

Eidsiva Vannkraft AS

Tolga kraftverk

Vannlinjeberegning i Glomma



Oppdragsnr.: 5175468 Dokumentnr.: R04 Versjon: E01
2017-12-08

Tolga kraftverk - vannlinjeberegning i Glomma

Sammendrag/konklusjon

I forbindelse med den planlagte utbygningen av Tolga kraftverk i Glomma ved Tolga er Norconsult AS engasjert for å utføre en vannlinjeberegning. Det er ønskelig å endre utforming og plassering av dammen i forhold til det som var foreslått i 2012.

Nå er det er foreslått å bygge en løsmasseterskel ca. 140 m ovenfor den opprinnelige damplasseringen. Formålet med vannlinjeberegningen er å vurdere tre HRV ved den foreslåtte løsmasseterskelen både med hensyn til endringer i vassdraget ovenfor og i forhold til damalternativ fra 2012 (omtalt i rapporten som *lukedam*).

Endringer i vannstander er vurdert med hjelp av en Hec-Ras modell. Som inngangsdata til modellen er det brukt 24 oppmålte profiler.

Det vurderes at en løsmasseterskel opp til kote 586,0 (NN2000) gir vannstandstigninger som er i størrelsesorden lik eller mindre enn de som var tidligere beregnet for lukedammen. Strekingen som vil være påvirket er kortere.



E01	2017-12-08	For bruk	C. F. Uribe	L. Jenssen	S. Mulelid
B01	2017-12-01	For fagkontroll	C. F. Uribe	L. Jenssen	S. Mulelid
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

1 Innledning

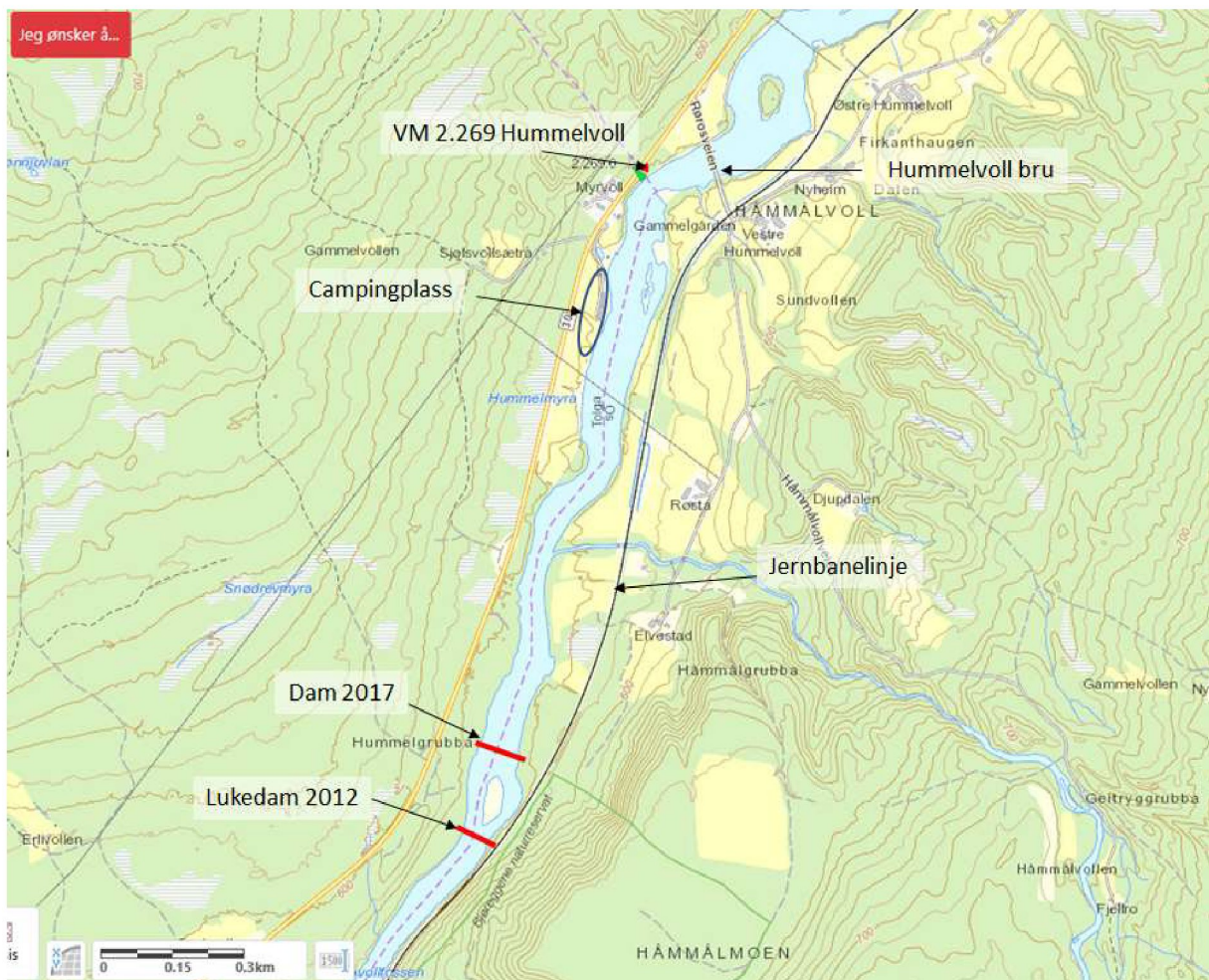
I forbindelse med den planlagte utbygningen av Tolga kraftverk i Glomma ved Tolga er Norconsult AS engasjert for å utføre en vannlinjeberegning.

I 2012 har Norconsult vurdert alternativer for inntaksdammen for Tolga kraftverk. Vurderingene er presentert i «Glommavassdraget – vannlinjeberegning for Tolga kraftverk» (ref. 1). Endelig løsning som ble behandlet i konsesjonssøknaden er en lukedam med HRV på 587,25 moh. (NN1954). Dammen var planlagt med fem luker. To segmentluker B x H = 15 x 4 m, ei klappeluke B x H = 15 x 3 m og to dykkede luker B x H = 3,1 x 4 m. De dykkede lukene skulle bygges sammen med ei fisketrapp. Denne dammen omtales videre i rapporten som *lukedam*.

Nå er det ønskelig å vurdere en løsmasseterskel, plassert ca. 140 m oppstrøms damstedet som ble vurdert i 2012. Løsmassetersklene omtales videre i rapporten som *dam*.

Formålet med disse vannlinjeberegningene er å vurdere forskjellige høyder for HRV for den foreslåtte dammen både med hensyn til endringer i vassdraget ovenfor og i forhold til lukedammen fra 2012.

Figur 1 viser en oversikt av vassdraget og plassering av inntaksdammene.



Figur 1 Plassering av inntaksdam og oversikt av vassdraget (kilde: NVE Atlas).

2 Grunnlaget for beregningene

2.1 Flomberegning

Det hydrologiske grunnlaget i vurderinger av Tolga kraftverk i 2012 ble utarbeidet av GLB. Q_{1000} (døgnverdi) ble da beregnet til 815 m³/s basert på VM 2.269 Hummelvoll og årrekken 1981 – 2009. GLB har oppdatert flomfrekvensanalysen ved VM 2.269 i uregulert tilstand for årrekken 1963 - 2016. Frekvensplottet er vist i vedlegg 1. Q_{1000} (døgnverdi) er vurdert til 842 m³/s (Gumbel-fordeling) og 783 m³/s (GEV-fordeling). Hydrologen som utførte beregningene antyder at det er ikke grunn til å fravike tidligere resultater selv om vi bruker flere år i ny beregning.

Vi har sjekket flomverdiene fra andre gjentaksintervall for den oppdaterte uregulerte serien i forhold til gamle verdier. For dette er det hentet forholdet $Q_{mom}/Q_{døgn}$ for årsflommer for VM 2.269 vist i «Retningslinjer for flomberegninger» (ref. 2), 1,07. Flomverdiene for de forskjellige gjentaksintervallene (gjennomsnitt mellom Gumbel- og GEV-fordeling) stemmer overens med verdiene fra den uregulerte/naturlige serien i det hydrologiske grunnlaget i vurderinger fra 2012 (ref. 1). Derfor legges det til grunn flomverdier fra gammel beregning, gjengitt i Tabell 1. Disse flomverdiene inkluderer en regulert serie og en uregulert serie.

Det forutsettes at kraftverket er i normal drift inntil en 50-årsflom (slukeevne på 60 m³/s). Dvs. vannføring over dammen er redusert med 60 m³/s opp til en 50-årsflom. For større flommer forutsettes det at kraftverket er stengt. I tillegg forutsettes det at flommer opp til 100-års gjentaksintervall vil være representert av den regulerte serien, mens 500-årsflom og større vil være representert av den naturlige serien. Flommer imellom er representert med et gjennomsnitt mellom den regulerte serien og den uregulerte serien.

Tabell 1 Flomverdier ved Hummelvoll (fra ref. 1).

Gjentaksintervall (år)	Vannføringer – kulminasjonsverdier (m ³ /s)		
	Regulert serie	Uregulert serie	Representativ
Middelflom	275	354	215 + 60
5	338	438	278 + 60
10	381	502	321 + 60
20	419	561	359 + 60
50	462	636	402 + 60
100	493	692	493
200	523	746	635
500	559	819	819
1000	587	875	875

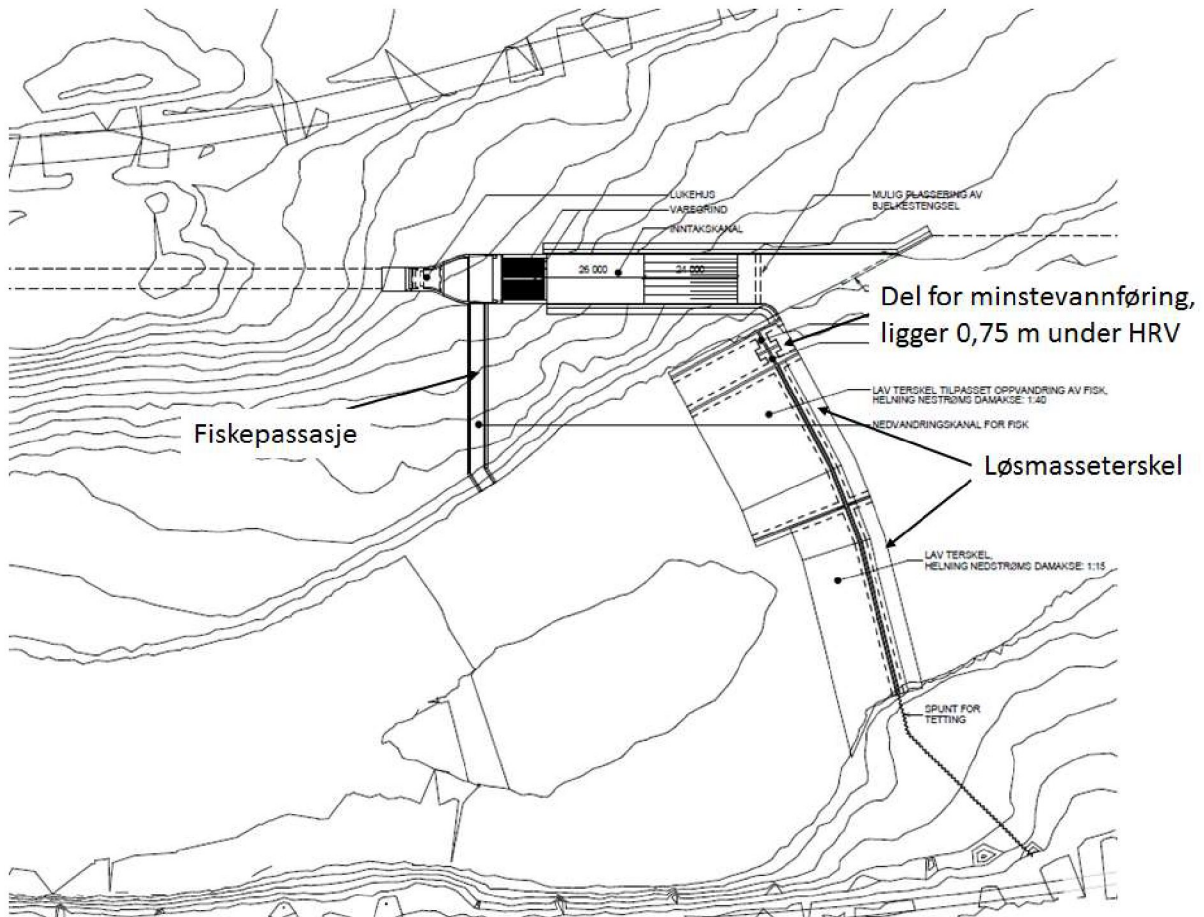
2.2 Utforming av dammen

Dammen ved inntaket til Tolga kraftverk er foreslått endret til en løsmasseterskel med en fiskepassasje. Figur 2 og Figur 3 viser skisser av den nye løsningen. Dammen er foreslått plassert ca. 140 m oppstrøms dammen fra 2012 (som lå rett nedstrøms øya i Figur 2).

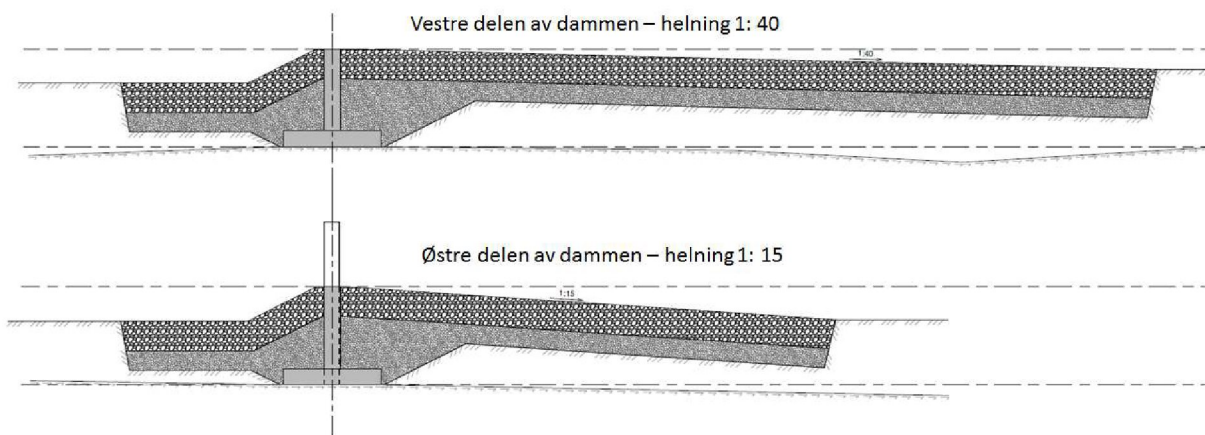
På høyre side av dammen (sett medstrøms) er det planlagt en terskel med toppen på HRV - 0,75 m for å slippe minstevannføring. Per i dag er det vurdert en senket terskel i total 9 m. På 5 av de 9

meterne er det planlagt en luke med toppen i lukket posisjon lik HRV. Resten av dammen er ca. 90 m lang. Det er vurdert tre alternative nivåer for toppen av dammen (HRV): 585,5; 586,0 og 586,5 moh. (i NN2000 høydesystem).

Nedstrøms damskråning varierer, med en helning på 1: 40 på høyre side og 1: 15 på venstre side.



Figur 2 Skisse av løsmasseterskel og fiskepassasje.



Figur 3 Snitt av løsmasseterskel.

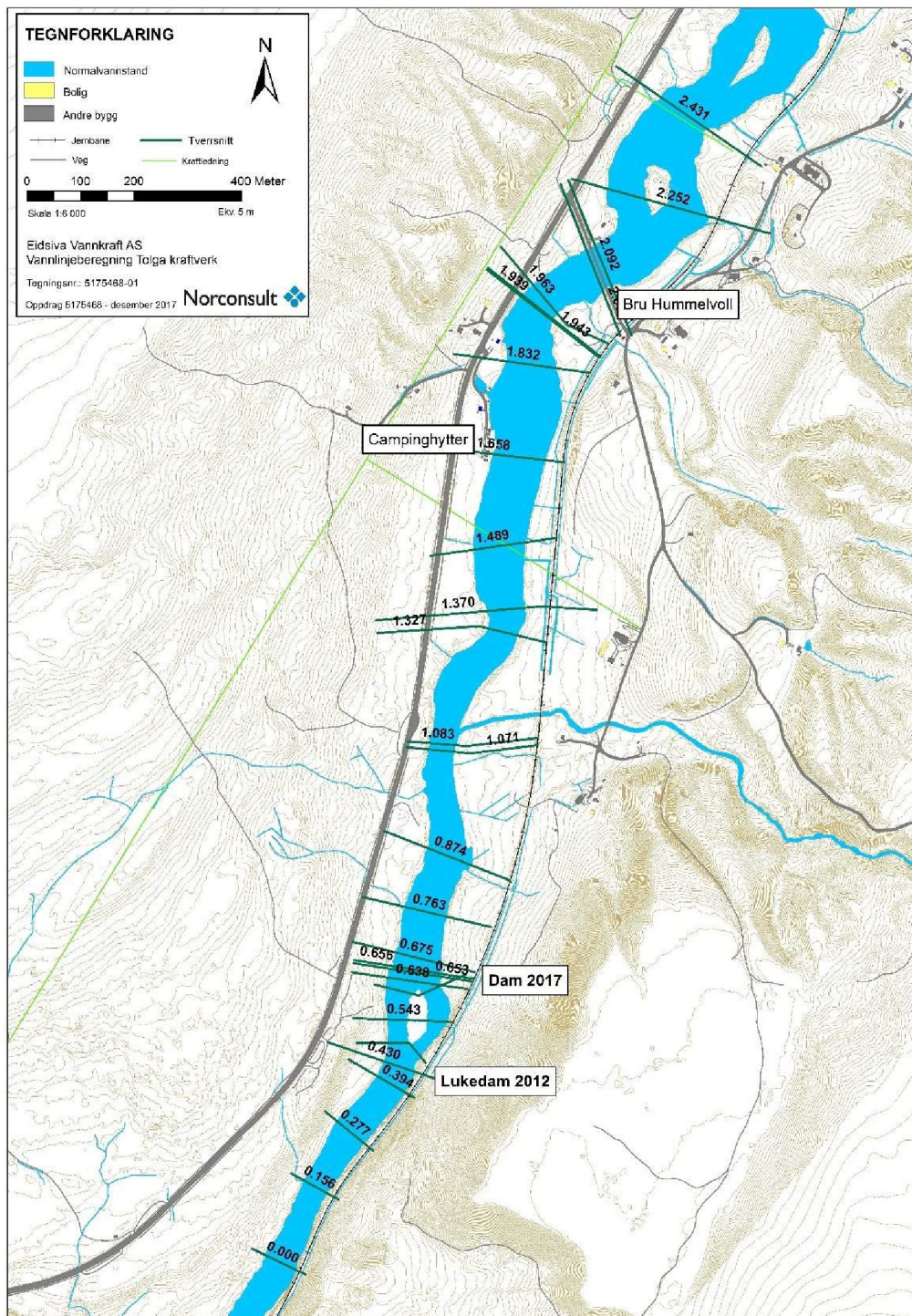
3 Beregninger

Endringer i vannstander er vurdert med hjelp av en Hec-Ras modell. Som inngangsdata til modellen er det brukt 24 oppmålte profiler.

3.1 Profiler og terrengdata

Som inngangsdata for den hydrauliske modellen er det brukt tverrprofiler av elveløpet. I september 2010 målte Solvang og Fredheim AS 11 profiler på den relevante elvestrekningen, inkludert Hummelvoll bru. I tillegg målte Hydrateam 5 profiler i september 2011. I oktober-november 2017 målte Norconsult AS 8 profiler til. Høydedata utenfor elveløpet er hentet fra laserdata fra 2008. Ved oppmåling av profilene ble vannstanden oppmålt og tid notert. Figur 4 og tegningsnummer 5175468-01 viser en oversikt over profilene.

Alle profiler er i høydesystem NN 1954. For å konvertere mellom høydesystemene er det brukt følgende forhold: $NN1954 + 18 \text{ cm} = NN2000$.



Figur 4 Oversikt profiler brukt i den hydrauliske modellen.

3.2 Hydraulisk modell

Det er utarbeidet en hydraulisk modell i beregningsverktøyet HEC-RAS, versjon 5.0.3. (ref. 3). Det er foretatt beregninger i en-dimensjon (1-D). At beregningene er 1-dimensjonale betyr at det for hvert tverrsnitt kun beregnes en hastighet og en vannstand.

3.2.1 Friksjonsforhold

«Roughness Characteristics of Natural Channels» (ref. 4) er brukt for å vurdere friksjonsforhold i elva. Ut fra bilder og flyfoto vurderes et Manningstall, n , i elveløpet på mellom $0,040 \text{ s/m}^{1/3}$ ($M = 25$) og $0,045 \text{ s/m}^{1/3}$ ($M = 22,2$). Bilder tatt ved oppmåling av profiler er vist i vedlegg 3.

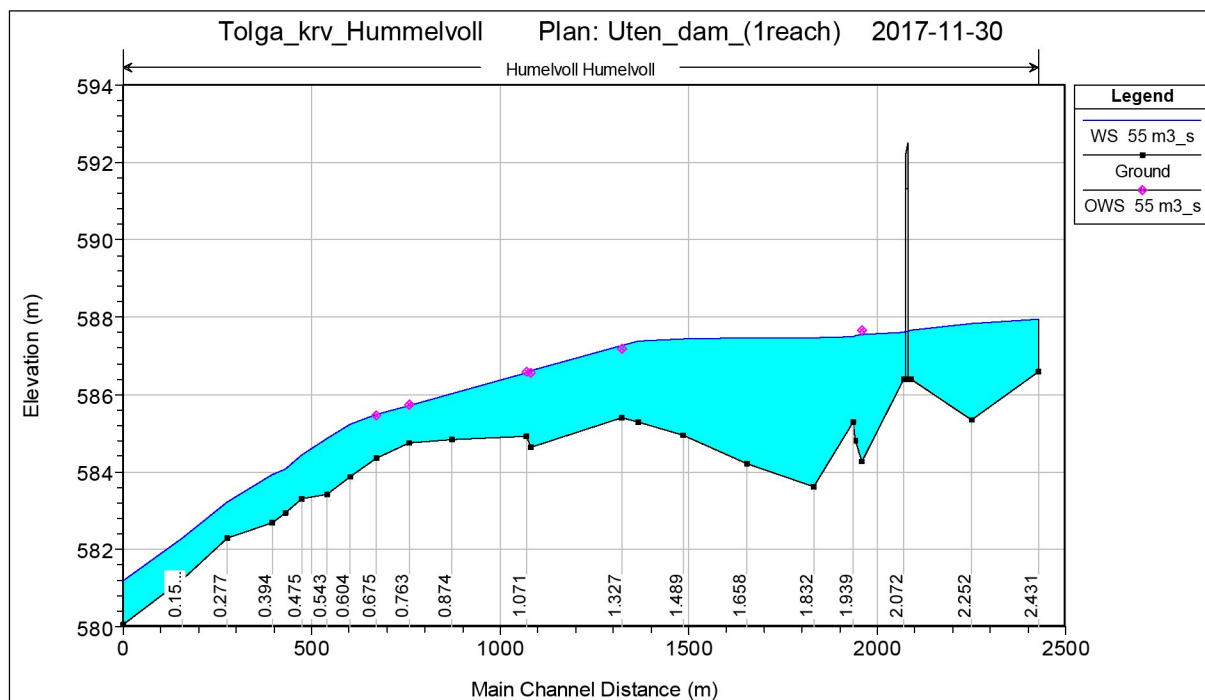
Etter sammenlikning med observerte vannstander er det valgt å bruke en Manningstall « n » i elveløpet på $0,045 \text{ s/m}^{1/3}$ på hele strekningen (se kapittel 3.2.3). På flomslettene brukes $0,060 \text{ s/m}^{1/3}$ der det er trær utenfor elveløpet og $0,040 \text{ s/m}^{1/3}$ der det er åker/gress.

3.2.2 Grensebetingelser

Som nedstrøms grensebetingelse brukes normal strømming og en bunnhelning på $0,0075$. Som oppstrøms grensebetingelse brukes kritisk strømming, men siden elva har underkritisk strømming er oppstrøms betingelse beregnet i modellen og overskrevet.

3.2.3 Kalibrering

Vannstanden ble målt da profilene ble målt, men vannføringen var liten (mellom 20 og $55 \text{ m}^3/\text{s}$) sammenliknet med vannføringer ved flom. Figur 5 viser et lengdeprofil av Glomma på den modellerte strekningen ved $Q = 55 \text{ m}^3/\text{s}$ og observert vannstand (med rosa farge). Ved mindre vannføringer beregner modellen vannstander som er lavere enn de som ble målt.



Figur 5 Lengdeprofil ved $Q = 55 \text{ m}^3/\text{s}$ og observert vannstand.

I tillegg til målte vannstandene ved måling av tverrprofilene finnes det data fra vannmerke 2.269 Hummelvoll som ligger ved ca. profil 1,963. Fra Hydra II er det hentet data ved oppmålte vannføringer og vannstand ved stasjonen og sammenlignet med vannstand gitt av modellen (vist i Tabell 2).

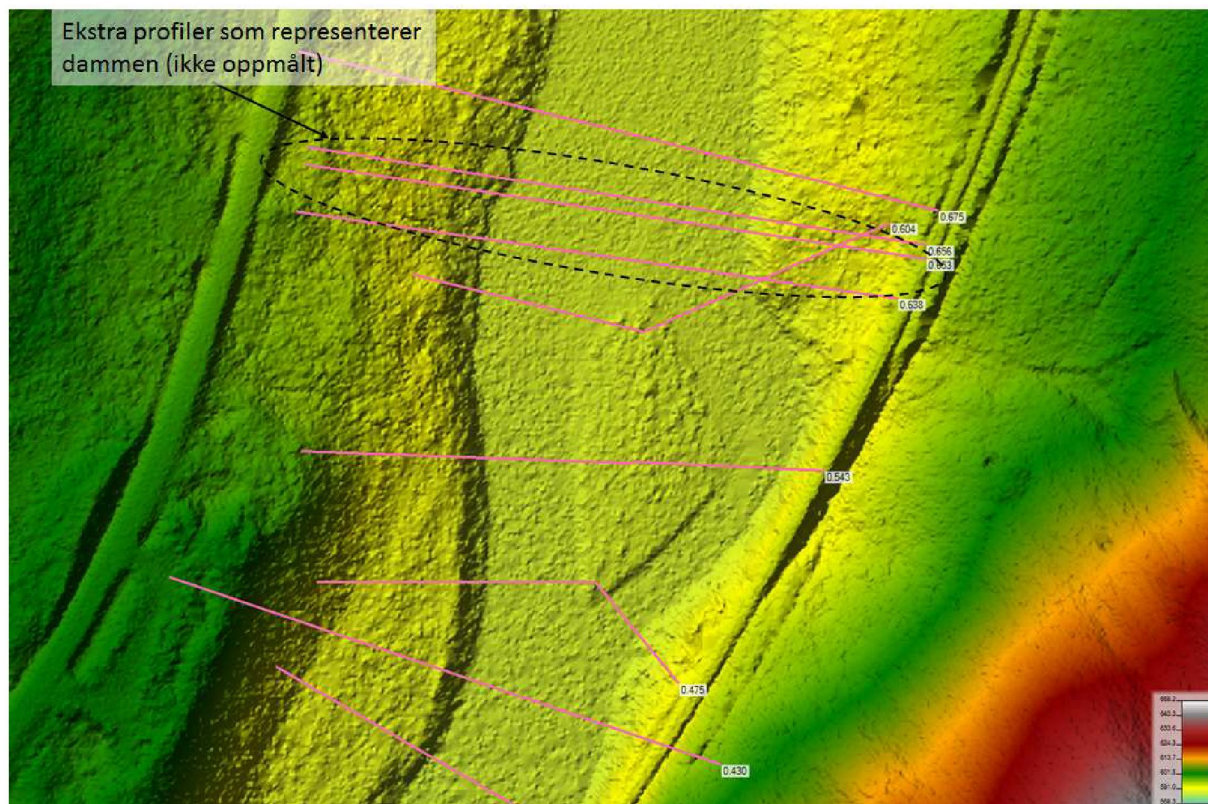
Tabell 2 Vannføring og vannstand ved målestasjon 2.269 og vannstand gitt av Hec-Ras modell.

Vannføring (m ³ /s)	Målt vannstand (moh.) NN1954	Vannstand beregnet med Hec-Ras (moh.) NN1954
65	587.80	587.69
80	587.96	587.88
104	588.20	588.13
138	588.40	588.43
247	589.18	589.20

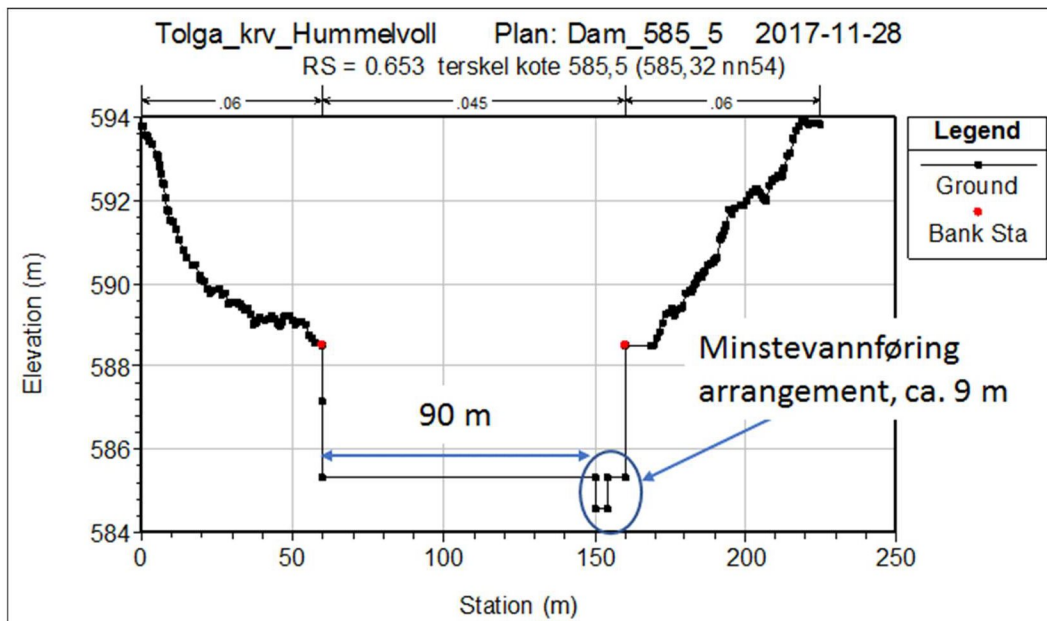
Den hydrauliske modellen gir brukbart samsvar med de målte vannstandene, men ruhet kan være litt høy på de store flommene. En følsomhetsanalyse med hensyn til ruhet er vist i kapittel 4.1.1.

3.2.4 Modellering av dammen

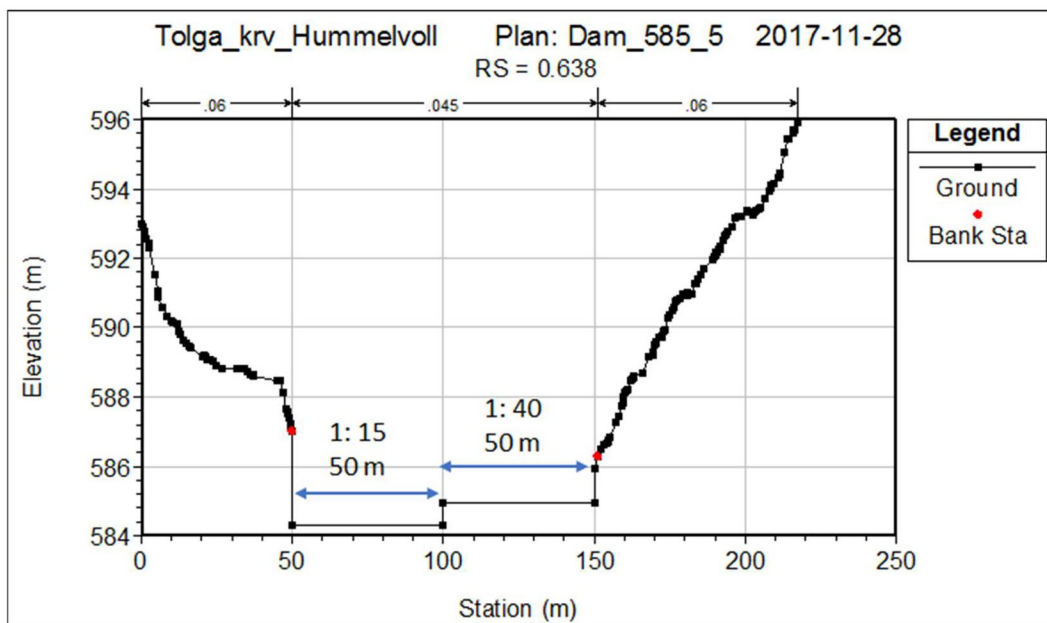
Dammen er modellert ved bruk av profiler. Det er lagt inn tre ekstra ikke oppmålte profiler, som vist i Figur 6: ett profil rett oppstrøms dammen (lik profilet som ligger oppstrøms), ett profil ved toppen av dammen og ett profil 15 m nedstrøms dammen (ved ca. ende av nedstrøms skråning av terskelen på venstre siden). Figur 7 og Figur 8 viser henholdsvis tverrprofil ved toppen av terskelen og i nedstrøms skråning.



Figur 6 Plassering av profiler ved damsted.



Figur 7 Tverrprofil ved toppen av dammen.



Figur 8 Tverrprofil ved nedstrøms skråning av dammen (15 m fra toppen)

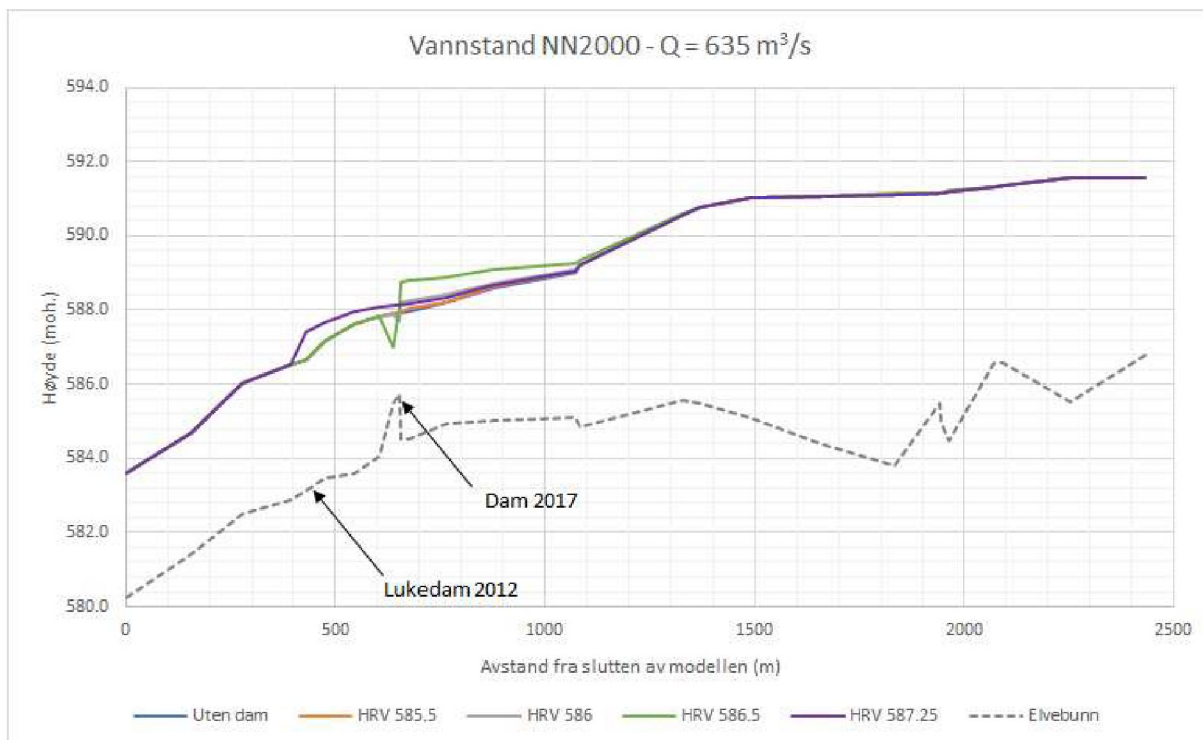
Lukedammen fra 2012 er modellert med denne Hec-Ras modellen ved å legge inn vannføringskurven ved lukedammen (som beregnet i 2012) som inngangsdata i profilet der lukedammen ligger (P 0,430). Det gjøres oppmerksom på at denne Hec-Ras modellen er ikke identisk med modellen fra 2012 og resultater vil ha noe differanse. Denne Hec-Ras modellen har flere profiler og det er brukt en høyere ruhet i elveløpet. Sammenlikning av resultater fra den tidligere og dagens modell presenteres i kapittel 4.1.2.

4 Resultater

Tabell 3 (Q₂₀₀) og Tabell 4 (Q₁₀₀₀) viser de beregnede vannstandene ved dagens situasjon – uten dam, dammene med forskjellige HRV og utforming av dammen som i 2012 (lukedam med HRV på 587,25 moh. i NN1954). De respektive lengdeprofilene er vist i Figur 9 og Figur 10. For begge situasjonene forutsettes at kraftverk står. I vedlegg 2 vises de beregnede vannstandene for 500-årsflom.

Tabell 3 Beregnet vannstand for Q = 635 m³/s, 200-årsflom.

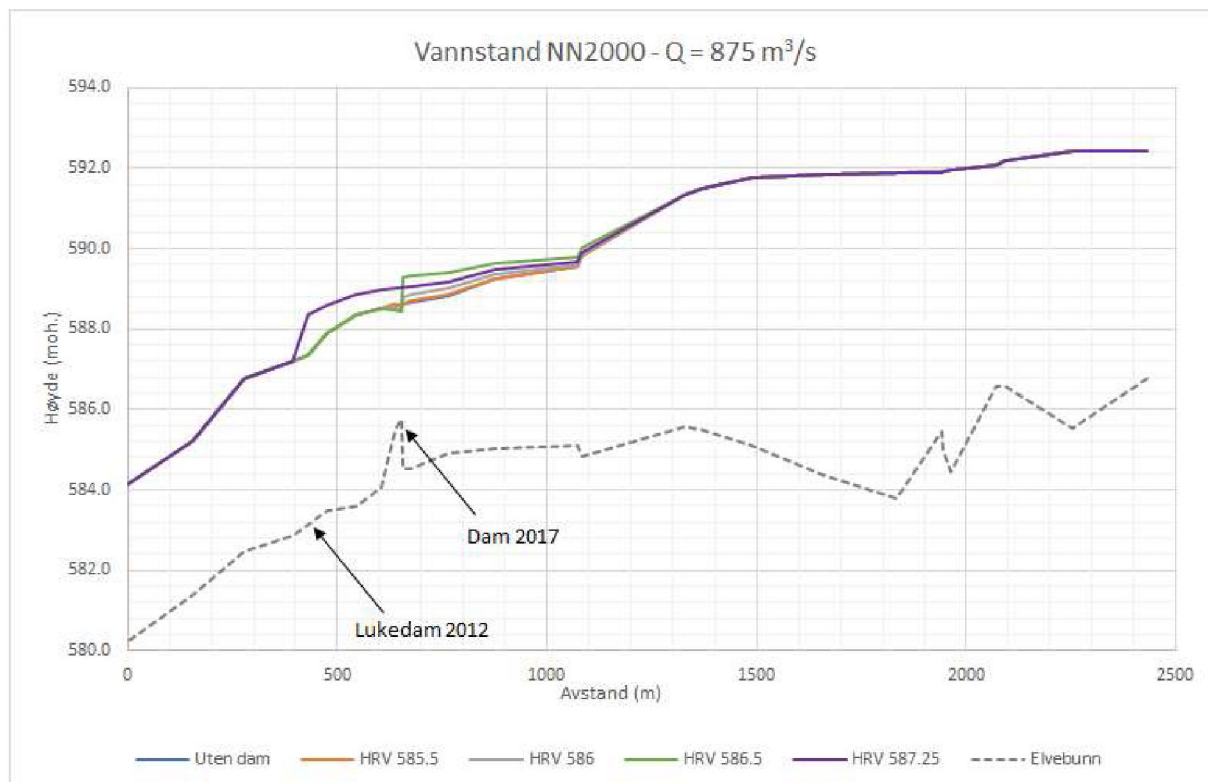
Q200 Q = 635 m ³ /s	Beskrivelse	Avstand fra slutten av modellen (m)	Vannstand (moh.) NN2000					Vannstandsending i forhold til situasjon uten dam (m)			
			Uten dam	Dam HRV 585.5	Dam HRV 586	Dam HRV 586.5	Lukedam HRV 587.25	Dam HRV 585.5	Dam HRV 586	Dam HRV 586.5	Lukedam HRV 587.25
2.431	Østre Hummelvoll	2431	591.6	591.6	591.6	591.6	591.6	0.00	0.00	0.00	0.00
2.252	Øy	2252	591.6	591.6	591.6	591.6	591.6	0.00	0.00	0.01	0.00
2.092	Opp. Hummelvoll bru	2092	591.4	591.4	591.4	591.4	591.4	0.00	0.00	0.00	0.00
2.072	Ned. Hummelvoll bru	2072	591.3	591.3	591.3	591.3	591.3	0.00	0.01	0.01	0.01
1.963	Ca. VM 2.269	1963	591.2	591.2	591.2	591.2	591.2	0.00	0.00	0.01	0.00
1.943	Ca. VM 2.269	1943	591.2	591.2	591.2	591.2	591.2	0.00	0.00	0.01	0.00
1.939	Ca. VM 2.269	1939	591.1	591.1	591.1	591.2	591.1	0.00	0.00	0.01	0.00
1.832		1832	591.1	591.1	591.1	591.1	591.1	0.00	0.00	0.01	0.00
1.658	Campingplass	1658	591.1	591.1	591.1	591.1	591.1	0.00	0.00	0.01	0.00
1.489		1489	591.0	591.0	591.0	591.0	591.0	0.00	0.00	0.01	0.00
1.370		1370	590.8	590.8	590.8	590.8	590.8	0.00	0.00	0.01	0.00
1.327		1327	590.6	590.6	590.6	590.6	590.6	0.00	0.00	0.02	0.00
1.083	Trangt parti	1083	589.2	589.2	589.2	589.4	589.2	0.00	0.03	0.16	0.02
1.071	Trangt parti	1071	589.0	589.0	589.1	589.3	589.1	0.01	0.05	0.24	0.03
0.874		874	588.6	588.6	588.7	589.1	588.7	0.02	0.13	0.49	0.10
0.763		763	588.2	588.2	588.4	588.9	588.4	0.03	0.21	0.69	0.16
0.675		675	588.0	588.0	588.2	588.8	588.2	0.05	0.27	0.83	0.21
0.656		656		588.0	588.2	588.8					
0.653	Dam	653		587.9	587.7	588.1					
0.638		638		587.9	587.9	587.0					
0.604	Øy	604	587.8	587.8	587.8	587.8	588.1	0.00	0.00	0.00	0.26
0.543	Øy	543	587.6	587.6	587.6	587.6	587.9	0.00	0.00	0.00	0.34
0.475	Øy	475	587.2	587.2	587.2	587.2	587.7	0.00	0.00	0.00	0.50
0.430	Lukedam fra 2012	430	586.7	586.7	586.7	586.7	587.4	0.00	0.00	0.00	0.77
0.394		394	586.5	586.5	586.5	586.5	586.5	0.00	0.00	0.00	0.00
0.277		277	586.0	586.0	586.0	586.0	586.0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.156		156	584.7	584.7	584.7	584.7	584.7	0.00	0.00	0.00	0.00
0.000		0	583.6	583.6	583.6	583.6	583.6	0.00	0.00	0.00	0.00



Figur 9 Lengdeprofil $Q = 635 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{200})

Tabell 4 Beregnet vannstand for $Q = 875 \text{ m}^3/\text{s}$, 1000-årsflom.

Beskrivelse	Avstand fra slutten av modellen (m)	Vannstand (moh.) NN2000					Vannstandsending i forhold til situasjon uten dam (m)			
		Uten dam	Dam HRV 585.5	Dam HRV 586	Dam HRV 586.5	Lukedam HRV 587.25	Dam HRV 585.5	Dam HRV 586	Dam HRV 586.5	Lukedam HRV 587.25
Østre Hummelvoll	2431	592.4	592.4	592.4	592.4	592.4	0.00	0.00	-0.01	-0.01
Øy	2252	592.4	592.4	592.4	592.4	592.4	0.00	0.00	-0.01	0.00
Opp. Hummelvoll bru	2092	592.2	592.2	592.2	592.2	592.2	0.00	0.00	-0.01	-0.01
Ned. Hummelvoll bru	2072	592.1	592.1	592.1	592.1	592.1	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca. VM 2.269	1963	592.0	592.0	592.0	592.0	592.0	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca. VM 2.269	1943	591.9	591.9	591.9	591.9	591.9	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca. VM 2.269	1939	591.9	591.9	591.9	591.9	591.9	0.00	0.00	-0.01	-0.01
	1832	591.9	591.9	591.9	591.9	591.9	0.00	-0.01	-0.01	-0.01
Campingplass	1658	591.8	591.8	591.8	591.8	591.8	0.00	0.00	0.00	0.00
	1489	591.8	591.8	591.8	591.8	591.8	0.00	0.00	-0.01	0.00
	1370	591.5	591.5	591.5	591.5	591.5	0.00	0.00	-0.01	0.00
	1327	591.3	591.3	591.3	591.3	591.3	0.00	0.00	0.00	0.00
Trangt parti	1083	589.8	589.8	589.9	590.0	589.9	0.00	0.02	0.19	0.07
Trangt parti	1071	589.6	589.6	589.6	589.8	589.7	0.01	0.05	0.25	0.12
	874	589.3	589.3	589.4	589.6	589.5	0.01	0.10	0.39	0.22
	763	588.8	588.9	589.0	589.4	589.2	0.03	0.16	0.57	0.34
	675	588.7	588.7	588.9	589.3	589.1	0.04	0.20	0.66	0.40
	656		588.6	588.8	589.3					
Dam	653		588.6	588.4	588.5					
	638		588.6	588.6	588.5					
Øy	604	588.5	588.5	588.5	588.5	589.0	0.00	0.00	0.00	0.46
Øy	543	588.4	588.4	588.4	588.4	588.9	0.00	0.00	0.00	0.52
Øy	475	587.9	587.9	587.9	587.9	588.6	0.00	0.00	0.00	0.70
Lukedam fra 2012	430	587.3	587.3	587.3	587.3	588.4	0.00	0.00	0.00	1.02
	394	587.2	587.2	587.2	587.2	587.2	0.00	0.00	0.00	0.00
	277	586.8	586.8	586.8	586.8	586.8	0.00	0.00	0.00	0.00
	156	585.2	585.2	585.2	585.2	585.2	0.00	0.00	0.00	0.00
	0	584.2	584.2	584.2	584.2	584.2	0.00	0.00	0.00	0.00



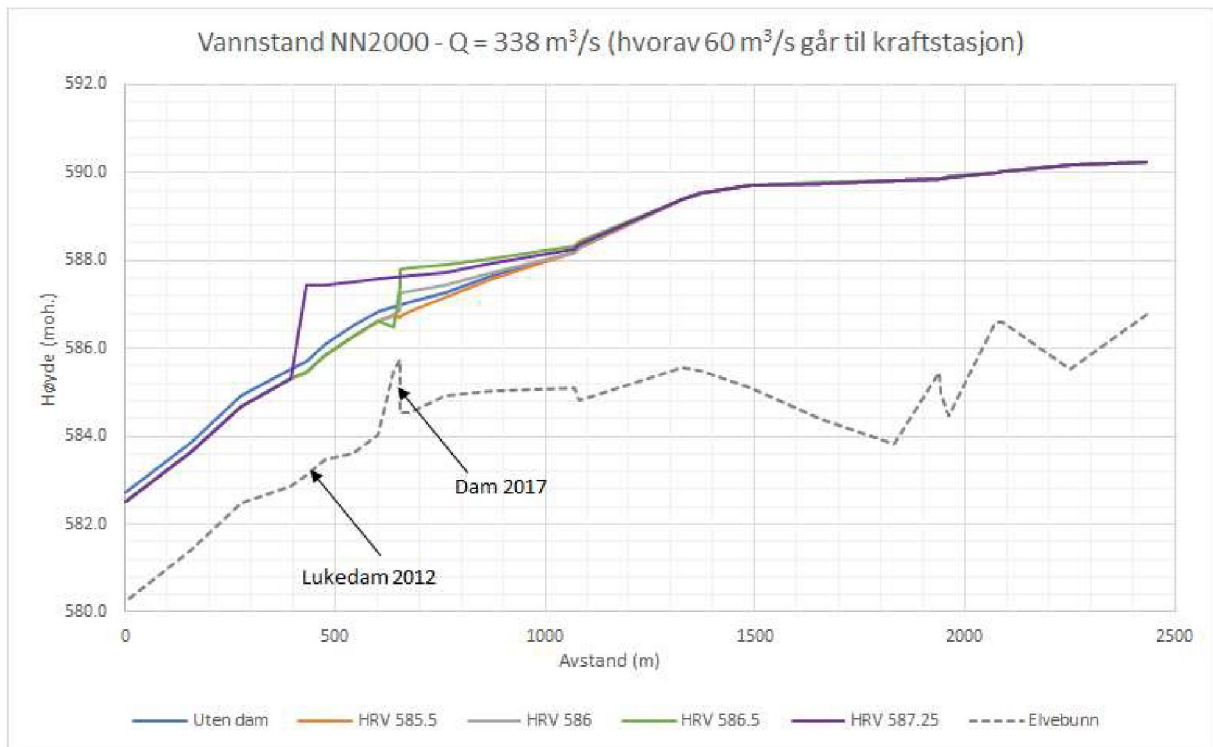
Figur 10 Lengdeprofil $Q = 875 \text{ m}^3/\text{s}$ (Q_{1000})

Det er også ønskelig å vurdere situasjonen ved hyppigere flommer og lave vannføringer. Tabell 5 og Figur 11 viser de forskjellige alternativene ved 5-årsflom. I dette tilfelle forutsettes at kraftverket er i drift, dvs. $60 \text{ m}^3/\text{s}$ er avledet til kraftstasjonen. Dette forklarer at vannstand reduseres i området nær kraftstasjonen for alternativet med en løsmasseterskel på HRV = 585,5 moh.

Middelvannføring i Glomma ved Hummelvoll er beregnet til $48 \text{ m}^3/\text{s}$. Tabell 6 og Figur 12 viser de forskjellige alternativene ved middelvannføring. Kraftverket forutsettes i drift og vannstand rett oppstrøms dammen er lik HRV.

Tabell 5 Beregnet vannstand for Q = 338 m³/s (hvorav 60 m³/s går til kraftstasjon), 5-årsflom.

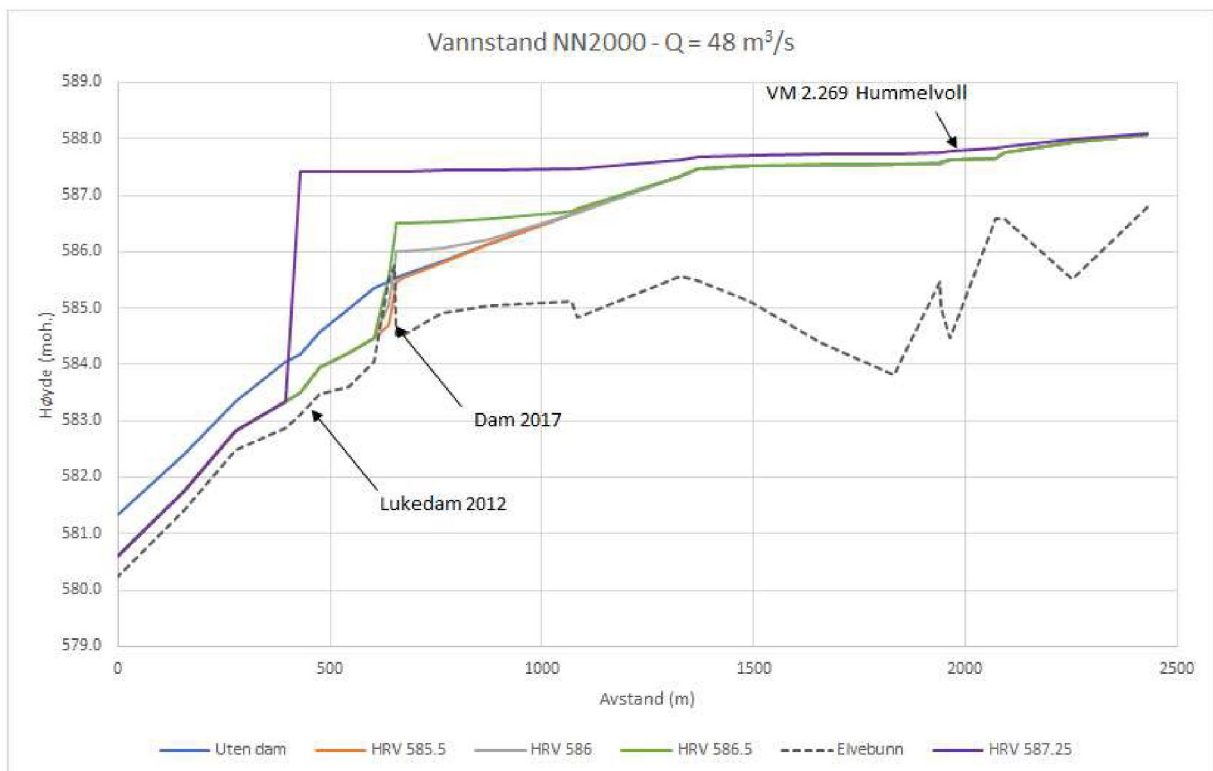
Q5 Q = 338 m ³ /s	Beskrivelse	Avstand fra slutten av modellen (m)	Vannstand (moh.) NN2000					Vannstandsending i forhold til situasjon uten dam (m)			
			Uten dam	Dam HRV 585.5	Dam HRV 586	Dam HRV 586.5	Lukedam HRV 587.25	Dam HRV 585.5	Dam HRV 586	Dam HRV 586.5	Lukedam HRV 587.25
2.431	Østre Hummelvoll	2431	590.2	590.2	590.2	590.2	590.2	0.00	0.00	0.00	0.00
2.252	Øy	2252	590.2	590.2	590.2	590.2	590.2	0.00	0.00	0.00	0.00
2.092	Opp. Hummelvoll bru	2092	590.0	590.0	590.0	590.0	590.0	0.00	0.00	0.00	0.00
2.072	Ned. Hummelvoll bru	2072	590.0	590.0	590.0	590.0	590.0	0.00	0.00	0.01	0.01
1.963	Ca. VM 2.269	1963	589.9	589.9	589.9	589.9	589.9	0.00	0.00	0.01	0.00
1.943	Ca. VM 2.269	1943	589.9	589.9	589.9	589.9	589.9	0.00	0.00	0.01	0.01
1.939	Ca. VM 2.269	1939	589.8	589.8	589.8	589.9	589.8	0.00	0.00	0.01	0.00
1.832		1832	589.8	589.8	589.8	589.8	589.8	0.00	0.00	0.01	0.01
1.658	Campingplass	1658	589.8	589.8	589.8	589.8	589.8	0.00	0.00	0.01	0.00
1.489		1489	589.7	589.7	589.7	589.7	589.7	0.00	0.00	0.01	0.01
1.370		1370	589.5	589.5	589.5	589.6	589.5	0.00	0.00	0.01	0.00
1.327		1327	589.4	589.4	589.4	589.4	589.4	0.00	0.00	0.01	0.00
1.083	Trangt parti	1083	588.3	588.3	588.3	588.4	588.4	-0.01	0.01	0.11	0.06
1.071	Trangt parti	1071	588.2	588.2	588.2	588.3	588.3	-0.01	0.01	0.14	0.08
0.874		874	587.7	587.6	587.7	588.1	587.9	-0.05	0.09	0.41	0.29
0.763		763	587.3	587.2	587.5	587.9	587.7	-0.11	0.18	0.63	0.47
0.675		675	587.1	586.9	587.3	587.8	587.7	-0.20	0.25	0.78	0.60
0.656		656		586.8	587.3	587.8					
0.653	Dam	653		586.7	586.9	587.4					
0.638		638		586.8	586.7	586.5					
0.604	Øy	604	586.8	586.6	586.6	586.6	587.6	-0.21	-0.21	-0.21	0.75
0.543	Øy	543	586.5	586.3	586.3	586.3	587.5	-0.25	-0.25	-0.25	1.00
0.475	Øy	475	586.1	585.9	585.9	585.9	587.5	-0.25	-0.25	-0.25	1.35
0.430	Lukedam fra 2012	430	585.7	585.5	585.5	585.5	587.4	-0.24	-0.24	-0.24	1.74
0.394		394	585.5	585.3	585.3	585.3	585.3	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23
0.277		277	584.9	584.7	584.7	584.7	584.7	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26
0.156		156	583.9	583.6	583.6	583.6	583.6	-0.21	-0.21	-0.21	-0.21
0.000		0	582.7	582.5	582.5	582.5	582.5	-0.22	-0.22	-0.22	-0.22



Figur 11 Lengdeprofil Q = 338 m³/s og kraftverket i drift (Q₅)

Tabell 6 Beregnet vannstand for $Q = 48 \text{ m}^3/\text{s}$ (hvorav ca. $44 \text{ m}^3/\text{s}$ går til kraftstasjon), middelvannføring.

Q = 48 m ³ /s	Beskrivelse	Avstand fra slutten av modellen (m)	Vannstand (moh.) NN2000					Vannstandsending i forhold til situasjon uten dam (m)			
			Uten dam	Dam HRV 585.5	Dam HRV 586	Dam HRV 586.5	Lukedam HRV 587.25	Dam HRV 585.5	Dam HRV 586	Dam HRV 586.5	Lukedam HRV 587.25
2.431	Østre Hummelvoll	2431	588.1	588.1	588.1	588.1	588.1	0.00	0.00	0.00	0.04
2.252	Øy	2252	587.9	587.9	587.9	587.9	588.0	0.00	0.00	0.00	0.07
2.092	Opp. Hummelvoll bru	2092	587.8	587.8	587.8	587.8	587.9	0.00	0.00	0.01	0.12
2.072	Ned. Hummelvoll bru	2072	587.7	587.7	587.7	587.7	587.8	0.00	0.00	0.01	0.18
1.963	Ca. VM 2.269	1963	587.6	587.6	587.6	587.6	587.8	0.00	0.00	0.00	0.17
1.943	Ca. VM 2.269	1943	587.6	587.6	587.6	587.6	587.8	0.00	0.00	0.01	0.18
1.939	Ca. VM 2.269	1939	587.6	587.6	587.6	587.6	587.8	0.00	0.00	0.01	0.19
1.832		1832	587.6	587.6	587.6	587.6	587.7	0.00	0.00	0.01	0.19
1.658	Campingplass	1658	587.5	587.5	587.5	587.5	587.7	0.00	0.00	0.01	0.19
1.489		1489	587.5	587.5	587.5	587.5	587.7	0.00	0.00	0.00	0.19
1.370		1370	587.5	587.5	587.5	587.5	587.7	0.00	0.00	0.00	0.22
1.327		1327	587.3	587.3	587.3	587.3	587.6	0.00	0.00	0.01	0.29
1.083	Trangt parti	1083	586.7	586.7	586.7	586.8	587.5	0.00	-0.02	0.04	0.74
1.071	Trangt parti	1071	586.7	586.7	586.7	586.7	587.5	0.00	-0.02	0.05	0.79
0.874		874	586.2	586.2	586.2	586.6	587.4	0.00	0.07	0.42	1.29
0.763		763	585.8	585.8	586.1	586.5	587.4	-0.01	0.24	0.70	1.62
0.675		675	585.6	585.6	586.0	586.5	587.4	-0.05	0.41	0.91	1.83
0.656		656		585.5	586.0	586.5					
0.653	Dam	653		585.2	585.7	586.2					
0.638		638		584.7	585.1	585.6					
0.604	Øy	604	585.4	584.5	584.5	584.5	587.4	-0.88	-0.88	-0.88	2.08
0.543	Øy	543	585.0	584.2	584.2	584.2	587.4	-0.77	-0.77	-0.77	2.45
0.475	Øy	475	584.6	583.9	583.9	583.9	587.4	-0.63	-0.63	-0.63	2.86
0.430	Lukedam fra 2012	430	584.2	583.5	583.5	583.5	587.4	-0.68	-0.68	-0.68	3.25
0.394		394	584.0	583.4	583.4	583.4	587.4	-0.69	-0.69	-0.69	-0.69
0.277		277	583.4	582.8	582.8	582.8	587.4	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53
0.156		156	582.4	581.8	581.8	581.8	587.4	-0.64	-0.64	-0.64	-0.64
0.000		0	581.3	580.6	580.6	580.6	587.4	-0.71	-0.71	-0.71	-0.71



Figur 12 Lengdeprofil $Q = 48 \text{ m}^3/\text{s}$ og kraftverket i drift (middel vannføring)

4.1 Følsomhetsanalyse

4.1.1 Friksjonsforhold

Det er utført en følsomhetsanalyse ved å endre Manningstall «n» i elveløpet med $\pm 0,05$. Dvs. fra 0,045 til 0,040 og 0,050 s/m^{1/3}. Analysen er utført for dammen med HRV = 586 moh. og ved en 200-årsflom (Q = 635 m³/s). En reduksjon av ruhet til n = 0,040 s/m^{1/3} medfører at vannstanden går ned med mellom 6 og 26 cm. En økning i ruhet til n = 0,050 s/m^{1/3} medfører at vannstanden går opp med mellom 8 og 22 cm. Vanligvis er friksjonen mindre når vannføring øker. Kalibrering av modellen (vist i Figur 5) er gjort med målt vannstand ved lav vannføring (55 m³/s). Målte vannstander ved målestasjon Hummelvoll viser forholdene bare på et sted i den analyserte strekningen og opp til ca. 250 m³/s. Bruk av ruhet n = 0,045 s/m^{1/3} vil trolig gi konservativ vannstand ved store flommer.

4.1.2 Tidligere og dagens modell

Den hydrauliske modellen brukt i analysen presentert i denne rapporten gir høyere vannstander enn modellen brukt i 2012. Ved 200-årsflom er differansen stort sett mellom 7 og 18 cm, unntatt ved profil 1,083 der differanse er 27 cm. Ved 275 m³/s er differansen mellom 2 og 13 cm. Det vurderes at vannstandsforskjellen mellom modellen brukt i 2012 og modellen brukt for analysen i denne rapporten forklares hovedsakelig av differansen i ruheten. Denne Hec-Ras modellen har flere profiler og det er brukt en høyere ruhet i elveløpet.

5 Konklusjoner

Generelt vil vannstandsøkningen ved flom (Q₅ – Q₁₀₀₀) slutte eller reduseres betraktelig ved et trangt parti ved profil 1,083-1,071.

En HRV på 586,5 moh. (NN2000) vil gi et økt flomnivå sammenliknet med den tidligere foreslåtte lukedammen.

Ved store flommer og HRV på 586,0 moh. (NN2000) er vannstandstigning oppstrøms terskelen omtrent lik som med lukedammen. Unntatt er at ved 200-årsflom er det en ca. 400 m lang strekning som får en økt vannstandstigning på mellom 2 og 6 cm i forhold til lukedammen. Campingplassen ligger ovenfor denne strekningen. For mindre flommer er vannstandstigning mindre enn med lukedammen. Siden terskelen ligger ca. 140 m oppstrøms den tidligere plasseringen, er strekningen som får økt vannstandstigning kortere.

HRV på 585,5 moh. (NN2000) medfører svært liten vannstandstigning.

Løsmasseterskel opp til kote 586,0 (NN2000) vil resultere i vannstandstigninger som er i størrelsesorden lik eller mindre enn for lukedammen. Strekningen som vil være påvirket er kortere.

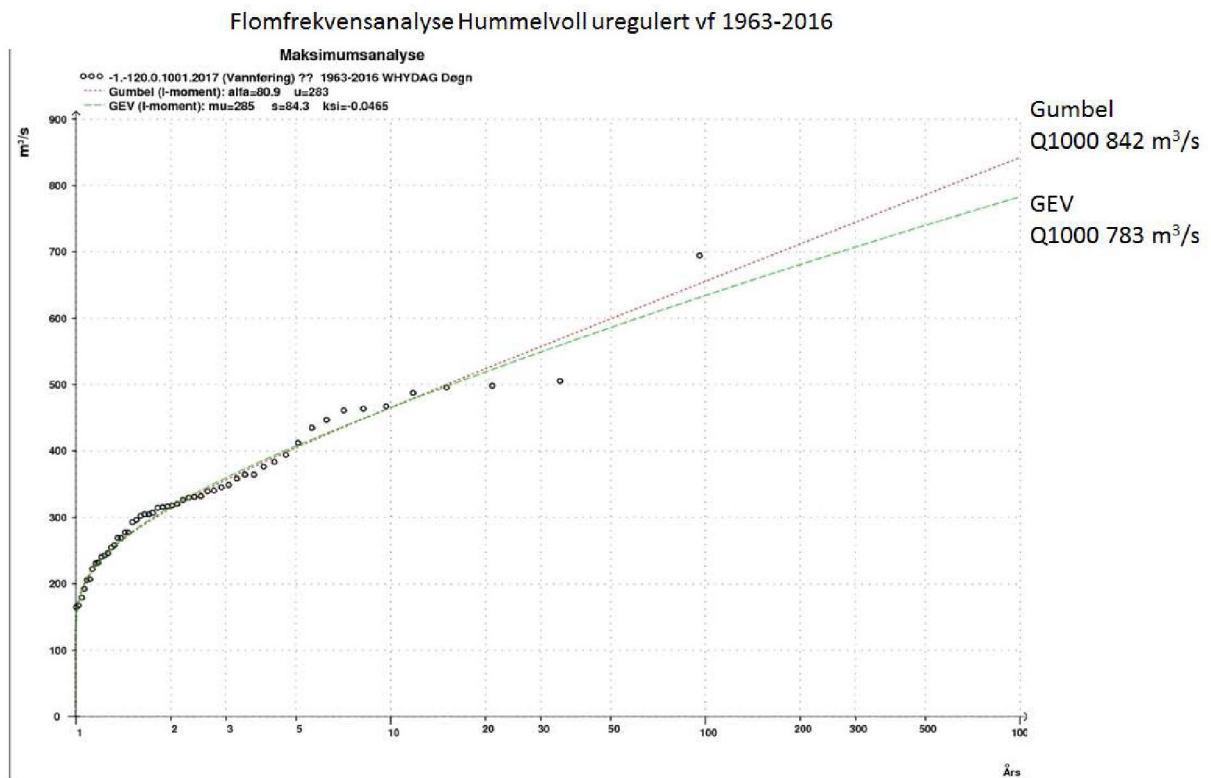
Ved ca. profil 1,943 – 1,963 ligger målestasjonen 2.269 Hummelvoll. Den foreslåtte damplasseringen og høyder på dammen vil medføre en mindre påvirkning av vannstander ved målestasjonen sammenliknet med den tidligere foreslåtte lukedammen. Dette kan sees i lengdeprofilen ved middel vannføring (48 m³/s) vist i Figur 12.

6 Referanser

- 1.- Norconsult AS, 2012. Glommavassdraget – vannlinjeberegning for Tolga kraftverk. Oppdragsnummer 5102873.
- 2.- NVE, 2011. Retningslinjer for flomberegninger
- 3.- US Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineer Center, 2016. HEC-RAS River Analysis System.
- 4.- USGS, 1967. Roughness Characteristics of Natural Channels.

Vedlegg

1 Frekvensplott VM 2.269 Hummelvoll



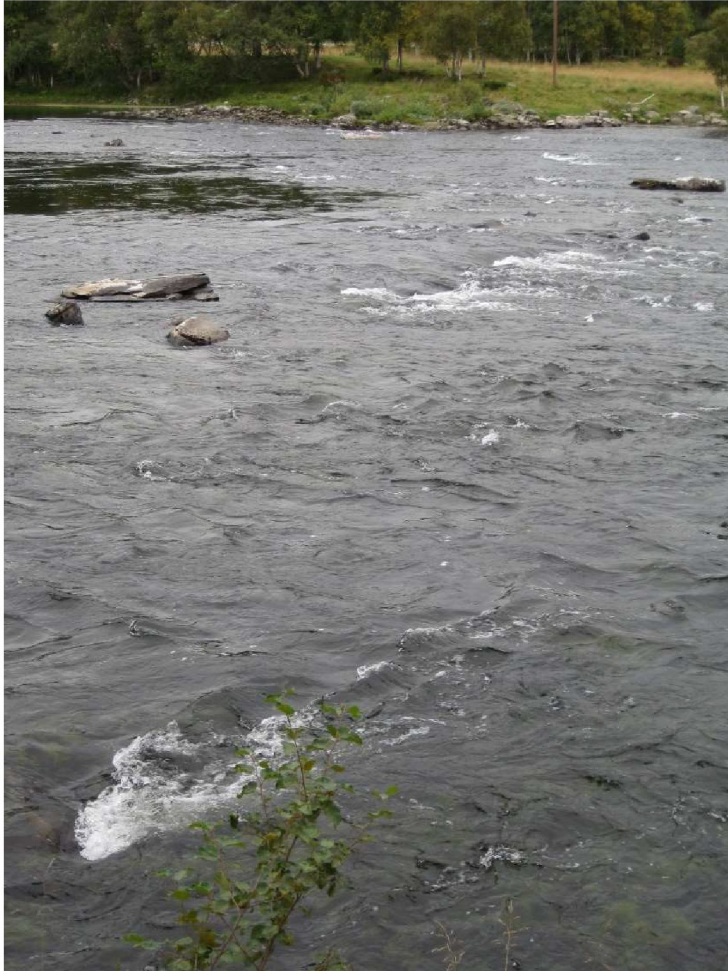
Figur 13 Flomfrekvensanalyse VM 2.269 Hummelvoll (utført av GLB)

2 Beregnede vannstander ved Q500

Tabell 7 Beregnet vannstand for Q = 819 m³/s, 500-årsflom.

Q500 Q = 819 m ³ /s Profil	Beskrivelse	Avstand fra slutten av modellen (m)	Vannstand (moh.) NN2000				Vannstandsending i forhold til situasjon uten dam (m)				
			Uten dam	Dam HRV 585.5	Dam HRV 586	Dam HRV 586.5	Lukedam HRV 587.25	Dam HRV 585.5	Dam HRV 586	Dam HRV 586.5	Lukedam HRV 587.25
2.431	Østre Hummelvoll	2431	592.3	592.3	592.3	592.3	592.3	0.00	0.00	-0.01	0.00
2.252	Øy	2252	592.3	592.3	592.3	592.2	592.2	0.00	0.00	-0.01	-0.01
2.092	Opp. Hummelvoll bru	2092	592.0	592.0	592.0	592.0	592.0	0.00	0.00	-0.01	0.00
2.072	Ned. Hummelvoll bru	2072	591.9	591.9	591.9	591.9	591.9	0.00	0.00	-0.01	-0.01
1.963	Ca. VM 2.269	1963	591.8	591.8	591.8	591.8	591.8	0.00	0.00	-0.01	-0.01
1.943	Ca. VM 2.269	1943	591.8	591.8	591.8	591.8	591.8	0.00	-0.01	-0.01	-0.01
1.939	Ca. VM 2.269	1939	591.8	591.8	591.8	591.8	591.8	0.00	-0.01	-0.01	-0.01
1.832		1832	591.7	591.7	591.7	591.7	591.7	0.00	0.00	0.00	0.00
1.658	Campingplass	1658	591.7	591.7	591.7	591.7	591.7	0.00	0.00	-0.01	0.00
1.489		1489	591.6	591.6	591.6	591.6	591.6	0.00	0.00	-0.01	0.00
1.370		1370	591.4	591.4	591.4	591.4	591.4	0.00	0.00	-0.01	0.00
1.327		1327	591.2	591.2	591.2	591.2	591.2	0.00	0.00	-0.01	-0.01
1.083	Trangt parti	1083	589.7	589.7	589.7	589.8	589.7	0.00	0.01	0.17	0.04
1.071	Trangt parti	1071	589.4	589.4	589.5	589.7	589.5	0.01	0.05	0.25	0.09
0.874		874	589.1	589.1	589.2	589.5	589.3	0.02	0.10	0.42	0.18
0.763		763	588.7	588.7	588.9	589.3	589.0	0.03	0.17	0.60	0.28
0.675		675	588.5	588.5	588.7	589.2	588.8	0.04	0.21	0.71	0.35
0.656		656		588.5	588.7	589.2					
0.653	Dam	653		588.4	588.3	588.4					
0.638		638		588.5	588.4	588.3					
0.604	Øy	604	588.4	588.4	588.4	588.4	588.8	0.00	0.00	0.00	0.39
0.543	Øy	543	588.2	588.2	588.2	588.2	588.7	0.00	0.00	0.00	0.46
0.475	Øy	475	587.7	587.7	587.7	587.7	588.4	0.00	0.00	0.00	0.63
0.430	Lukedam fra 2012	430	587.2	587.2	587.2	587.2	588.1	0.00	0.00	0.00	0.94
0.394		394	587.1	587.1	587.1	587.1	587.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.277		277	586.6	586.6	586.6	586.6	586.6	0.00	0.00	0.00	0.00
0.156		156	585.1	585.1	585.1	585.1	585.1	0.00	0.00	0.00	0.00
0.000		0	584.0	584.0	584.0	584.0	584.0	0.00	0.00	0.00	0.00

3 Bilder av elva



Figur 14 Glomma ved profil 2.431



Figur 15 Glomma ved profil 2.452



Figur 16 Glomma ved profil 1.939



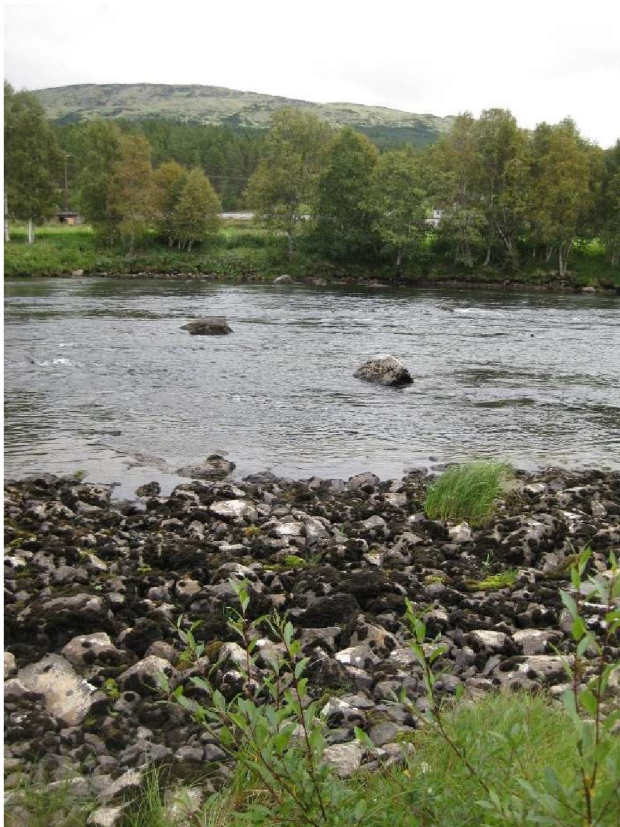
Figur 17 Glomma ved profil 1.832



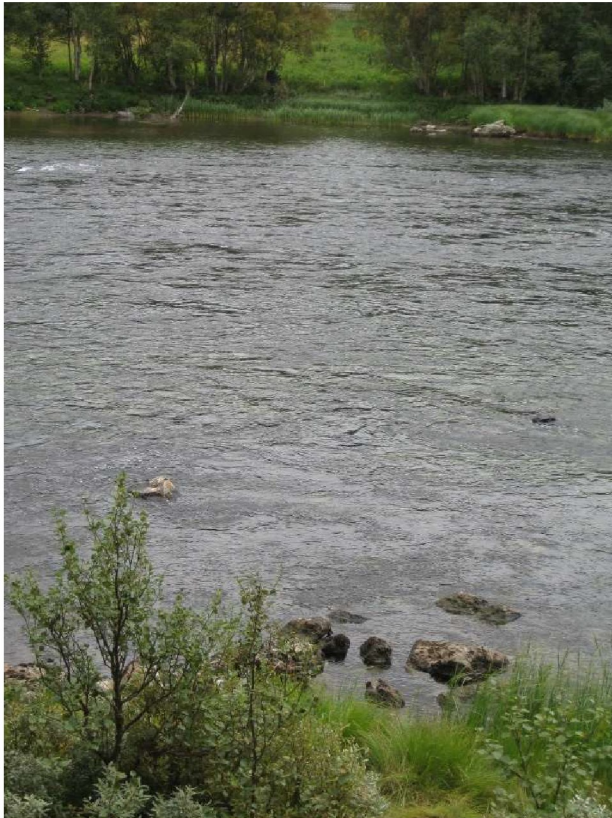
Figur 18 Glomma ved profil 1.658 (Campingplass)



Figur 19 Glomma ved profil 1.489



Figur 20 Glomma ved profil 1.370



Figur 21 Glomma ved profil 0.874



Figur 22 Glomma ved profil 0.543



Figur 23 Glomma ved profil 0.430

TEGNFORKLARING

Normalvannstand

Bolig

Andre bygg

Jernbane

Tverrsnitt

Veg

Kraftledning

0 100 200 400 Meter

Skala 1:6 000

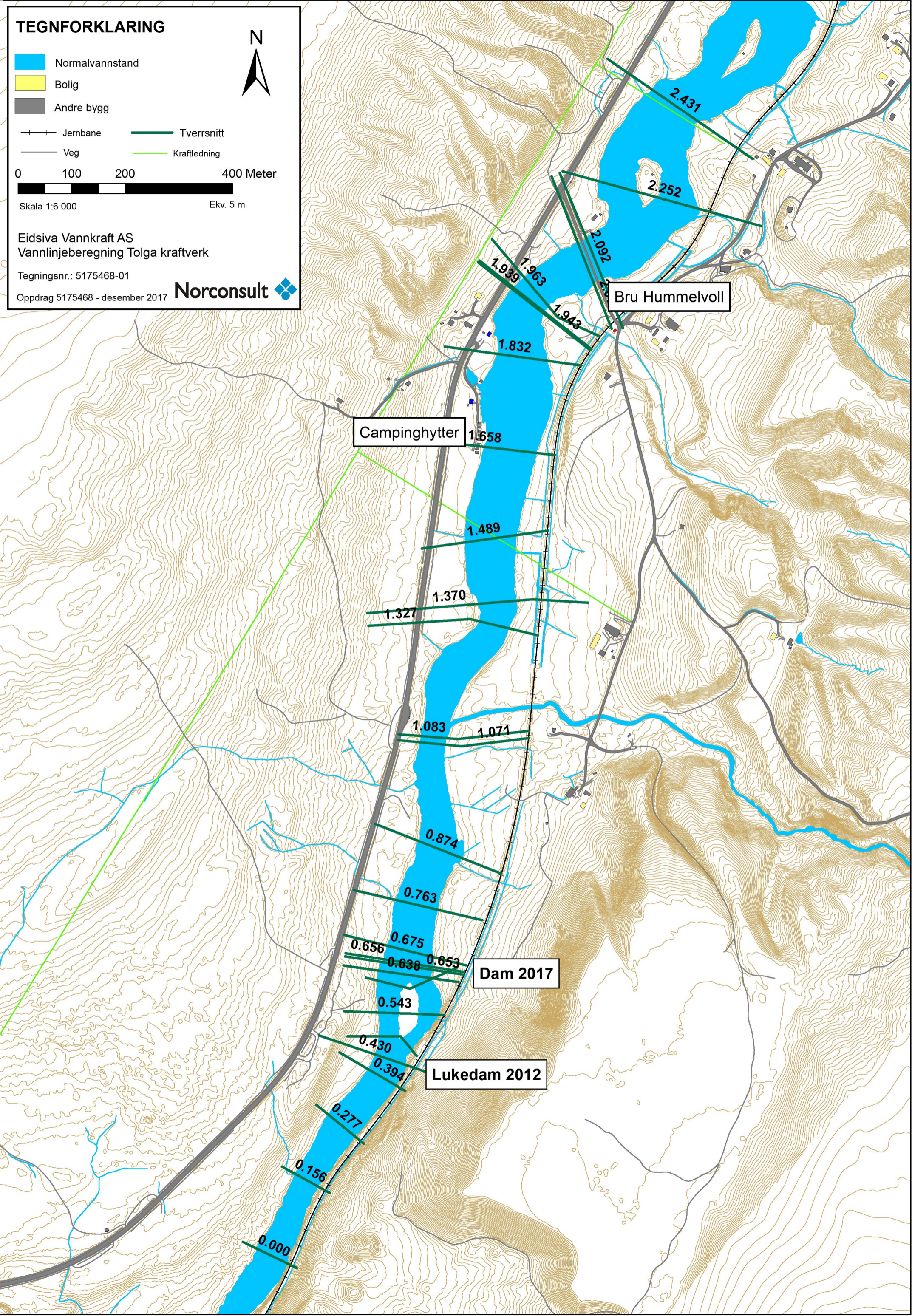
Ekv. 5 m

Eidsiva Vannkraft AS
Vannlinjeberegning Tolga kraftverk

Tegningsnr.: 5175468-01

Oppdrag 5175468 - desember 2017

Norconsult



Bru Hummelvoll

Campinghytter

Dam 2017

Lukedam 2012

2.431

2.252

2.092

1.939

1.963

1.943

1.832

1.489

1.370

1.327

1.083

1.071

0.874

0.763

0.675

0.656

0.638

0.653

0.543

0.430

0.394

0.277

0.156

0.000