved Rånåsfoss ble også senket i tre kortere perioder (18. – 26. mai, 31. mai – 2. juni og 7. – 12. juni) under flommen i 1995. Vannstanden ble de fleste av disse dagene senket med omkring 0,5 m, men med en variasjon fra ca. 0,2 – 1 m.

Det er reist spørsmål om flomsenkning av Glomma ved Rånåsfoss kan gi økt vannhastighet på strekningen opp til Funnefoss og til Svanfoss og videre til Minnesund og Mjøsa. Økt vannhastighet kan føre til økt erosjon langs kantene og senkning av elveløpet.

Det er registrert tidligere skredhendelser og kvikkleireforekomster i området (se fig 1.5) som kan være ustabile. Økt vannhastighet kan også føre til uønsket påvirkning på brofundamenter i elva, se lokalisering av bruer i fig 1.5.





Figur 1.5.
Over til venstre. Kartlagte kvikkleire forekomster langs Glomma og Vorma. Tesifallet, et tidligere kvikkleireskred som fant sted i Vorma i 1795 er også markert på kartet. Bruer som krysser Glomma og Vorma er markert med rød stiplet linje.

Løsmassekartet over til høyre viser at elveløpet og de elvenære områdene består av finfordelte sedimenter, sand, silt og leir partikler.

På kartet til venstre er sikrede elvestrekninger gjengitt med heltrukken rødlig linje langs elveløpet.

1.4 Tesifallet

På Romerike er store områder dekket med kvikkleire. Flere steder har leirskred ført til store ødeleggelser og tap av menneskeliv. Den 21 oktober 1795 gikk det et stort skred ved Tesen i Vormsund. I dette raset gikk det med både åker, eng og skog, se fig 1.6. Historien forteller at Vorma ble fylt i en lengde av ¼ mil og skredmassene sperret elva i 111 dager slik at vannstanden i Mjøsa steg med 8 meter. Hvor mye vannstanden sank nedenfor skredet er det dessverre ingen opplysninger om. Uten maskiner å hjelpe seg med klarte soldater og lokale bønder etter hvert å grave en renne langs Vormas østlige bredd. Det er tydelige spor i terrenget etter dette skredet den dag i dag, se fig 1.7.

En vannstandsstigning på 8 meter i Mjøsa og på strekningen ned mot Vormsund krever et tilsig på over 300 m^3/s over en periode på 111 døgn.

Figur 1.6. Historisk kart som viser Tesifallet i 1795 «Situationen udi Vormen elv». Historiske kart, Statens kartverk.

Figur 1.7. Skredområdet slik det framstår i dag, flybilde og DTM fra 2010.

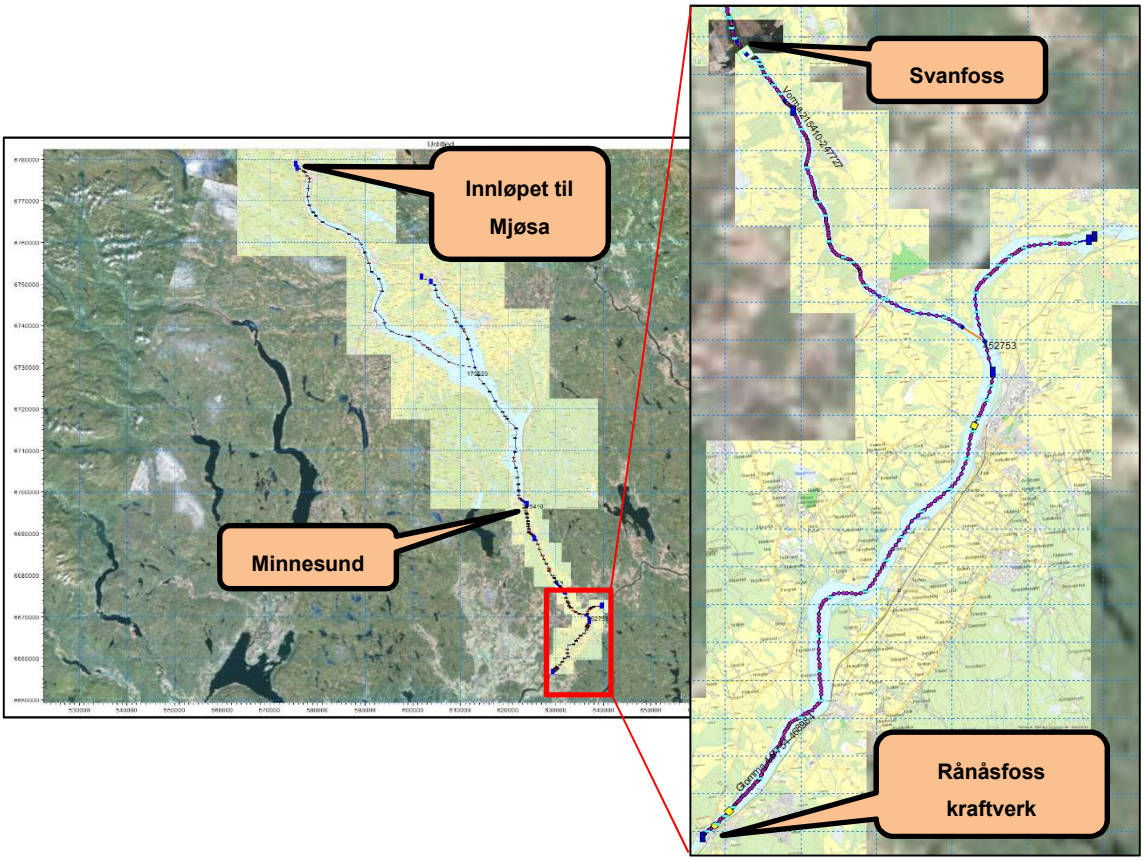
2 Hydraulisk modellering av Glomma

Det er utviklet en hydrauliske modell for Glomma fra Kongsvinger til som omfatter Mjøsa/ Vorma og Glomma fra Kongsvinger til Mørkfoss, utløpet av Øyeren, se fig 2.1. Det hydrauliske simuleringsprogrammet Mike11 er benyttet til vannlinjeberegningene [DHI, 2019]. Den hydrodynamiske modellen ble benyttet til både stasjonære og ikke stasjonære simuleringer. Vår (NVEs) hydrauliske modell for Glomma inneholder flere separate delmodeller som er koblet sammen:

- Delmodell 1: Glomma fra Kongsvinger til Funnefoss, inklusive Opstadåa og Storsjøen
- Delmodell 2: Glomma fra Funnefoss til Rånåsfoss kraftverk, inklusive Mjøsa/ Vorma.
- Delmodell 3: Glomma fra Rånåsfoss til Bingsfoss kraftverk
- Delmodell 4: Glomma fra Bingsfoss kraftverk til Mørkfoss, utløpet av Øyeren. Denne modellen inkluderer også nederste del av Nitelva og Leiraelva.

En utvidelse av Glommamodellen med strekningen Kongsvinger – Elverum er under arbeid.

I studiene i denne rapporten er det delmodell 2 som er benyttet. Avgrensning av elveløpet og elvesletten fastsettes ved bruk av såkalte «Left» og «Right levee bank». Arealet mellom de to punktene er brukt som effektivt strømningsareal i beregningen.



Figur. 2.1 **Modellen er en del av et større prosjekt som dekker Glomma vassdraget fra Øyeren til Mjøsa og Kongsvinger. De aktuelle analysene er foretatt for strekningen Rånåsfoss til Funnefoss og Svanfoss til Mjøsa (Vorma).**

2.1 Kalibrering av modellen

Modellen er kalibrert mot observerte data fra flommene i 1995, 1997, 1999, 2000, 2008 og 2013. Følgende data er benyttet til kalibrering:

- Observert overvannstand ved Rånåsfoss kraftverk (data fra GLB)
- Observerte lukehøyder ved Svanfoss dam (data fra GLB)
- Beregnet tilsig Mjøsa:
    - Tilsiget er beregnet som en funksjon av observerte vannføringer ved målestasjonene 2.145 Losna, 2.28 Aulestad, 2.439 Kvarstadseter, 2.634 Lena og 2.279 Kråkfoss.
- Beregnet tilsig Funnefoss:
    - Tilsiget er beregnet som en funksjon av observerte vannføringer ved målestasjonene 2.429 Rånåsfoss kraftverk, 2.197 Ertesekken og 2.279 Kråkfoss
- Beregnet tilsig fra lokalfeltet til Rånåsfoss, inklusive blant annet Andelva:

Tilsiget er beregnet som en funksjon av observert vannføring ved 2.279 Kråkfoss. For Andelva er tilsiget noe tidsforskjøvet og dempet i forhold til observasjonene ved Kråkfoss på grunn av Hurdalsjøens utjevnende effekt på vannføringen.

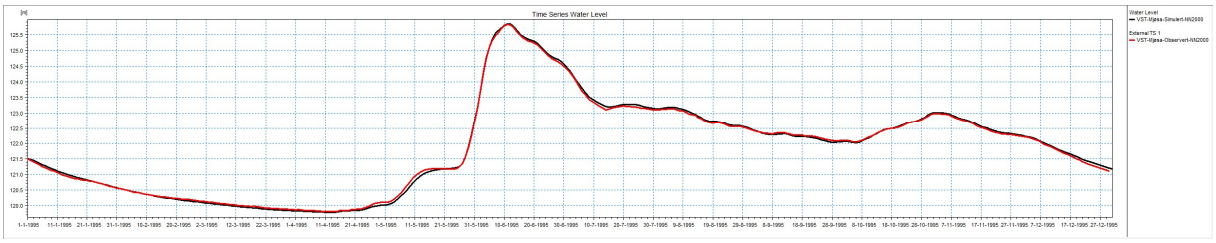
Deretter er observert og simulert vannstand for Mjøsa sammenlignet. Vannstanden i Mjøsa økte med ca. 3,5 – 6 m under disse flommene. For alle disse hendelsene er avviket mellom simulert og observert kulminasjonsvannstand mindre enn 10 cm, med et gjennomsnittlig absoluttavvik på 4 cm (se tabell 2.1).

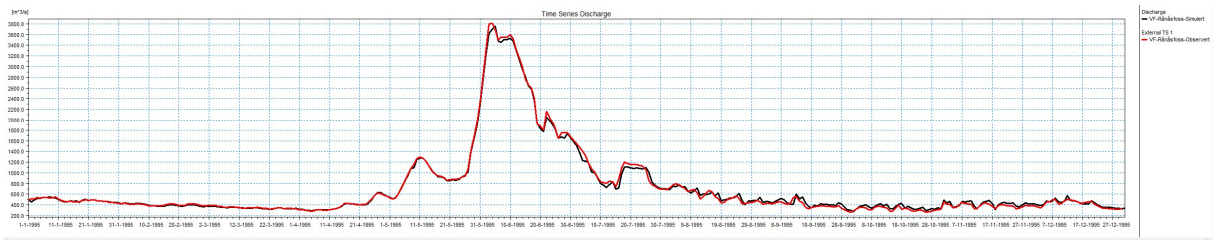
Tabell 2.1. Observert og simulert flomvannstand i Mjøsa ved kalibrering av den hydrauliske modellen.

	1995	1997	1999	2000	2008	2013
Obs (moh)	**125,83**	**123,94**	**123,91**	**123,96**	**124,00**	**124,70**
Sim (moh)	**125,80**	**123,98**	**123,82**	**123,97**	**124,03**	**124,78**
Avvik (cm)	**-3**	**+4**	**-9**	**+1**	**+3**	**+8**

I figur 2.2 er observert og simulert vannstand i Mjøsa og vannføring ved Rånåsfoss gjennom hele årene 1995 og 2013 vist. En ser at i 1995 er det svært god overensstemmelse mellom de observerte og simulerte verdiene. Også i 2013 er det svært godt samsvar mellom observert og simulert vannstand i Mjøsa (figur 2.3.a), mens det er noe mer avvik mellom observert og simulert vannføring ved Rånåsfoss (figur 2.3b). Noe avvik mellom observert og simulert vannføring ved Rånåsfoss i 2013, skyldes sannsynligvis usikkerhet knyttet til tilsigene som inngår i modelloppsettet. Simulert vannføring ved Rånåsfoss er en funksjon av både hydrauliske beregninger og observasjoner fra de 7 vannføringsstasjonene som inngår i tilsigsoppsettet for modellen.

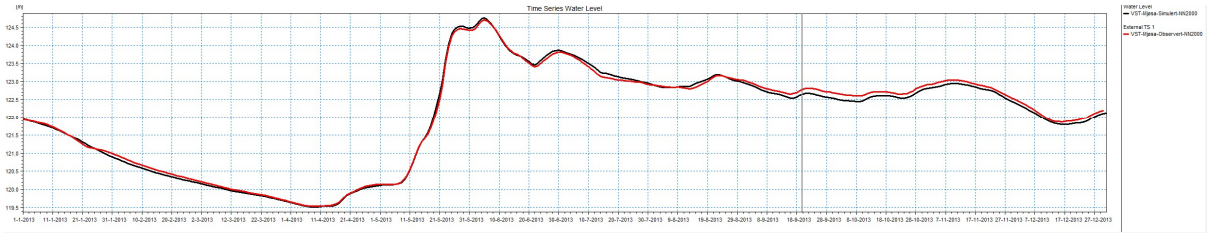
Ut fra dette er det rimelig å konkludere med at den hydrauliske modellen beskriver forholdene svært godt, og at den hydrologiske beskrivelsen av tilsiget til Mjøsa og Glomma også er tilfredsstillende.

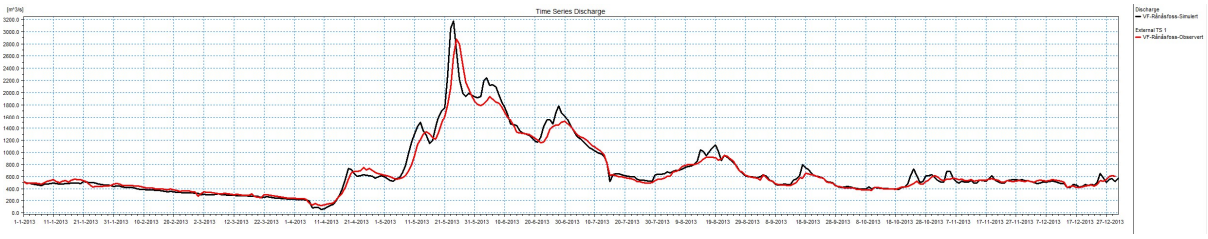




Figur 2.2 a **Observert (rød) og simulert (svart) vannstand i Mjøsa i 1995. Y-aksen går fra 119,6 til 125,9 moh.**

Figur 2.2.b **Observert (rød) og simulert (svart) vannføring ved Rånåsfoss i 1995. Y-aksen går fra 200 til 3800 m^3/s.**





Figur 2.3 a **Observert (rød) og simulert (svart) vannstand i Mjøsa i 2013. Y-aksen går fra 119,4 til 124,8 moh.**

Figur 2.3.b **Observert (rød) og simulert (svart) vannføring ved Rånåsfoss i 2013. Y-aksen går fra 0 til 3200 m^3/s.**

3 Simulering med forskjellig overvannstand ved Rånåsfoss

Det er gjennomført en rekke simuleringer for å vurdere virkningen av å senke overvannstanden fra 119,5 til 118,5 m ved Rånåsfoss kraftverk. Det er utført beregninger med:

a) Stasjonær strømning

b) Ikke-stasjonær strømning:

- Flomforløp som i 1995, 1997, 1999, 2000, 2008 og 2013
- Beregnet flomforløp ved en situasjon med snømagasin fra våren 2018 kombinert med nedbør og temperatur fra 2013.

I utvalgte år er det også utført modellsimuleringer for å finne effekten av den senkningen som faktisk ble gjennomført. Disse beregningene er utført for årene 1999, 2008 og 2013.

3.1 Stasjonær strømning

Det er utført beregninger med stasjonær strømning hvor vannføringen i Glomma ved Rånåsfoss ble holdt konstant på henholdsvis 1000, 2000, 3000 og 4200 m^3/s, og med en fordeling av vann i Vorma/ Glomma ved samløp på 25/ 75 %. Videre med et konstant overvann Rånåsfoss (grensebetingelse) på henholdsvis 119,5 m og 118,5 m. Resultatene av simuleringene er gitt i tabell 3.1ab.

Videre er det sett på forskjellene mellom en overvannstand på 119,5 m og faktisk senkningskapasitet (kurvekapasitet) ved Rånåsfoss. Ved vannføringer opp til 2700 m^3/s vil senkningskapasiteten være ned mot 118,3 m, men ved høyere vannføringer vil kapasiteten sette begrensninger på hvor lavt det er mulig å senke vannstanden ved Rånåsfoss.

Tabell 3.1a. Endring av vannstand og vannhastighet i Glomma ved Rånåsfoss dam, ved Vormsund/ samløp mellom Vorma og Glomma, i Vorma ved Svanfoss og i Mjøsa som følge av å senke overvannet ved Rånåsfoss kraftverk fra 119,5 m til 118,5 for fire ulike vannføringer.

	Vannstandsendring (m)				Vannhastighetsendring (m/s)		
Vannføring Rånåsfoss	Rånåsfoss dam	Vormsund (samløp)	Svanfoss ndf	Mjøsa	Rånåsfoss bru	Vormsund (samløp)	Svanfoss ndf
1000 m^3/s	-1,0	-0,40	-0,24	-0,16	+ 0,4	+ 0,02	+ 0,01
2000 m^3/s	-1,0	-0,19	-0,15	-0,09	+ 0,81	+ 0,01	+ 0,01
3000 m^3/s	-1,0	-0,12	-0,08	-0,07	+ 1.05	+ 0,01	+ 0,01
4200 m^3/s	-1,0	0,00	0,00	0,00	+ 0,59	0,00	0,00

Tabell 3.1b. Endring av vannstand og vannhastighet i Glomma ved Rånåsfoss dam, ved Vormsund/ samløp mellom Vorma og Glomma, i Vorma ved Svanfoss og i Mjøsa som følge av å endre overvannet ved Rånåsfoss kraftverk fra 119,5 til kurvekapasitet (gjeldende fra 2016) for fire ulike vannføringer. For vannføringer på ca 2000 m³/s og lavere vil kurvekapasiteten senke vannstanden til 118.3 m ved Rånåsfoss.

	Vannstandsendring (m)				Vannhastighetsendring (m/s)		
Vannføring Rånåsfoss	Rånåsfoss dam	Vormsund (samløp)	Svanfoss ndf	Mjøsa	Rånåsfoss bru	Vormsund (samløp)	Svanfoss ndf
1000 m³/s	-1,20	-0,43	-0.26	-0.18	+0,52	+0,02	+0,01
2000 m³/s	-1.20	-0.21	-0.17	-0.10	+1.02	+0,01	+0,01
3000 m³/s	-0.78	-0,11	-0,07	-0,06	+0.85	+0,00	+0,01
4200 m³/s	+1,24	+0,30	+0,25	+0,18	-0.72	-0,02	-0,02

3.1.1 Simulering med 1000-2000 m³/s:

Ved stasjonære forhold og overvann Rånåsfoss på 119,5 moh, vil vannstanden ved samløpet mellom Glomma og Vorma ligge på ca. 120,2 ved en vannføring på 1000 m³/s og ca. 121,3 moh ved en vannføring på 2000 m³/s. Ved å senke overvannet ved Rånåsfoss med 1 m til 118,5 moh, vil vannstanden ved samløpet reduseres med ca. 0,4 m ved 1000 m³/s og ca 0,2 m ved 2000 m³/s. I Mjøsa blir effekten på henholdsvis ca. -0,16 m og -0,1 m vannstandsendring.

Det vil være størst økning i vannhastighetet ved Rånåsfoss bru, henholdsvis 0,4 m/s og 0,8 m/s ved 1000 m³/s og 2000 m³/s. Hastighetsøkningen vil avta på strekningen og vil ligge på mellom 0,01 m/s og 0.02 ved samløpet og Svanfoss.

Ved vannføringer på denne størrelsen vil det være mulig å senke vannstanden ved Rånåsfoss til ca. 118,3 m. Sammenlignet med overvann på 118,5 m er det svært små forskjeller i vannstand på strekningen mellom Rånåsfoss og Mjøsa. Vannstandsforskjellene i området ved Rånåfoss og rett opp forbi bruene vil være på ca 0,2 m, mens forskjellene videre oppover Glomma og Vorma vil være på ca 1-3 cm.

Vannhastigheten vil også være noe høyere ved 118,3 m sammenlignet med 118, 5. En økning til 0,5 og 1,0 m/s ved ved Rånåsfoss bru ved henholdsvis 1000 m³/s og 2000 m³/s (jmf. tab. 3.1.b). På strekningen videre oppover mot Mjøsa vil det være små eller ingen endringer.

Vannstand og hastighetsendringer på strekningen mellom Rånåsfoss og Svanfoss er vist i fig 3.1abcd.

3.1.2 Simulering med 3000 m³/s:

Ved stasjonære forhold og overvann Rånåsfoss på 119,5 moh, vil vannstanden ved samløpet mellom Glomma og Vorma ligge på ca. 122,4 ved en vannføring på 3000 m³/s. Ved å senke overvannet med 1m til 118,5 moh, vil vannstanden ved samløpet reduseres med ca. 0,12 m. I Mjøsa blir reduksjonen ca. 0,07 m. Ved en overvannstand på 119.5 m vil det oppstå høy gradient på den nederste strekningen mot Rånåsfoss. En teoretisk senkning til 118,5 m vil øke fallet ytterligere.

Det vil være størst økning i vannhastighetet ved Rånåsfoss bru (1.05 m/s) hvis overvannet ved Rånåsfoss senkes til 118.5 m. På strekningen videre oppover mot Mjøsa vil hastighetsøkningen være lav og ligge på mellom 0,01 m/s og 0,03 m/s, stedvis opp mot 0,05 m/s.

Ved vannføringer på denne størrelsen vil kapasiteten ved Rånåsfoss være begrensende for hvor lavt vannstanden kan senkes. Ved 3000 m³/s tilsier kurvekapasiteten en vannstand på ca 118,72 m ved Rånåsfoss. Bortsett fra strekningen mellom Rånåsfoss og Rånåsfoss bru vil vannlinjene ligge på tilnærmet samme nivå som beregnet for overvann på 118,5 m, ca 1 cm høyere på hele strekningen til

Mjøsa. Økning i vannhastighet ved Rånåsfoss bru vil være noe lavere, 0,85 m/s. På strekningen vider opp mot Mjøsa vil det være små forskjeller. Vannstand og hastighetsendringer på strekningen mellom Rånåsfoss og Svanfoss er vist i fig 3.2ab.

3.1.3 Simulering med 4200 m^3/s:

Ved vannføringer på denne størrelsen vil kapasiteten ved Rånåsfoss være begrensende for hvor lavt vannstanden kan senkes. Ved 4200 m^3/s tilsier kurvekapasiteten en vannstand på ca 120.7 m ved Rånåsfoss. Videre vil dette gi en vannstand på ca 124 m ved samløpet, 124,4 m rett nedstrøms Svanfoss og 125,2 m i Mjøsa. En teoretisk senkning av overvannet ved Rånåsfoss til 119,5 m gir en senkningseffekt på 1.24 m ved Rånåsfoss, 0,3 m ved samløpet, 0,25 m nedstrøms Svanfoss og 0,18 m i Mjøsa. En ytterligere senkning til 118,5 m gir bare effekt på den nederste strekningen opp til øvre Rånåsfoss bru (fv 476). Videre oppover mot Mjøsa har dette ingen effekt. Ved en teoretisk senkning til 119.5 m og 118,5 m vil gradienten øke svært mye på den nederste strekningen mot Rånåsfoss, noe som vil ha stor påvirkning på vannhastigheten på denne strekningen. Vannhastigheten øker med inntil 1,5 m/s i området ved Rånåsfoss bru ved å endre vannstanden fra kurvekapasitet til 118,5 m overvann.

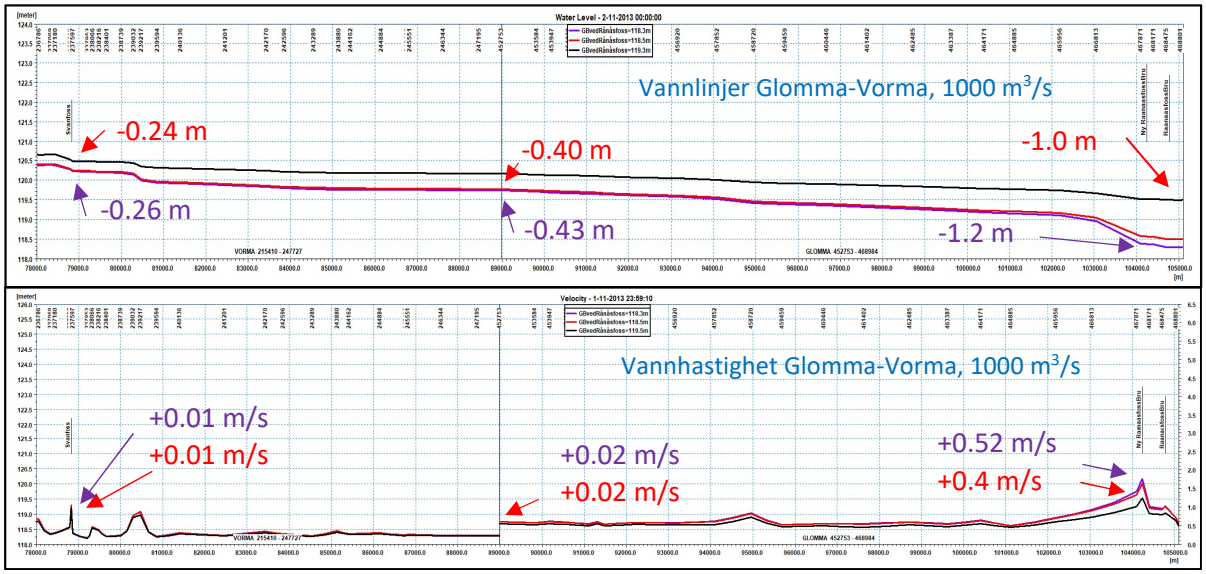
Vannstand og hastighetsendringer på strekningen mellom Rånåsfoss og Svanfoss er vist i fig 3.2cd.

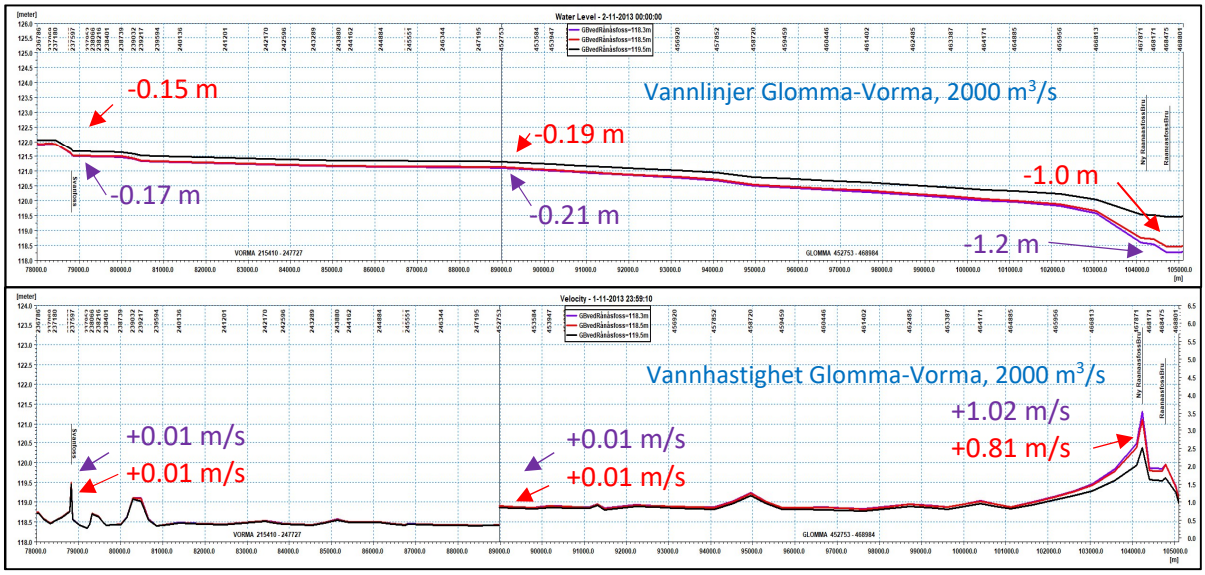
3.1.4 Oppsummering

Beregningene viser at ved å senke overvannet ved Rånåsfoss med 1 m, vil virkningen på vannstanden i Mjøsa ved store flommer bli neglisjerbar, mens ved vannføringer i Glomma opp mot 1000 – 2000 m^3/s vil vannstanden i Mjøsa kunne reduseres med inntil 16 cm. I Glomma ved Vormsund, vil også virkningen være neglisjerbar ved store flommer, men for en vannføring på 2000 m^3/s vil vannstanden kunne bli ca. 20 cm lavere. Ved lavere vannføringer vil senkningseffekten være størst, ca 0,4 m ved 1000 m^3/s.

Sammenligninger med kapasitetskurven ved Rånåsfoss kompliserer bildet noe, fordi ved vannføringer opp mot 2700 m^3/s vil det være mulig å senke vannstanden ved Rånåsfoss til ca. 118,3 m. Dette reduserer vannstanden i Glomma og Vorma videre opp til Mjøsa med inntil ytterligere 3 cm. Ved 3000 m^3/s tilsier kurvekapasiteten en vannstand på ca. 118,72 m ved Rånåsfoss. En senkning utover dette vil ikke være mulig med dagens damstruktur. Bortsett fra strekningen mellom Rånåsfoss og Rånåsfoss bru vil vannlinjene ligge på tilnærmet samme nivå som beregnet for overvann på 118,5 m, ca 1 cm høyere på hele strekningen til Mjøsa. Det vil heller ikke være store forskjeller i vannhastighet, bortsett fra i området ved Rånåsfoss bru der hastigheten ved 118,5 vil øke med ca 0,2 m/s i forhold til vannstand ved kurvekapasitet. Ved en ytterligere økning av vannføringen til 4200 m^3/s tilsier kurvekapasiteten en vannstand på ca 120,7 m ved Rånåsfoss. En teoretisk senkning av overvannet ved Rånåsfoss til 119,5 m gir en senkningseffekt på 1,24 m ved Rånåsfoss, 0,3 m ved samløpet, 0,25 m nedstrøms Svanfoss og 0,18 m i Mjøsa. En ytterligere senkning til 118,5 m gir bare effekt på den nederste strekning opp til øvre Rånåsfoss bru (fv 476). Videre oppover mot Mjøsa har dette ingen effekt.

Vannhastigheten øker på hele strekningen med økende vannføring. På den nederste strekningen med størst gradienter viser beregningene en signifikant økning av vannhastigheten ved senkning av overvannstanden som også tiltar ved økende vannføring. Dette gjelder særlig på den strekningen hvor broene ved Rånåsfoss ligger. Lenger opp langs elva vil hastighetsøkningen avta noe ved økende vannføring.



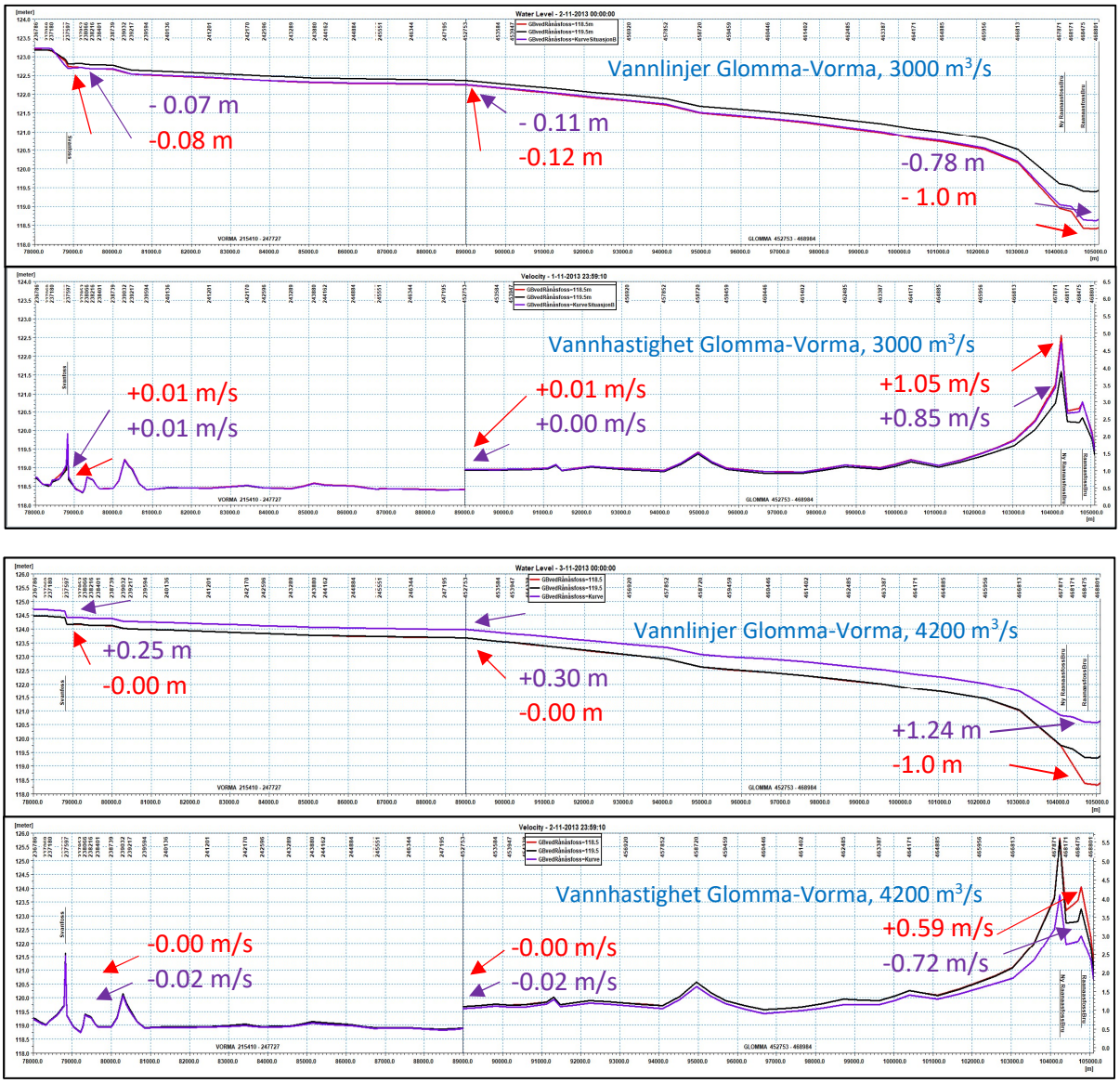


Figur 3.1a. **Vannlinjer Glomma og Vorma ved 1000 m³/s og overvann 119,5 moh (svart linje), 118,5 moh (rød linje), og 118.3 moh (lilla linje). Maks senkningskapasitet ved Rånåsfoss ved 1000 m³/s er ca. 118,3 moh.**

Figur 3.1b. **Maks vannhastighet Glomma og Vorma ved 1000 m³/s og overvann Rånåsfoss ved 119,5 moh (svart linje), 118,5 moh (rød linje) og 118.3 moh (lilla linje).**

Figur 3.1c. **Vannlinjer Glomma og Vorma ved 2000 m³/s og overvann 119,5 moh (svart linje), 118,5 moh (rød linje), og 118.3 moh (lilla linje). Maks senkningskapasitet ved Rånåsfoss ved 2000 m³/s er ca. 118,3 moh.**

Figur 3.1d. **Maks vannhastighet Glomma og Vorma ved 2000 m³/s og overvann Rånåsfoss ved 119,5 moh (svart linje), 118,5 moh (rød linje) og 118.3 moh (lilla linje).**



Figur 3.2a. **Vannlinjer Glomma og Vorma ved 3000 m³/s og overvann 119,5 moh (svart linje), 118,5 moh (rød linje), og 119.5 moh (kurvekapasitet, lilla linje). Maks senkningskapasitet ved Rånåsfoss ved 3000 m³/s er 118,72 moh.**

Figur 3.2b. **Maks vannhastighet Glomma og Vorma ved 3000 m³/s og overvann Rånåsfoss ved 119,5 moh (svart linje), 118,5 moh (rød linje) og 118,72 moh (kurvekapasitet, lilla linje).**

Figur 3.2c. **Vannlinjer Glomma og Vorma 4200 m³/s og overvann 119,5 moh (svart linje), 118,5 moh (rød linje), og 120.7 moh (kurvekapasitet, lilla linje). Maks senkningskapasitet ved Rånåsfoss ved 4200 m³/s er 120.7 moh.**

Figur 3.2d. **Maks vannhastighet Glomma og Vorma ved 4200 m³/s og overvann Rånåsfoss ved 119,5 moh (svart linje), 118,5 moh (rød linje) og 120.7 moh (kurvekapasitet, lilla linje).**

3.2 Ikke-stasjonær strømning

Ved disse beregningene er det benyttet observerte data fra flomforløp i 1995,1997, 1999, 2000, 2008 og 2013 med observert lukeposisjon ved Svanfoss. Beregningene med ikke-stasjonær strømning inkluderer også et konstruert flomforløp ved en situasjon med snømagasin fra våren 2018 kombinert med nedbør og temperatur fra 2013. Lukeposisjonen ble satt som under flommen i 2013. Det er derfor kjørt simuleringer med åpne luker og med lukeposisjon etter reglement (lukeposisjon i flomsituasjoner). Resultatene er sammenlignet med observert vannstand i Mjøsa.

Som for stasjonære forhold er overvann Rånåsfoss simulert med to alternativer i hele perioden (konstant lik 118,5 eller 119,5 moh).

Maksimalvannføringen i Glomma ved Rånåsfoss varierer fra omkring 1700 til 4200 m^3/s ved de ulike flommene, mens samtidig vannføring i Vorma er fra omkring 300 til 1150 m^3/s, se tabell 3.2. Avviket mellom observert vannstand i Mjøsa og simuleringer med 119,5 m vil variere fordi observert overvannstand ved Rånåsfoss ikke er fast, men varierer gjennom året.

Det er også utført modellsimuleringer for å finne effekten av faktisk senkning av overvannet ved Rånåsfoss i tre utvalgte år (1999, 2008 og 2013). Simuleringene ble foretatt med observert og konstruert overvannstand, for deretter å beregne effekten av dette på flomvannstanden oppstrøms i Glomma/ Vorma og i Mjøsa.

Tabell 3.2. Flomvannføringer ved Rånåsfoss (Glomma) og Vorma ved Ertesekken (Svanfoss). Tall i parentes er maksimal vannføring i Vorma under samme flom. Fordelingen av vannføring mellom Glomma og Vorma er gitt under maksimal vannføring ved Rånåsfoss.

	Rånåsfoss	Vorma (Ertesekken)	Vannføring Vorma i % av Rånåsfoss
1995	3806	981 (1650)	26 %
1997	1686	1155 (1168)	69 %
1999	1900	493 (1112)	26 %
2000	1928	318 (1125)	16 %
2008	2565	832 (1133)	32 %
2013	2922	945 (1286)	32 %
2018p	4200**	ca 1000 (1600)	

****For 2018 er det benyttet simulerte verdier gitt snømagasin fra 2018 og værutvikling som i 2013.**

Tabell 3.3. **Største simulerte endring av vannstand og vannhastighet i Glomma ved Rånåsfoss bru, ved Vormsund/ samløp mellom Vorma og Glomma, i Vorma ved Svanfoss og i Mjøsa som følge av å senke overvannet ved Rånåsfoss kraftverk fra 119,5 m til 118,5 for flommer i tidsrommet 1995 - 2013. For 2018 er beregningene basert på prognoserte tilsig, gitt snømagasinet fra 2018 og været fra 2013.**

	Vannstandsendring (m) ved høyeste vst				Vannhastighetsendring (m/s) ved høyeste hastighet		
	Rånåsfoss dam	Vormsund (samløp)	Svanfoss	Mjøsa	Rånåsfoss bru	Vormsund (samløp)	Svanfoss
1995	-1,0	-0,08	-0,09	-0,09	+0,52	-0,01	-0,02
1995*	+0,92	+0.20	+0.10	-0.03	-0.47	-0,05	-0.06
1997	-1,0	-0,26	-0,1	-0,04	+0,66	+0,04	+0,01
1999	-1,0	-0,22	-0,12	-0.06	+0,72	+0,02	0,0
2000	-1,0	-0,23	-0,24	-0,05	+0,73	-0,01	-0,02
2008	-1,0	-0,17	-0,14	-0,06	+0,91	0,00	-0,02
2013	-1,0	-0,20	-0,21	-0,02	+0,84	-0,01	-0,02
2018p	-1,0	-0,03	-0,04	-0,04	+0,54	+0,00	-0,01

* Beregninger basert på observerte grensebetingelser i 1995 (vst i Mjøsa og ved Rånåsfoss). Sammenlignet med vst=119.5m ved Rånåsfoss

Tabell 3.4. **Effekten av senket overvann i 1999, 2008 og 2013.**

	Vannstandsendring (m)			Kommentar	
	Rånåsfoss dam	Vormsund (samløp)	Mjøsa	Varighet senkning	Kommentar
1999 obs	Ca. -1,0	-0,0	-0,02	10 dager	Overvannst. Rånåsfoss hevet igjen ca. 3 uker før kulminasjon Mjøsa.
2008 obs	Ca. -0,3	-0,09	-0,03	Ca. 5 uker	Overvannstand Rånåsfoss senket under hele forløpet.
2013 obs	Ca. -1,0	-0,03	-0,01	Ca. 3uker	Overvannst. Rånåsfoss hevet igjen ca. 3 uker før kulminasjon Mjøsa -

3.2.1 Simulering med flomforløp 1995

Resultatene fra beregningene i 1995 med overvann Rånåsfoss på kote 118,5 moh og 119,5 moh er gitt i tabell 3.3 og i fig 3.3. Observasjoner viser at vannstanden i Mjøsa kulminerte på 125,82 m 11 juni.

Forskjellen mellom beregningene med 119,5 m og 118,5 m for maksvannstand i Mjøsa er på -0,08 m, men vil være høyere i perioder med mindre tilsig og lavere vannstand i Mjøsa, se fig 3.3a.

Beregnet vannstand ved samløpet Vorma og Glomma er vist i fig 3.3b. Vannstanden i dette området er på det høyeste noe tidligere enn i Mjøsa og kulminerer samtidig med vannføringen i Glomma v/Rånåsfoss 3. juni, se fig 3.3b. Vannføringen i Vorma kulminerer noe senere og er på det høyeste ved Svanfoss 11. juni. Senkningseffekten i Vorma fra samløpet til Svanfoss er beregnet å være fra -0,06 m til -0,08 m. Vannlinjer for strekningen Rånåsfoss til Svanfoss er vist i fig 3.3c. Effekten tiltar gradvis nedover i Glomma, men gradienten er størst på den siste strekningen ned mot Rånåsfoss, se fig 3.3c.

Endring av vannhastighet ved senkning av overvannstand under denne episoden er vist i tabell 3.3 og fig 3.3e. Det er små endringer i vannhastighet i Glomma og Vorma, men det vil inntreffe en hastighetsøkning på over 0,8 m/s på den nederste strekningen i Glomma ved Rånåsfoss bru hvis overvannstanden senkes med 1 m.

Ved vannføringer på denne størrelsen vil kapasiteten ved Rånåsfoss være begrensende for hvor lavt vannstanden kan senkes. Ved en vannføring på 3800 m^3/s, som under flommen i 1995, tilsier kurvekapasiteten som da var gjeldende ved Rånåsfoss, en vannstand på ca 120,4 m. Dette gir en vannstand på ca 123,4 m ved samløpet og 123.9 m rett nedstrøms Svanfoss som er 0,2 m og 0,1 m høyere enn med overvannstand på 119,5 m ved Rånåsfoss. I Mjøsa er forskjellen ca. 3 cm.

I 2016 ble tappekapasiteten gjennom Rånåsfoss kraftverk økt, slik at nå vil en kunne senke vannstanden ved Rånåsfoss til ca. 119,7 m ved en vannføring på 3800 m^3/s. Det betyr at den økte kapasiteten gjennom Rånåsfoss kraftverk ved en flom som i 1995, medfører at vannstanden i Glomma rett oppstrøms Rånåsfoss kan reduseres med ca. 70 cm, mens vannstanden i Vorma og Mjøsa vil bli redusert med henholdsvis ca. 10 cm og 0 – 3 cm.

Det er gjort beregninger med senkning av overvannet ved Rånåsfoss kraftverk til 119,5 m. Det gir en maksimal hastighetsøkning på ca. 1,2 m/s i forhold til situasjonen i 1995 i området ved bruene oppstrøms kraftverket. Endringene vider opp mot Svanfoss vil være små, i størrelsesorden 0,06 m/s.

Figur 3.3a. Simulert vannstand i Mjøsa i 1995 (øvre diagram) med et overvann ved Rånåsfoss kraftverk på konstant 118,5 moh (svart linje), 119,5 moh (rød linje), observert vannstand (lilla linje) og 118.3 moh (grønn linje) Vannføring ved Rånåsfoss (blå linje). Tilsig er som i året 1995. Startvannstanden i Mjøsa er observert vannstand 1. januar.

Figur 3.3b. Simulert vannstand i Glomma ved samløp Glomma / Vorma med overvann 118,5 moh (sort linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring beregnet ved samme sted (grønn linje).

Figur 3.3c. Vannlinjer Glomma og Vorma med overvann 119,5 moh (svart linje), 118,5 moh (rød linje), observert vannstand (lilla linje) og 118.3 moh (grønn linje). Verdier fra 3/6-95.

Figur 3.3d. Vannhastighet Glomma og Vorma med overvann 119,5 moh (svart linje), 118,5 moh (rød linje), observert vannstand (lilla linje) og 118.3 moh (grønn linje). Verdier fra 3/6-95.

Figur 3.3e. Vannføring Glomma v/Rånåsfoss og Funnefoss (rød/ grønn linje) og Vorma v/Svanfoss (blå linje) i 1995.

3.2.2 Simulering med flomforløp 1997

Resultatene fra beregningene i 1997 med overvann Rånåsfoss på kote 118,5 moh og 119,5 moh er gitt i tabell 3.3 og i fig 3.4. Vårflommen I Glomma ved Funnefoss er på det høyeste fra 12 mai, mens vannføringen i Vorma ikke kulminerer før 7 juli. Dette betyr at den høyeste totalvannføringen i Glomma ved Rånåsfoss er på det høyeste på samme tid i juli, selv om tilsiget fra Glomma er relativt lavt på dette tidspunktet, se fig 3.4e. Observasjoner viser at vannstanden i Mjøsa kulminerte på 123,93 m 7 juli.

Forskjellen mellom beregningene med 119,5 m og 118,5 m for maksvannstand i Mjøsa er på -0,04 m, men vil være høyere i perioder med mindre tilsig og lavere vannstand i Mjøsa, se fig 3.4a.

Beregnet vannstand ved samløpet Vorma og Glomma er vist i fig 3.4b. I 1997 er vannstanden dette området fordelt på to maksimum, et i mai med lavt tilsig fra Vorma og et i juli med lavt tilsig i Glomma. Der vannstanden i juli er noen cm høyere og senkningseffekten ble beregnet til -0,26 m. Ved Svanfoss på samme tidspunkt ble det beregnet til ca -0,10 m. Vannlinjer for strekningen Rånåsfoss til Svanfoss er vist i fig 3.4c (verdier fra 7/7-97). Effekten tiltar gradvis nedover i Glomma, men gradienten er størst på den siste strekningen ned mot Rånåsfoss, se fig 3.4c.

Endring av vannhastighet ved senkning av overvannstand under denne episoden er vist i tabell 3.3 og fig 3.4d. Det er små endringer i vannhastighet i Glomma og Vorma, men det vil inntreffe en hastighetsøkning på nærmere 0,7 m/s på den nederste strekningen i Glomma ved Rånåsfoss bru hvis overvannstanden senkes med 1 m.

Figur 3.4a. Simulert vannstand i Mjøsa i 1997 (øvre diagram) med et overvann ved Rånåsfoss kraftverk på konstant 118,5 moh (svart linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring ved Rånåsfoss (blå linje). Tilsig er som i året 1997. Startvannstanden i Mjøsa er observert vannstand 1. januar.

Figur 3.4b. Simulert vannstand i Glomma ved samløp Glomma / Vorma med overvann 118,5 moh (sort linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring beregnet ved samme sted (grønn linje).

Figur 3.4c. Vannlinjer Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje). Verdier fra 7/7-97

Figur 3.4d. Vannhastighet Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje).

Figur 3.4e. Vannføring Glomma v/Rånåsfoss og Funnefoss (rød/ grønn linje) og Vorma v/Svanfoss (blå linje) i 1997.

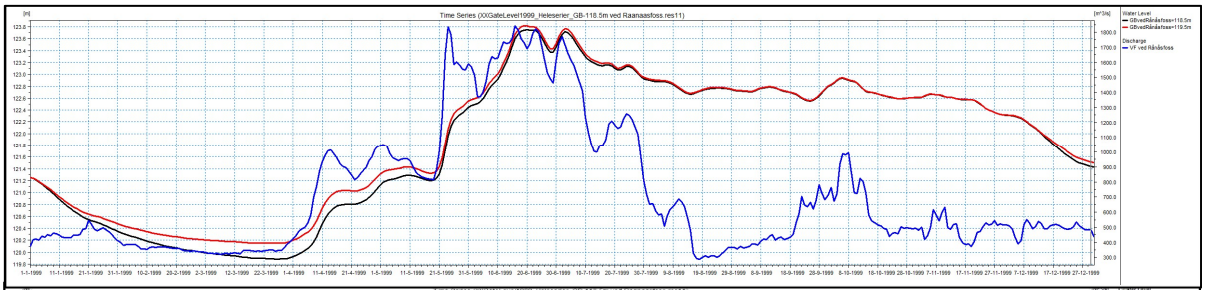
3.2.3 Simulering med flomforløp 1999

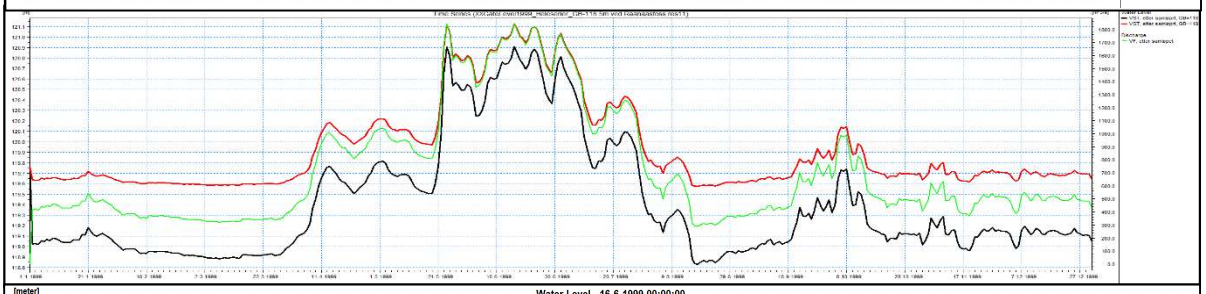
Resultatene fra beregningene i 1999 med overvann Rånåsfoss på kote 118,5 moh og 119,5 moh er gitt i tabell 3.3 og i fig 3.5. Observasjoner viser at vannstanden i Mjøsa kulminerte på 123,90 m 3 juli. Maksvannstanden i Mjøsa er fordelt på to maksimum, hvor det første inntreffer 21. juni og er noen få cm lavere. Modellen beregner høyest vannstand ved den først episoden.

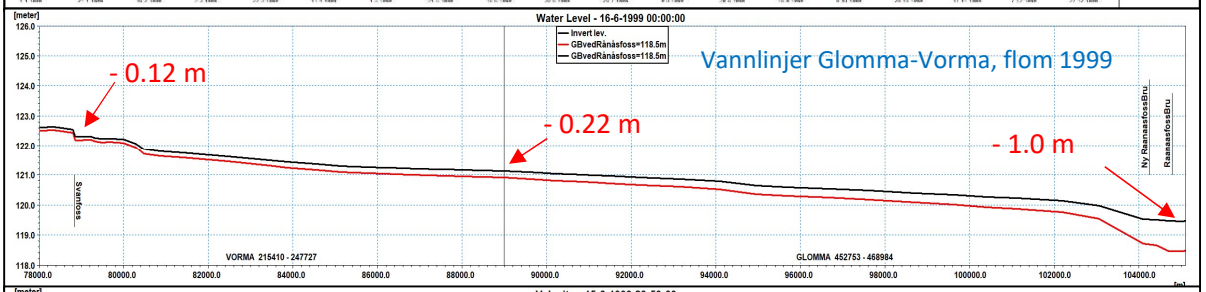
Forskjellen mellom beregningene med 119,5 m og 118,5 m for maksvannstand i Mjøsa er på -0,06 m, men vil være høyere i perioder med mindre tilsig og lavere vannstand i Mjøsa, se fig 3.5a. Avviket mellom observert vannstand og simuleringer med 119,5 m varierer fordi observert overvannstand ikke er fast, men varierer gjennom året. Dette er også grunnen til at observert og simulert maksimum ikke inntreffer på samme tidspunkt.

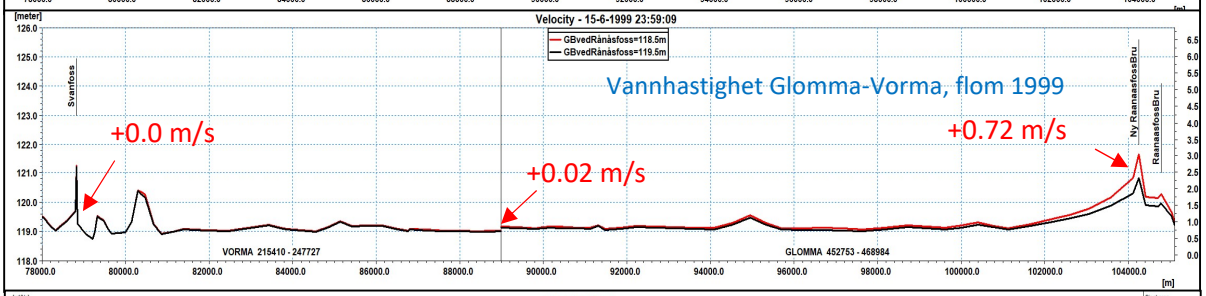
Beregnet vannstand ved samløpet Vorma og Glomma er vist i fig 3.5b. I 1999 er vannstanden dette området fordelt på flere maksimum i perioden fra mai til juli. Vannføringen i Vorma er på det høyeste i siste halvdel av juni og begynnelsen av juli. Ved samløpet (16. juni) ble senkningseffekten beregnet til -0,22 m og ved Svanfoss -0,11 m. Vannlinjer for strekningen Rånåsfoss til Svanfoss er vist i fig 3.5c (verdier fra 16/6-99). Effekten tiltar gradvis nedover i Glomma, men gradienten er størst på den siste strekningen ned mot Rånåsfoss, se fig 3.5c.

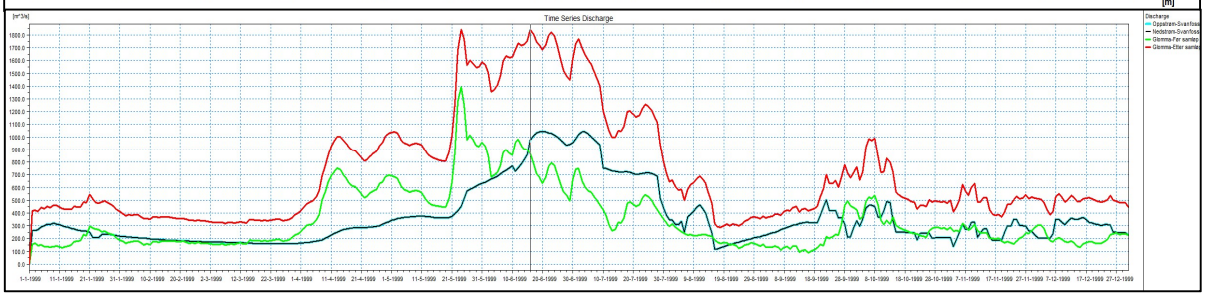
Endring av vannhastighet ved senkning av overvannstand under denne episoden er vist i tabell 3.3 og fig 3.5d. Det er små endringer i vannhastighet i Glomma og Vorma, men det vil inntreffe en hastighetsøkning på ca 0,7 m/s på den nederste strekningen i Glomma ved Rånåsfoss bru hvis overvannstanden senkes med 1 m.











Figur 3.5a. **Simulert vannstand i Mjøsa i 1999 (øvre diagram) med et overvann ved Rånåsfoss kraftverk på konstant 118,5 moh (svart linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring ved Rånåsfoss (blå linje). Tilsig er som i året 1999. Startvannstanden i Mjøsa er observert vannstand 1. januar.**

Figur 3.5b. **Simulert vannstand i Glomma ved samløp Glomma / Vorma med overvann 118,5 moh (sort linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring beregnet ved samme sted (grønn linje).**

Figur 3.5c. **Vannlinjer Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje). Verdier fra 16/6 - 99**

Figur 3.5d. **Vannhastighet Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje).**

Figur 3.5e. **Vannføring Glomma v/Rånåsfoss og Funnefoss (rød/ grønn linje) og Vorma v/Svanfoss (blå linje) i 1999.**

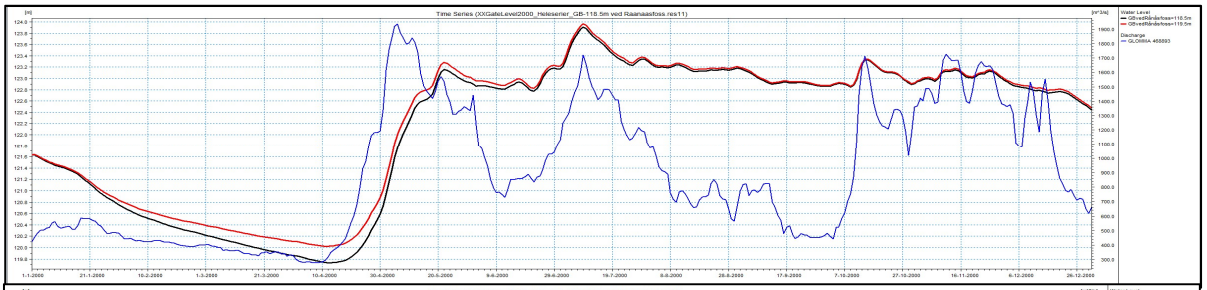
3.2.4 Simulering med flomforløp 2000

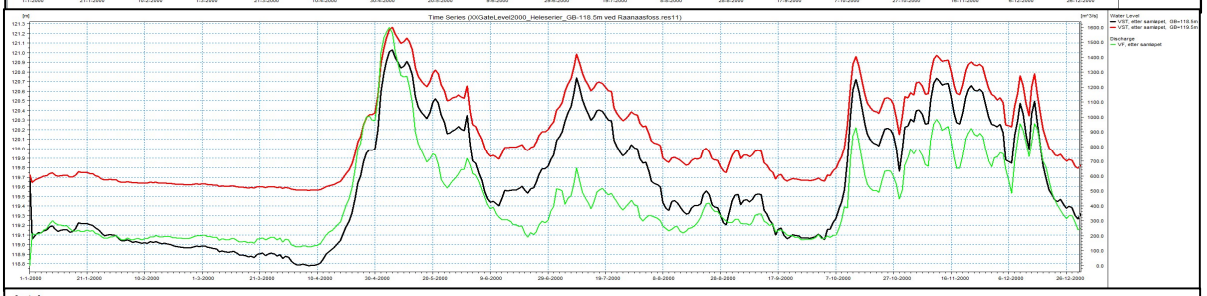
Resultatene fra beregningene i 2000 med overvann Rånåsfoss på kote 118,5 moh og 119,5 moh er gitt i tabell 3.3 og i fig 3.6. Observasjoner viser at vannstanden i Mjøsa kulminerte på 123,95 m 9 juli. Beregningene viser at fast overvannstand på 119,5 m gir tilnærmet samme maksimumsvannstand. Imidlertid vil avviket mellom observert vannstand og simuleringer med 119,5 m variere fordi observert overvannstand ikke er fast, men varierer gjennom året. Forskjellen mellom beregningene med 119,5 m og 118,5 m for maksvannstand i Mjøsa er på -0,05 m, men vil være høyere i perioder med mindre tilsig og lavere vannstand i Mjøsa, se fig 3.6a.

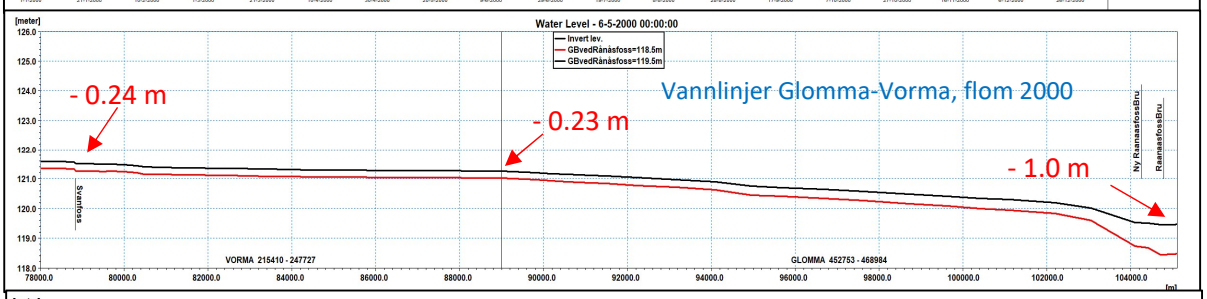
Beregnet vannstand ved samløpet Vorma og Glomma er vist i fig 3.6b. Vannstanden i dette området er på det høyeste ca. 2 måneder tidligere enn i Mjøsa og kulminerer omtrent samtidig med vannføringen i Glomma 5-6. mai, se fig 3.6b. På dette tidspunktet er det relativt lavt tilsig fra Vorma og Mjøsa, så senkningseffekten i Vorma helt til Svanfoss er beregnet til å være opp mot -0,24 m. Vannlinjer for strekningen Rånåsfoss til Svanfoss er vist i fig 3.6c (verdier fra 6/5-00). Effekten tiltar gradvis nedover i Glomma, men gradienten er størst på den siste strekningen ned mot Rånåsfoss, se fig 3.6c.

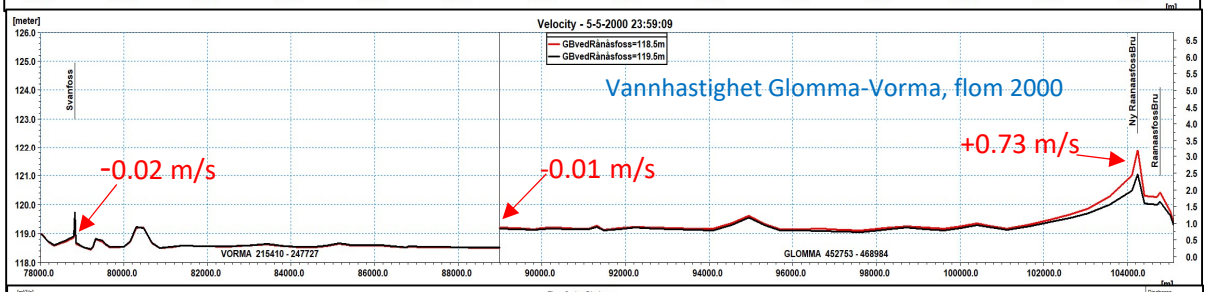
Endring av vannhastighet ved senkning av overvannstand under denne episoden er vist i tabell 3.3 og fig 3.6d. Det er små endringer i vannhastighet i Glomma og Vorma, men det vil inntreffe en hastighetsøkning på over 0,7 m/s på den nederste strekningen i Glomma ved Rånåsfoss bru hvis overvannstanden senkes med 1 m.

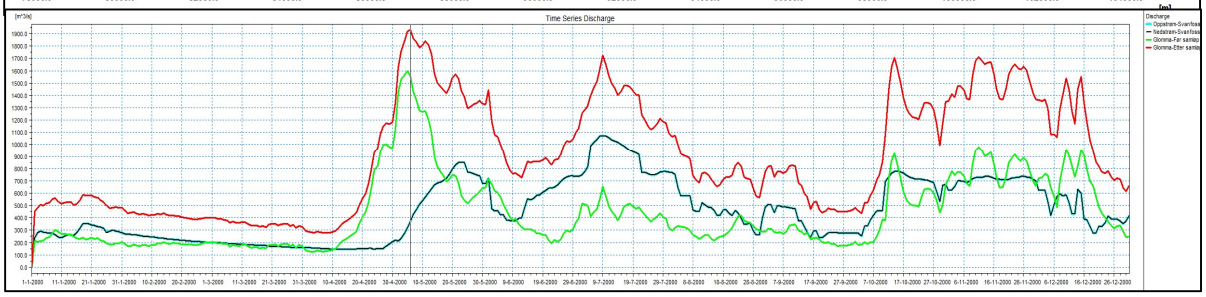
Flommene i Glomma og Vorma kan også inntreffe på ulikt tidspunkt. Dette påvirker elvesystemet mellom Rånåsfoss og Svanfoss på ulik måte. En senkning av overvannstanden ved høy vannføring i Glomma kombinert med lav til moderat vannføring i Vorma gir større effekt på strekningen opp mot Svanfoss enn hvis vannføringen i Vorma er høy. I slike situasjoner kan Glommavann renne motstrøms inn i Vorma, noe som bremses opp hvis overvannet ved Rånåsfoss senkes.











Figur 3.6a. Simulert vannstand i Mjøsa i 2000 (øvre diagram) med et overvann ved Rånåsfoss kraftverk på konstant 118,5 moh (svart linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring ved Rånåsfoss (blå linje). Tilsig er som i året 2000. Startvannstanden i Mjøsa er observert vannstand 1. januar.

Figur 3.6b. Simulert vannstand i Glomma ved samløp Glomma / Vorma med overvann 118,5 moh (sort linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring beregnet ved samme sted (grønn linje).

Figur 3.6c. Vannlinjer Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje). Verdier fra 12-14/5-00

Figur 3.6d. Vannhastighet Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje).

Figur 3.6e. Vannføring Glomma v/Rånåsfoss og Funnefoss (rød/ grønn linje) og Vorma v/Svanfoss (blå linje) i 2000.

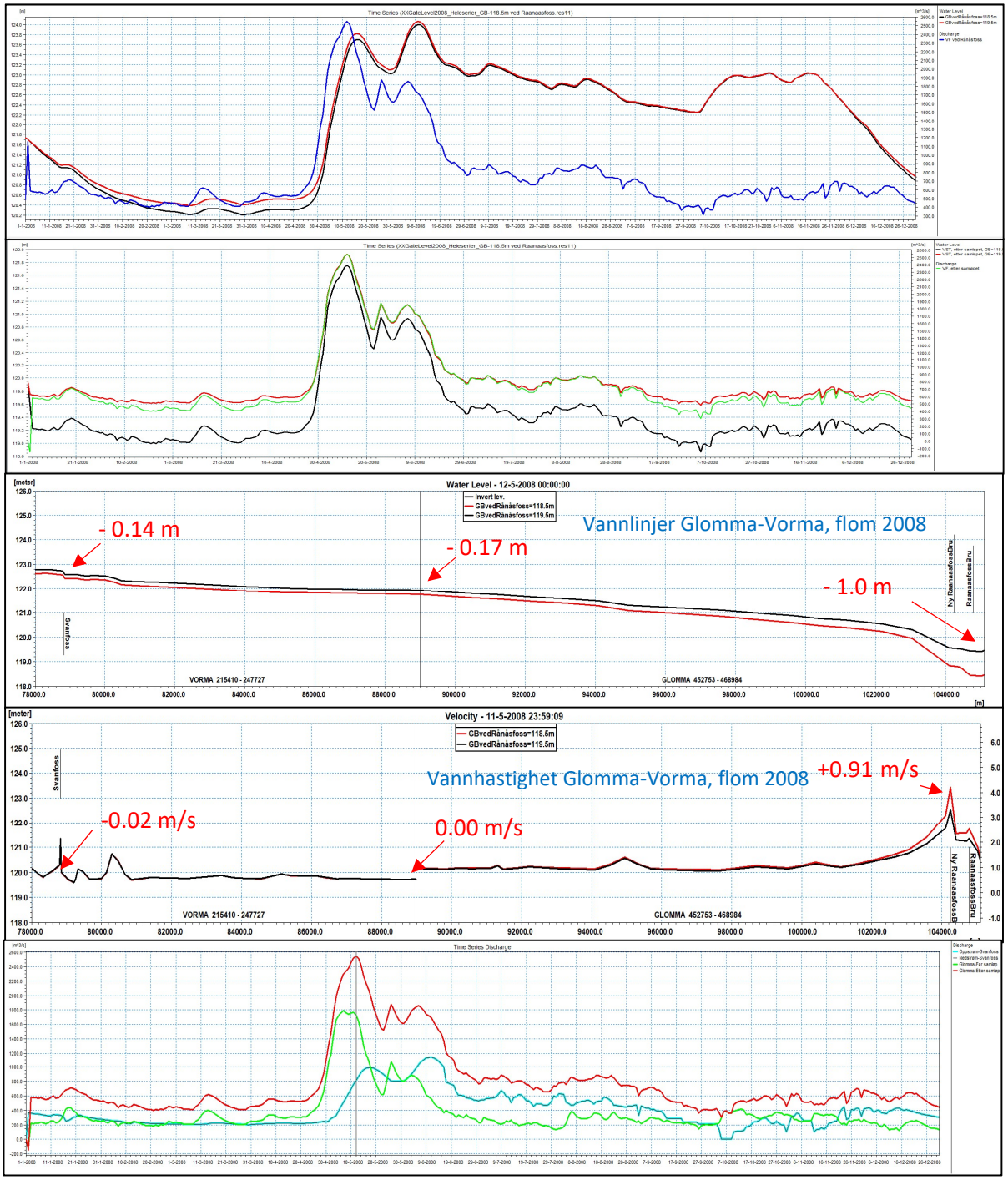
3.2.5 Simulering med flomforløp 2008

Resultatene fra beregningene i 2008 med overvann Rånåsfoss på kote 118,5 moh og 119,5 moh er gitt i tabell 3.3 og i fig 3.7. Observasjoner viser at vannstanden i Mjøsa kulminerte på 124,00 m 10 juni.

Forskjellen mellom beregningene med 119,5 m og 118,5 m for maksvannstand i Mjøsa er på -0,06 m, men vil være høyere i perioder med mindre tilsig og lavere vannstand i Mjøsa, se fig 3.7a.

Beregnet vannstand ved samløpet Vorma og Glomma er vist i fig 3.7b. Vannstanden i dette området er på det høyeste nesten 1 måned tidligere enn i Mjøsa og kulminerer samtidig med vannføringen i Glomma v/Rånåsfoss 13. mai, se fig 3.7b. Vannføringen i Vorma ved Svanfoss kulminerer 11 juni. Senkningseffekten i Vorma fra samløpet til Svanfoss er beregnet å være fra -0,17 m til -0,14 m når vannstanden er på det høyeste i dette området. Vannlinjer for strekningen Rånåsfoss til Svanfoss er vist i fig 3.7c. Effekten tiltar gradvis nedover i Glomma, men gradienten er størst på den siste strekningen ned mot Rånåsfoss, se fig 3.7c.

Endring av vannhastighet ved senkning av overvannstand under denne episoden er vist i tabell 3.3 og fig 3.7d. Det er små endringer i vannhastighet i Glomma og Vorma, men det vil inntreffe en hastighetsøkning på over 0,9 m/s på den nederste strekningen i Glomma ved Rånåsfoss bru hvis overvannstanden senkes med 1 m.



Figur 3.7a. **Simulert vannstand i Mjøsa i 2008 (øvre diagram) med et overvann ved Rånåsfoss kraftverk på konstant 118,5 moh (svart linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring ved Rånåsfoss (blå linje). Tilsig er som i året 2008. Startvannstanden i Mjøsa er observert vannstand 1. januar.**

Figur 3.7b. **Simulert vannstand i Glomma ved samløp Glomma / Vorma med overvann 118,5 moh (sort linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring beregnet ved samme sted (grønn linje).**

Figur 3.7c. **Vannlinjer Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje).**

Figur 3.7d. **Vannhastighet Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje).**

Figur 3.7e. **Vannføring Glomma v/Rånåsfoss og Funnefoss (rød/ grønn linje) og Vorma v/Svanfoss (blå linje) i 2008.**

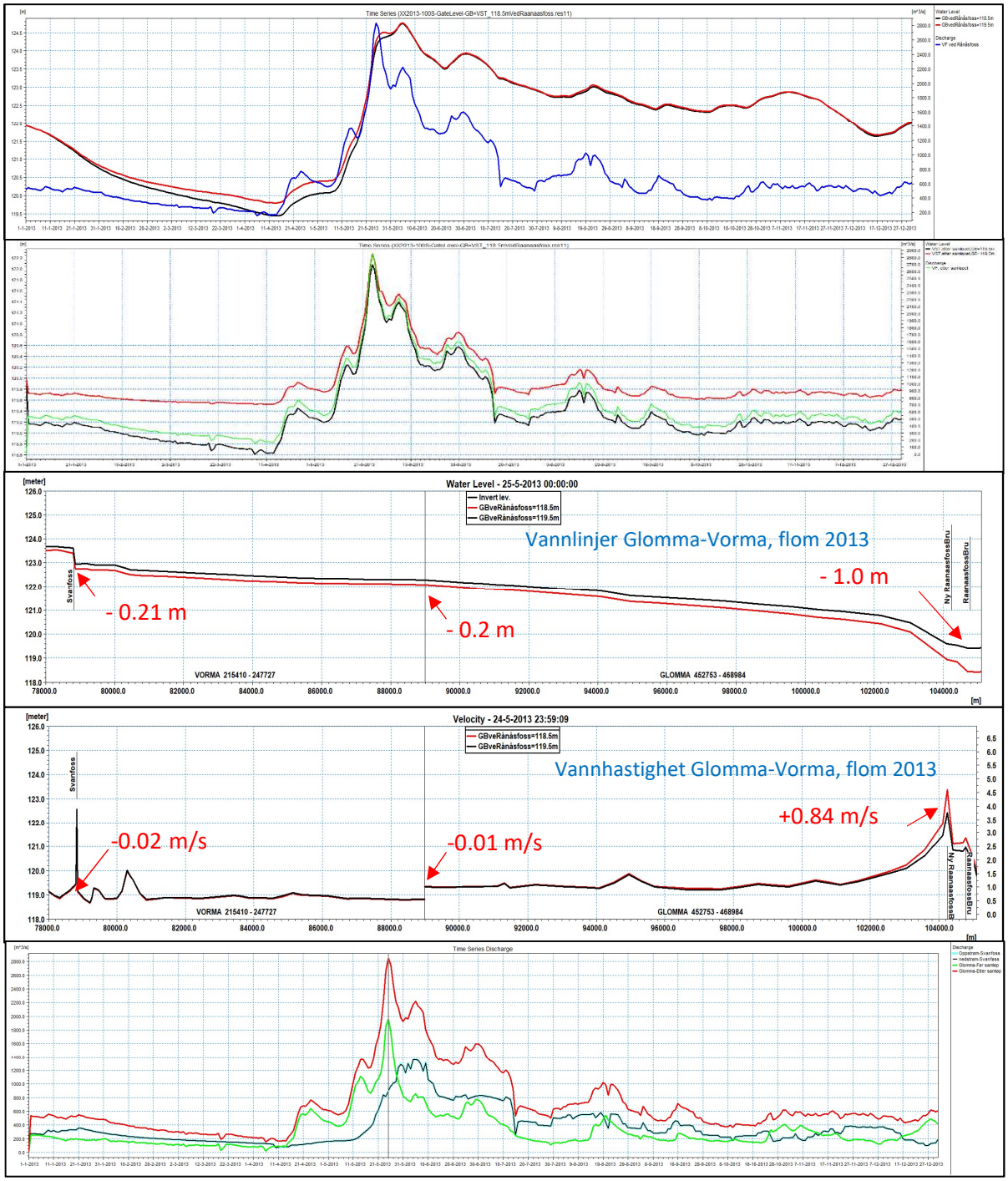
3.2.6 Simulering med flomforløp 2013

Resultatene fra beregningene i 2013 med overvann Rånåsfoss på kote 118,5 moh og 119,5 moh er gitt i tabell 3.3 og i fig 3.8. Observasjoner viser at vannstanden i Mjøsa kulminerte på 124,69 m 5 juni.

Forskjellen mellom beregningene med 119,5 m og 118,5 m for maksvannstand i Mjøsa er på -0,02 m, men vil være høyere i perioder med mindre tilsig og lavere vannstand i Mjøsa, se fig 3.8a.

Beregnet vannstand ved samløpet Vorma og Glomma er vist i fig 3.8b. Vannstanden i dette området er på det høyeste noe tidligere enn i Mjøsa og kulminerer samtidig med vannføringen i Glomma v/Rånåsfoss 25. mai, se fig 3.8b. Vannføringen i Vorma kulminerer noe senere og er på det høyeste ved Svanfoss 4. juni. Senkningseffekten i Vorma fra samløpet til Svanfoss er beregnet til å være ca 0,20 m. Vannlinjer for strekningen Rånåsfoss til Svanfoss er vist i fig 3.8c. Effekten tiltar gradvis nedover i Glomma, men gradienten er størst på den siste strekningen ned mot Rånåsfoss, se fig 3.8c.

Endring av vannhastighet ved senkning av overvannstand under denne episoden er vist i tabell 3.3 og fig 3.8d. Det er små endringer i vannhastighet i Glomma og Vorma, men det vil inntreffe en hastighetsøkning på over 0,8 m/s på den nederste strekningen i Glomma ved Rånåsfoss bru hvis overvannstanden senkes med 1 m.



Figur 3.8a. Simulert vannstand i Mjøsa i 2013 (øvre diagram) med et overvann ved Rånåsfoss kraftverk på konstant 118,5 moh (svart linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring ved Rånåsfoss (blå linje). Tilsig er som i året 2013 Startvannstanden i Mjøsa er observert vannstand 1. januar.

Figur 3.8b. Simulert vannstand i Glomma ved samløp Glomma / Vorma med overvann 118,5 moh (sort linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring beregnet ved samme sted (grønn linje).

Figur 3.8c. Vannlinjer Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje).

Figur 3.8d. Vannhastighet Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje).

Figur 3.8e. Vannføring Glomma v/Rånåsfoss og Funnefoss (rød/ grønn linje) og Vorma v/Svanfoss (blå linje) i 2013.

3.2.7 Simulering med flomforløp basert på vårflomprognose 2018

I tillegg er det gjort en beregning basert på et prognosert tilsig til Mjøsa/ Glomma våren 2018. Tilsiget er beregnet med utgangspunkt i snømagasinet våren 2018 kombinert med værutviklingen fra våren 2013. Denne kombinasjonen ga et prognosert vannføring i Glomma ved Rånåsfoss på ca. 4200 m^3/s, eller omkring 400 m^3/s mer enn under flommen i 1995.

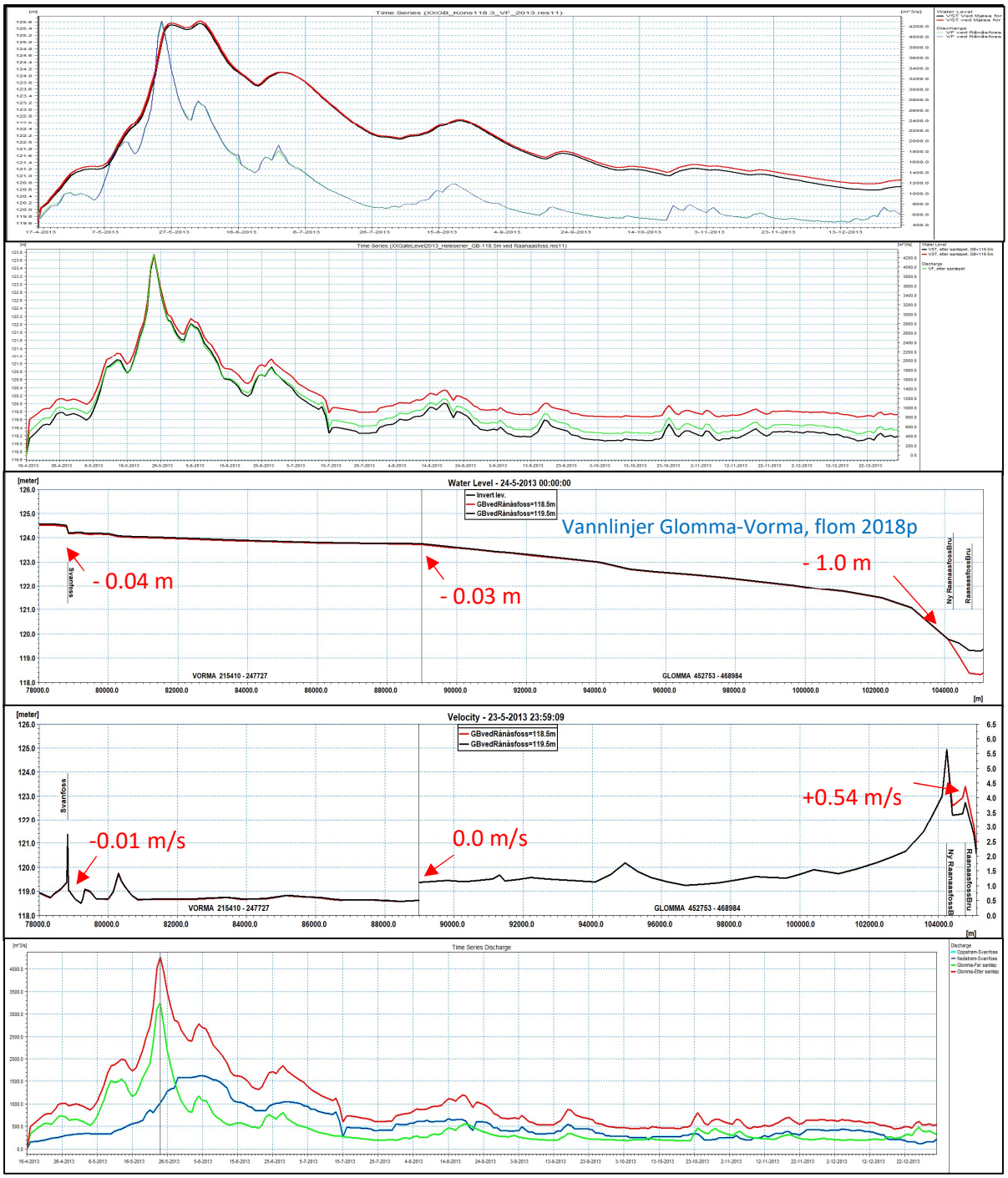
Videre ble det gjort beregninger av hva dette ville føre til av ventede vannstander i Glomma, Vorma og Mjøsa med en overvannstand ved Rånåsfoss på henholdsvis 118,5 moh og 119,5 moh. Resultatene er gitt i tabell 3.3 og i fig 3.9.

Forskjellen mellom beregningene med 119,5 m og 118,5 m for maksvannstand i Mjøsa er på -0,04 m, men vil være høyere i perioder med mindre tilsig og lavere vannstand i Mjøsa, se fig 3.9a.

Beregnet vannstand ved samløpet Vorma og Glomma er vist i fig 3.9b. Vannstanden i dette området er på det høyeste noe tidligere enn i Mjøsa og vil kulminere samtidig med vannføringen i Glomma v/Rånåsfoss 24. mai, se fig 3.9b. Vannføringen i Vorma kulminerer noe senere og vil være på det høyeste ved Svanfoss 5. juni. Senkningseffekten i Vorma fra samløpet til Svanfoss er beregnet til å være ca. 0,03 - 0,04 m. Vannlinjer for strekningen Rånåsfoss til Svanfoss er vist i fig 3.9c (verdier fra 24/5). Effekten tiltar gradvis nedover i Glomma, men gradienten er størst på den siste strekningen ned mot Rånåsfoss, se fig 3.9c.

Endring av vannhastighet ved senkning av overvannstand under denne episoden er vist i tabell 3.3 og fig 3.9d. Det er små endringer i vannhastighet i Glomma og Vorma, men det vil inntreffe en hastighetsøkning på over 0,5 m/s på den nederste strekningen i Glomma ved Rånåsfoss bru hvis overvannstanden senkes med 1 m.

I praksis er det vanskelig/ umulig å holde vannstanden på 118,5 moh eller 119,5 moh ved Rånåsfoss med en vannføring i Glomma på over 4000 m^3/s. I henhold til kapasitetskurven for Rånåsfoss, vil en ved en vannføring på 4000 m^3/s få en vannstand på 119,9 moh ved Rånåsfoss. Det er derfor også kjørt et alternativ med en «dynamisk» kapasitetskurve, hvor vannstanden holdes på 119,5 m eller lavere for vannføringer opp til 1000 m^3/s økende til 119,9 ved 4000 m^3/s. Det gir en maksimal vannstand i Mjøsa på ca. 125,7 moh. Det er omkring 10 cm høyere enn om en hadde klart å holde overvannet på 118,5 moh eller 1,4 m lavere.



Figur 3.9a. Simulert vannstand i Mjøsa i basert på prognoser i 2018 og værutvikling som i 2013 (øvre diagram) med et overvann ved Rånåsfoss kraftverk på konstant 118,5 moh (svart linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring ved Rånåsfoss (blå linje). Tilsig er som i året 2013 Startvannstanden i Mjøsa er observert vannstand 1. januar.

Figur 3.9b. Simulert vannstand i Glomma ved samløp Glomma / Vorma med overvann 118,5 moh (sort linje) og 119,5 moh (rød linje). Vannføring beregnet ved samme sted (grønn linje).

Figur 3.9c. Vannlinjer Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje).

Figur 3.9d. Vannhastighet Glomma og Vorma med overvann 118,5 moh (rød linje) og 119,5 moh (svart linje).

Figur 3.9e. Vannføring Glomma v/Rånåsfoss (rød), Vorma v/Svanfoss (blå) og Funnefoss i 2018p.

3.2.8 Senkning av overvann i 1999

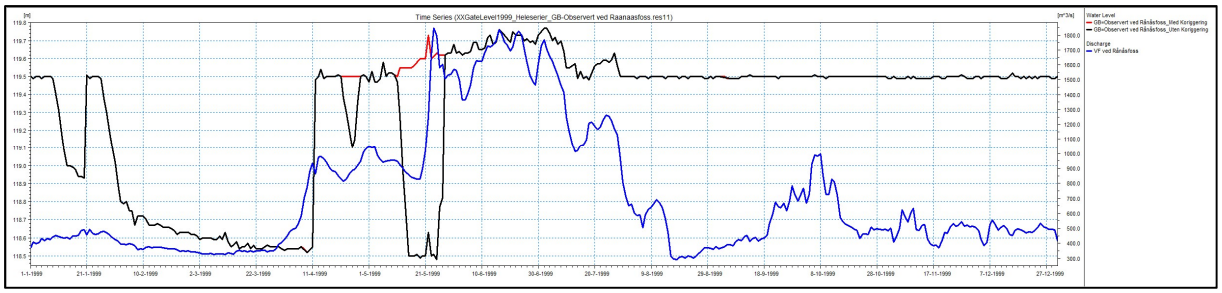
I perioden fra 15. mai til 25 mai i 1999 ble overvannet ved Rånåsfoss senket med 1 m. Vannstanden ble også senket med inntil 0,4 m i perioden 21.april til 27 april, se fig 3.10.

I de to periodene der overvannstanden ble senket er det konstruert et sannsynlig forløp av vannstanden ved Rånåsfoss uten senkning, se figur 3.10 og tabell 3.4.

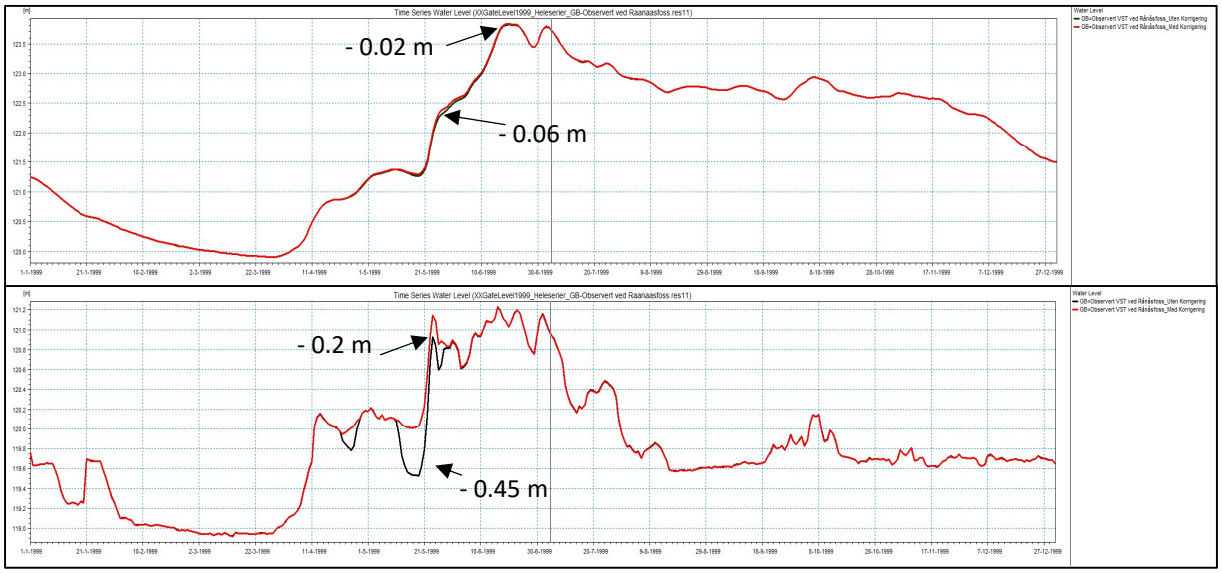
Det er utført modellsimuleringer for å se forskjellen på de to manøvreringsalternativene på vannstanden i Mjøsa og i Glomma/ Vorma mellom Rånåsfoss og Mjøsa.

Resultatene viser at senkning av overvannstanden har svært liten innvirkning på vannstanden i Mjøsa. Under denne episoden er vannstanden i Mjøsa redusert med 1-2 cm når vannstanden kulminerer. Effekten av senkningen er imidlertid noe større i en tidligere fase når vannstanden i Mjøsa er lavere, med inntil 6 cm, se fig 3.11a.

Senkningseffekten i Glomma og Vorma er større, men avtar når vannføringen stiger, se vannstandsutvikling ved samløpet Glomma Vorma i fig 3.11b. Når vannføringen i Glomma stiger midt i senkningsperioden stiger vannstanden raskt og effekten avtar fra ca 0,45 m til ca 0,2 m. Når vannstanden igjen blir hevet ved Rånåsfoss, vil effekten raskt forsvinne og vannstanden vil følge samme forløp som uten endring i overvannet.



Figur 3.10. **Observert (sort) og konstruert (rød) overvannstand ved Rånåsfoss i 1999. Vannføring ved Rånåsfoss (blå)**



Figur 3.11a. **Simulert vannstandsforløp i Mjøsa med og uten senkning av overvannstand ved Rånåsfoss. Sort linje viser forløp med observert overvannstand (med senkning) og rød linje viser forløp med konstruert overvannstand uten senkning på 1 m som vist i fig 3.10.**

Figur 3.11b. **Simulert vannstandsforløp ved samløp Vorma/ Glomma med og uten senkning av overvannstand ved Rånåsfoss. Sort linje viser forløp med observert overvannstand (med senkning) og rød linje viser forløp med konstruert overvannstand uten senkning på 1 m som vist i fig 3.10.**

3.2.9 Senkning av overvann i 2008

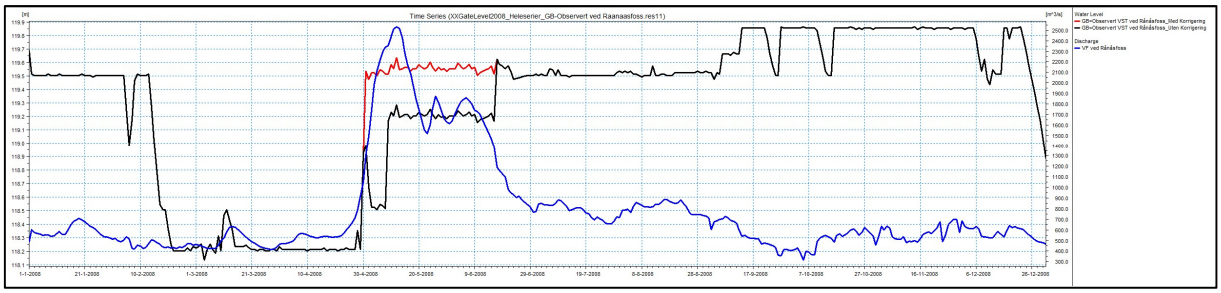
I perioden fra 1. mai til 8 mai i 2008 ble overvannet ved Rånåsfoss senket til 118,5 m (ca 1 m lavere enn normal manøvrering). Fra 9 mai og fram til 16 juni lå vannstanden på ca 199,2 m eller ca 0,3 m lavere enn normal overvannstand, se figur 3.12 og tabell 3.4.

I de to periodene der overvannstanden ble senket er det konstruert et sannsynlig forløp av vannstanden ved Rånåsfoss uten senkning, se fig 3.12.

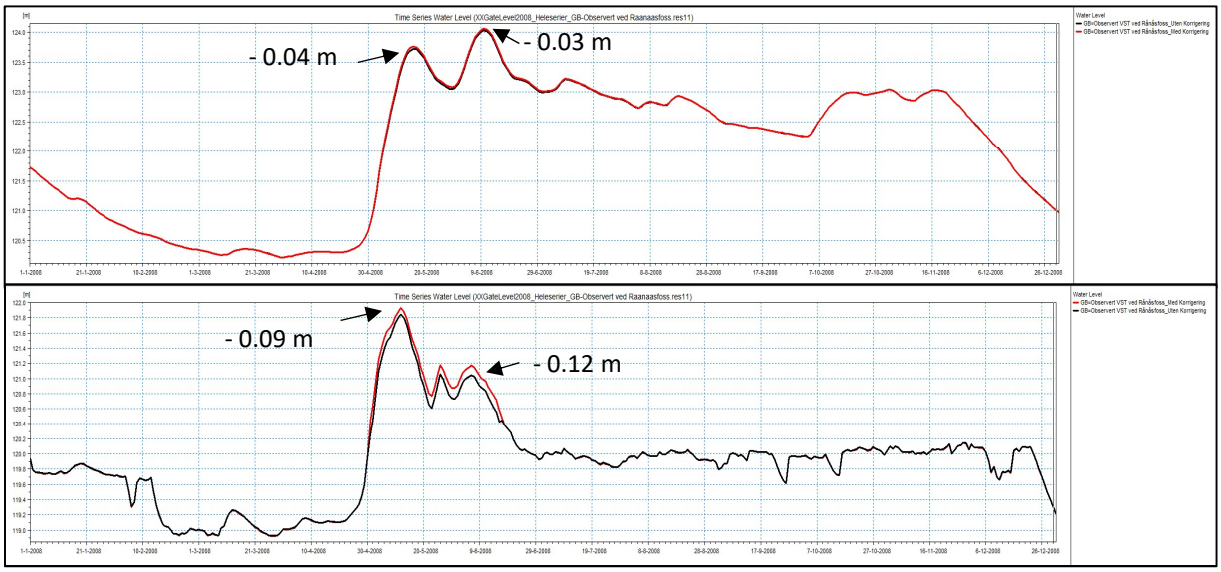
Det er utført modellsimuleringer for å se forskjellen på de to manøvreringsalternativene på vannstanden i Mjøsa og i Glomma/ Vorma mellom Rånåsfoss og Mjøsa.

Resultatene viser at senkning av overvannstanden har svært liten innvirkning på vannstanden i Mjøsa. Under denne episoden er vannstanden i Mjøsa redusert med 3 cm når vannstanden kulminerer i Mjøsa. Effekten av senkningen er imidlertid litt større i en tidligere fase (17/5), når vannstanden i Mjøsa er lavere, med inntil 4 cm, se fig 3.13a.

Senkningseffekten i Glomma og Vorma er større, men avtar når vannføringen stiger, se vannstandsutvikling ved samløpet Glomma Vorma i fig 3.13b. Effekten av senkningen er ca 9 cm når vannføringen er på det høyeste i Glomma. Senkningseffekten øker noe når vannføringen synker, med inntil 12 cm.



Figur 3.12. **Observert (sort) og konstruert (rød) overvannstand ved Rånåsfoss i 2008. Vannføring ved Rånåsfoss (blå).**



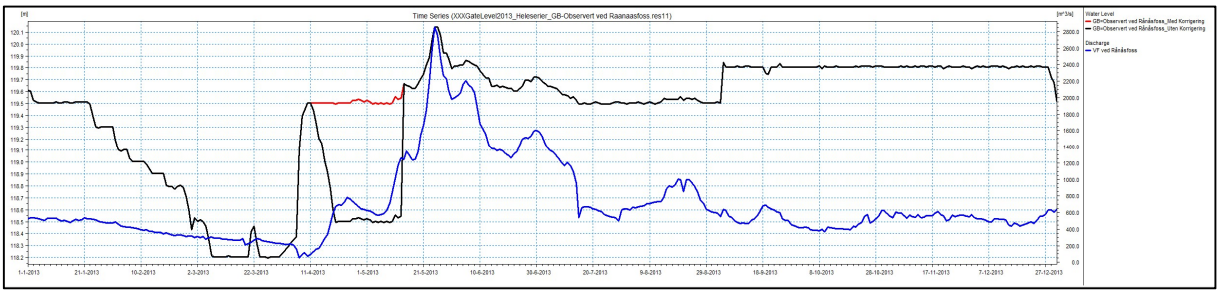
Figur 3.13a. **Simulert vannstandsforløp i Mjøsa med og uten senkning av overvannstand ved Rånåsfoss. Sort linje viser forløp med observert overvannstand (med senkning) og rød linje viser forløp med konstruert overvannstand uten senkning på 1 m som vist i fig 3.9.**

Figur 3.13b. **Simulert vannstandsforløp ved samløp Vorma/ Glomma med og uten senkning av overvannstand ved Rånåsfoss. Sort linje viser forløp med observert overvannstand (med senkning) og rød linje viser forløp med konstruert overvannstand uten senkning på 1 m som vist i fig 3.9.**

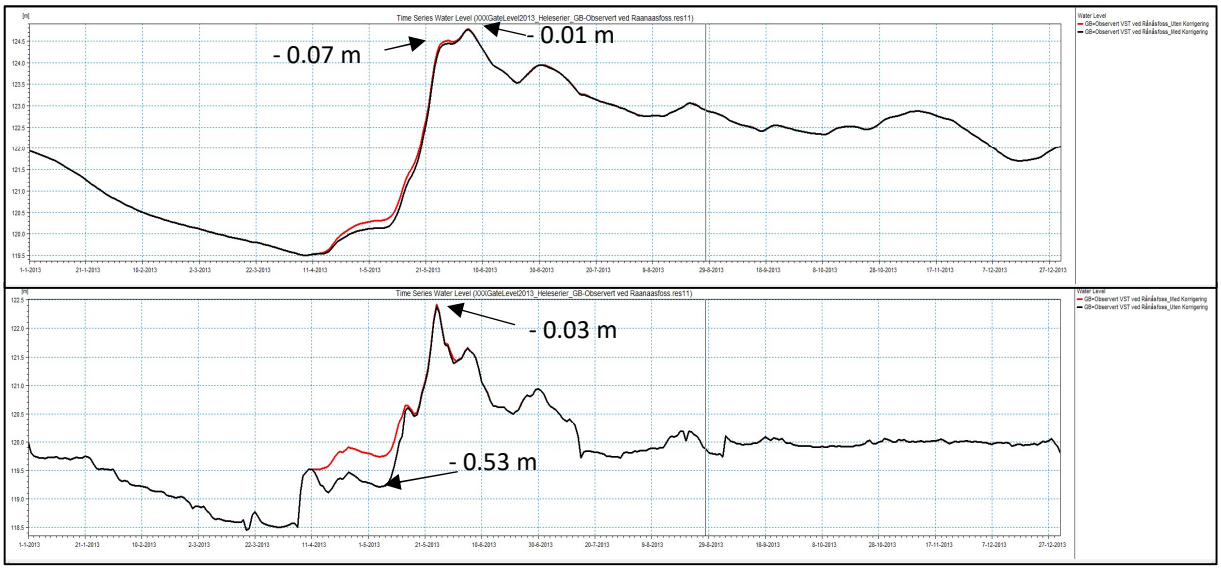
3.2.10 Senkning av overvann i 2013

I perioden fra 11 -20 april ble overvannet ved Rånåsfoss senket gradvis fra 119,5 m til 118,5 m. For deretter å ligge på 118,5 m fram til 14 mai. Det er konstruert et forløp som følger 119,5 m i samme periode, se figur 3.14 og tabell 3.4.

Det er utført modellsimuleringer for å se forskjellen på de to manøvreringsalternativene på vannstandene i Mjøsa og i Glomma/ Vorma mellom Rånåsfoss og Mjøsa.



Figur 3.14. **Observert (sort) og konstruert (rød) overvannstand ved Rånåsfoss i 2013. Vannføring ved Rånåsfoss (blå).**



Figur 3.15a. **Simulert vannstandsforløp i Mjøsa med og uten senkning av overvannstand ved Rånåsfoss. Sort linje viser forløp med observert overvannstand (med senkning) og rød linje viser forløp med konstruert overvannstand uten senkning på 1 m som vist i fig 3.14.**

Figur 3.15b. **Simulert vannstandsforløp ved samløp Vorma/ Glomma med og uten senkning av overvannstand ved Rånåsfoss. Sort linje viser forløp med observert overvannstand (med senkning) og rød linje viser forløp med konstruert overvannstand uten senkning på 1 m som vist i fig 3.14.**

Resultatene viser at senkning av overvannstanden har svært liten innvirkning på vannstanden i Mjøsa. Under denne episoden er vannstanden i Mjøsa redusert med inntil 7 cm når vannstanden nærmer seg kulminasjon i Mjøsa, men det er svært liten effekt når vannstanden er på det høyeste, ca 1 cm. I dette tilfelle ble overvannet hevet til 119,5 m allerede 14. mai, mens høyeste vannstand i Mjøsa ikke inntraff før 5 juni, se fig 3.15a. Senking av overvannstanden ved Rånåsfoss har derfor ingen effekt på høyeste vannstand i Mjøsa i denne situasjonen.

Senkningseffekten i Glomma og Vorma er større, men avtar når vannføringen stiger, se vannstandsutvikling ved samløpet Glomma Vorma i fig 3.15b. Effekten av senkningen er på inntil 0,53 m før flommen, men avtar til ca 3 cm når vannføringen er på det høyeste i Glomma.

4 Oppsummering

Beregningene viser at flomvannstanden i Mjøsa reduseres med noen få cm (mindre enn 10 cm) ved å senke overvannet ved Rånåsfoss med 1 meter (tabell 3.3) gjennom hele vinteren og frem til etter flomkulminasjon.

I 1999, 2008 og 2013 ble overvannet ved Rånåsfoss senket med inntil 1 m i perioder med varigheter fra omkring 1 uke – 5 uker i løpet av våren/ forsommeren. Beregninger viser at dette reduserte maksimal flomvannstand i Mjøsa med 1 – 3 cm (tabell 3.4).

Samtidig ser en av (fig 3.3a-3.9a) at vannstanden i Mjøsa i perioder med lave vannføringer i større grad påvirkes av overvannet ved Rånåsfoss kraftverk. Dette harmonerer med den praksis Akershus Energi har for å utnytte mest mulig av vannet i Mjøsa ned mot LRV i løpet av seinvinteren/ våren. En ser for eksempel at i mars/ april 1995 (figur 3.3.a) ville vannstanden vært 20 – 30 cm lavere i Mjøsa hvis overvannet ved Rånåsfoss hadde vært senket med 1 m fra 1. januar. Virkningen er imidlertid marginal med hensyn til flomstigningen i Mjøsa senere på sommeren.

En teoretisk senkning av overvannet ved Rånåsfoss med 1 m har liten/ moderat effekt på vannstanden i Vorma og i Glomma oppstrøms Rånåsfoss bru ved store vannføringer. Senkningseffekten er beregnet til å ligge mellom 30 cm og 10 cm for vannføringer fra 1000 m^3/s – 3000 m^3/s. For større flommer, som for eksempel 1995-flommen, er virkningen mindre. En årsak til dette er at ved store vannføringer vil overvannstanden ved Rånåsfoss uansett stige på grunn av begrenset tappekapasitet gjennom Rånåsfoss kraftverk. I 2016 ble imidlertid tappekapasiteten gjennom Rånåsfoss kraftverk økt, slik at en nå vil kunne redusere vannstanden Rånåsfoss med omkring 70 cm i forhold til det som var mulig i 1995. Det betyr at ved en flom som i 1995 (ca. 3800 m^3/s), kan vannstanden i Glomma rett oppstrøms Rånåsfoss kraftverk reduseres med ca. 70 cm, mens vannstanden i Vorma og Mjøsa kan bli redusert med ca. 10 cm og 0 – 3 cm.

Ved å senke overvannet ved Rånåsfoss kraftverk vil vannhastighetene i Glomma og Vorma øke noe. Det er særlig ved Rånåsfoss bru (fv 476) at økningen blir stor, opp mot 1 m/s. Ellers er økningene modellert til i størrelsesorden 0,01-0,05 m/s. Økningen i de ulike grenene påvirkes også noe av fordelingen av vannføring mellom Glomma og Vorma.

Flommene i Glomma og Vorma kan også inntreffe på ulikt tidspunkt. Dette påvirker elvesystemet mellom Rånåsfoss og Svanfoss på ulik måte. En senkning av overvannstanden ved høy vannføring i Glomma kombinert med lav til moderat vannføring i Vorma gir større effekt på strekningen opp mot Svanfoss enn hvis vannføringen i Vorma er høy. I slike situasjoner kan Glommavann renne motstrøms inn i Vorma noe som bremses opp hvis overvannet ved Rånåsfoss senkes.

Selv om elvekanten er sikret på flere delstrekninger langs Glomma og Vorma (se fig 1.5) siden det store skredet i 1795, kan man ikke se bort ifra at erosjonsbelastningen kan øke noe hvis vannstanden senkes under flom. Det er derfor grunn til å benytte føre var prinsippet og være forsiktig, særlig når effekten oppstrøms og i Mjøsa er liten. Historien har vist at det kan gå store skred i dette området også under helt naturlige forhold.

Hovedkonklusjonen er at ved stor flom er det svært marginalt hvor mye vannstanden i Mjøsa kan reduseres ved å redusere overvannstanden ved Rånåsfoss kraftverk både i forkant av og under flomforløpet.

5 Referanser

Bogen, J. 1980 The hysteresis effect of sediment transport systems. Norsk geografisk tidsskrift vol. 34, p. 45-54.

DHI-2019: https://www.mikepoweredbydhi.com/-/media/shared%20content/mike%20by%20dhi/flyers%20and%20pdf/software%20flyers/water%20resources/mikeflood-mikepoweredbydhi-productflyer-uk.pdf

Ejigu Demissew. K. Vannlinjeberegningsnotat for Glomma ved Årnes.
NVE 201103203-39.

Hexeberg T (red) 1961 Nes på Romerike 2 Gardshistorie. Nes kommune

Johnsen, S. 2004 Registrering av gyte- og oppvekstområder for ørret i Vorma. Rapport nr 5/04. Fylkesmannen i Oppland, Miljøvernavdelingen, 20s.

NVE-notat 27.08.2014 Glomma Kraftproduksjon AS – Tillatelse til midlertidig heving av overvann ved Rånåsfoss kraftstasjon i Sørum kommune i Akershus.
NVE 201103559-8.

Romerikes blad 28 mennesker har mistet livet i ras, 17/3 -2009.

Statens kartverk Situationen udi Vormen Elv: Akershus, kartverket.no historiske kart.

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no