

Stiftelsen Norsk Skogfinsk Museum

## ► Flomvurdering for Norsk Skogfinsk Museum ved Rotna

Oppdragsnr.: 52205977 Dokumentnr.: - Versjon: D01 Dato: 2022-09-01





**Oppdragsgiver:** Stiftelsen Norsk Skogfinsk Museum  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Uno Sætheråsen  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Kjørboveien 22, NO-1337 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Sigrid Alexandersen  
**Fagansvarlig:** Jon Olav Stranden  
**Andre nøkkelpersoner:** Gunnar Fiskum

D01	2022-09-01	Til godkjenning hos oppdragsgiver	Sigrid Alexandersen	Jon Olav Stranden, Gunnar Fiskum	Sigrid Alexandersen
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. 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.

## ► Sammendrag

Norconsult har på oppdrag fra Stiftelsen Norsk skogfinsk museum utført en flomkartlegging for Rotna forbi Svullrya. Det planlegges å bygge et nytt museum på østsiden av elva som et supplement til eksisterende museum på vestsiden siden av elva. Tomten hvor nytt museum planlegges er berørt av NVEs aktsomhetssone for flom og en mer detaljert flomfarevurdering er nødvendig for å avklare flomfare i henhold til krav i TEK17.

Vannføring i Rotna ved 200-års gjentaksintervall er beregnet til 73,5 m<sup>3</sup>/s. Beregninger er gjort med flere ulike beregningsmetoder hvor målte vannføringer fra nærliggende stasjoner er vektlagt ved valg av flomvannføring.

Laveste gulvnivå er planlagt på kote +252. Langs tomta er beregnet vannstand ved 200-årsflom på kote 249,75-249,65, lavere enn planlagt gulvhøyde. Flomsonen som er markert på resultatkartene viser imidlertid at nytt museumsbygg blir berørt av flomsonen. Det skyldes at utførte beregninger legger til grunn eksisterende terreng og ikke er representativ for fremtidig situasjon.

Norconsult vurderer at sikker byggehøyde på museumstomta blir 250 moh. og har inkludert en vertikal sikkerhetsmargin for å fastsette dette nivået. Museet bør bygges uten kjeller.

Utførte beregninger med eksisterende terreng og planlagt plassering av nytt museum krever at det gjøres terrenginngrep. Disse terrenginngrepene kan påvirke elvetverrsnittet og potensielt føre til høyere vannstand i elva. Norconsult vurderer likevel at mindre tilpasninger i liten grad vil påvirke flommene så lenge brutverrsnittene på nedstrøms side forblir styrende på oppstrøms vannstand. Hvis terrenginngrepene blir omfattende og det planlegges store endringer mellom nytt museum og Rotna bør det gjennomføres en ny vannlinjesimulering med nytt terreng.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
1.1	Beskrivelse av oppdraget	6
1.2	Feltbeskrivelse	8
<b>2</b>	<b>Beregning av dimensjonerende flom</b>	<b>10</b>
2.1	Målestasjoner	10
2.2	Sesongvariasjon	11
2.3	Frekvensanalyse	12
2.4	Regionale flomformler	13
2.5	Regresjonsanalyse	13
2.6	Valg av døgnmiddelflom	14
2.7	Kulminasjonsfaktor	16
2.8	Endelig flomstørrelse (kulminasjonsflom)	17
<b>3</b>	<b>Hydraulisk vannlinjemodell</b>	<b>18</b>
3.1	Beregningsmodell og datakvalitet	18
3.2	Grensebetingelser og friksjonsforhold	19
3.3	Infrastruktur	19
<b>4</b>	<b>Resultater</b>	<b>21</b>
4.1	Konklusjon	21
4.2	Usikkerhet og sensitivitet	22
<b>5</b>	<b>Referanser</b>	<b>24</b>
<b>6</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>25</b>
	Vedlegg 1 - Flomsonekart	25

# 1 Innledning

## 1.1 Beskrivelse av oppdraget

Norconsult har på oppdrag fra Stiftelsen Norsk skogfinsk museum utført en flomkartlegging for Rotna forbi Svullrya. Det planlegges å bygge et nytt museum på østsiden av elva som et supplement til eksisterende museum på vestsiden siden av elva. Tomten hvor nytt museum planlegges er berørt av NVEs aktsomhetssone for flom og det er nødvendig å utføre en mer detaljert flomfarevurdering for avklaring av flomfare i henhold til krav i TEK17. Det vurderes at planlagt museum faller inn under sikkerhetsklasse F2 og skal sikres mot flom med 200-års gjentaksintervall.

Denne rapporten avklarer følgende:

- Flomfare for nytt museum
- Sikker byggehøyde
- Eventuelle tiltak, utredninger eller innspill for å avklare flomfare

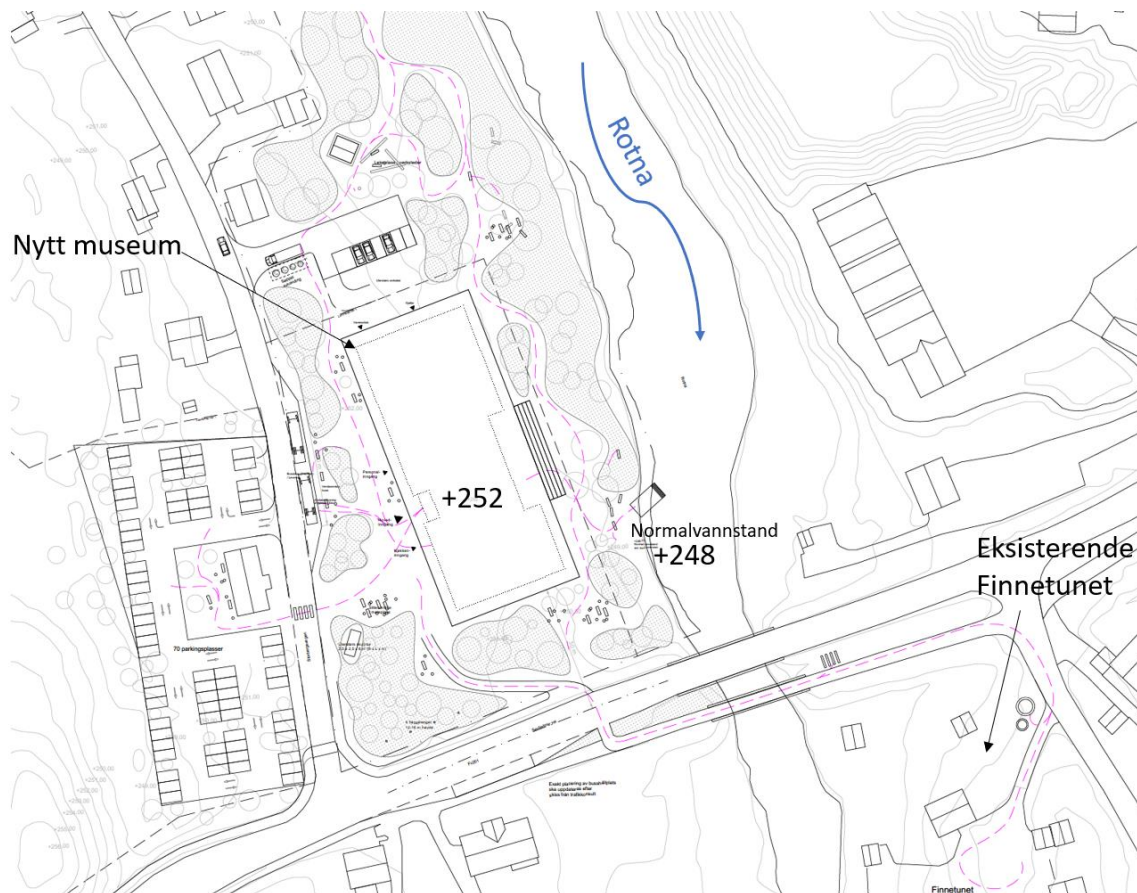
Figur 1-1 viser elva forbi museumstomten fra nedstrøms side. Figur 1-2 og Figur 1-3 viser tomt og foreløpig situasjonsplan. Foreløpig gulvhøyde er på kote +252 og notert normalvannstand på kote +248.



Figur 1-1 Rotna forbi tomten (fra nedstrøms side)..



Figur 1-2 Tomt (google maps)



Figur 1-3 FORELØPIG situasjonsplan for nytt Norsk Skogfinsk museum.

## 1.2 Feltbeskrivelse

Svullrya ligger i Grue kommune i Innlandet. Rotnavassdraget, som ble vernet mot kraftutbygging i 1993, renner ut fra Kverntjernet i underkant av 20 km oppstrøms Svullrya. Etter Svullrya har Rotna en total lengde på 90 km før vassdraget munner ut ved Fyken i Sverige. Vassdragsvernet gir Rotna et naturlig flomregime uten betydelig demping. Dette på tross av at det ligger mindre damkonstruksjoner på opp- og nedstrøms side av Svullrya. De to nærmeste dammene er vist i Figur 1-4. Kverndammen ligger like oppstrøms museumstomten med har et naturlig overløp. I en flomsituasjon vil ikke magasinet bidra til særlig demping. Helgedammen ligger et stykke nedstrøms Svullrya og kan regulere vannstanden i Helgen.



Figur 1-4 Rotnavassdraget forbi Svullrya med damkonstruksjoner.

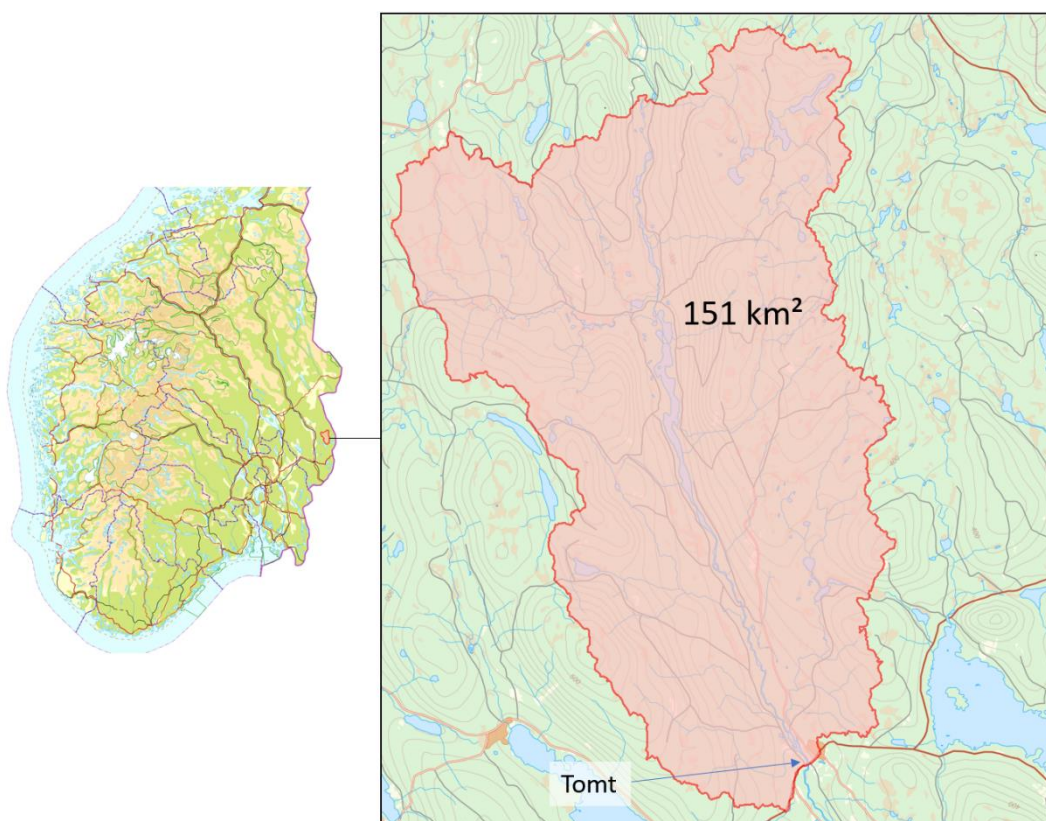


Feltet til Rotna ved Svullrya er på 151 km<sup>2</sup>, se Figur 1-5. Tabell 1-1 viser nøkkelparameterne til nedbørfeltet. Det er et stort nedbørfelt med mye skog og relativt liten høydeforskjell. Nevina beregner et normalt årstilsig på 11 l/s/km<sup>2</sup>. Sammenlignet med nærliggende målinger er Nevina-verdien lav, og årstilsiget er derfor oppjustert til 14 l/s/km<sup>2</sup>.

Tabell 1-1 Nedbørfeltparametere for Rotna ved Svullrya.

Felt	Areal (km <sup>2</sup> )	Eff. Innsjø%	Skog%	Høydefordeling Min-med-max (moh.)	Normalavrenning* (l/s/km <sup>2</sup> )
Rotna v/ Svullrya	151	0,54	89	252-378-583	14

\* Korrigert, se Tabell 2-1



Figur 1-5 Nedbørfelt til Rotna ved Svullrya.

## 2 Beregning av dimensjonerende flom

Beregning av 200-års flomvannføring er i denne analysen gjort med følgende metodikk:

- Flomfrekvensanalyse
- NVEs formelverk (RFFA\_2018) [1]
- Regionale flomformler [2]
- Regresjonsanalyse

### 2.1 Målestasjoner

Utvalgte vannmerker/målestasjoner sentralt på Østlandet er benyttet i en regional flomanalyse. Det er også valgt å benytte to vannmerker i Sverige hvor målinger er gjort av SMHI. En oversikt over stasjonene er gitt i Tabell 2-1. Målestasjonene er valgt ut fra geografisk beliggenhet og er typiske innlandsfelt hvor flere geografiske forhold er relativt like som Rotnavassdraget. Et oversiktskart med plasseringen til vannmerkene benyttet i flomberegningen er presentert i Figur 2-1.

Det er valgt å legge til grunn et årsmiddeltilsig på 14 l/s/km<sup>2</sup>. Dette er det samme som målinger fra 2.142 Knappom, 312.1 Rotna bru og 2.464 Svartelva.



Figur 2-1 Målestasjoner benyttet i frekvensanalysen.

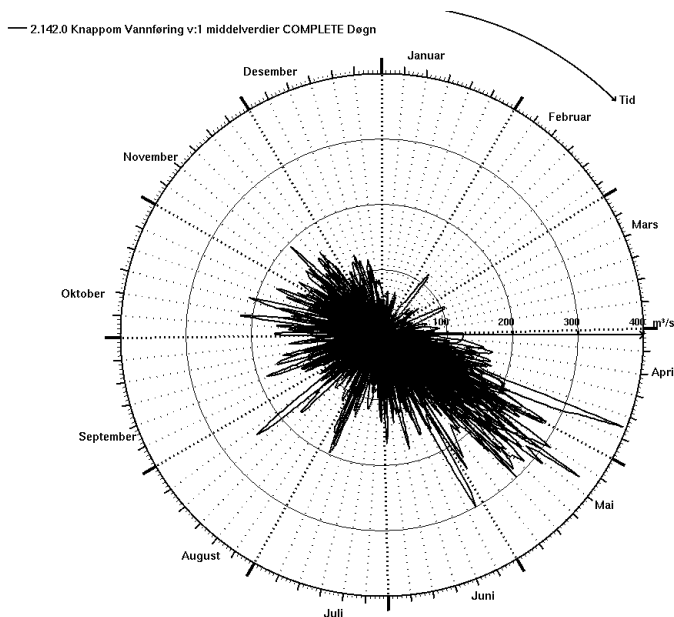
Tabell 2-1 Feltparametre for nærliggende målestasjoner.

Nr.	Navn	Areal	H <sub>med</sub> (moh)	A <sub>SE</sub> (%)	Q <sub>n</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Periode
312.1	Rotna bru	180,5	364	0,67	14	1912-1932
2.142	Knappom	1643	412	0,09	14	1917-2021
2.288	Harasjøen	53,4	342	3,42	17	1967-2000
2.464	Svartelva	458	299	0,19	14	1987-2021
2.616	Kuggerud	48	375	0,14	16	1987-2021
2.474	Skasåa	257	303	2,86	12	1991-1999
313.9	Magnor	359	240	0,34	15	1912-2021
313.8	Holmen bru	375	307	4,71	15	1912-2021
313.4	Bolfoss bru	266,7	294	3,21	15	1912-1984
2.280	Kringlerdal	265,6	519	1,09	21	1967-2021
2.331	Kauserud	92,3	177	0,00	12	1972-2020
2.279	Kråkfoss	435	443	0,42	20	1967-2021
1882	Lisjöbäcken	40,1		3,6	10	
2309	Grea	309		1,0	16	
	<b>Svullrya</b>	<b>151</b>	<b>379</b>	<b>0,55</b>	<b>14*</b>	

## 2.2 Sesongvariasjon

Vannmerke 2.142 ved Knappom og vannmerket ved Grea er de målestasjonene som ligger nærmest Rotnavassdraget og samtidig har en lang måleserie. Nedbørfeltet til Knappom er betydelig større enn for Rotna, men flomforholdene er forventet å være sammenlignbare. Årspolarplott fra vannmerket (Se bilag 3) viser at det forekommer store flommer både på høsten og på våren, men at de største av disse opptrer som smelteflommer på våren. Det forekommer også flommer i sommerhalvåret, men disse er mindre. Grea viser samme tendens. Flommer forekommer store deler av året, men ekstremverdiene kommer, med noen unntak, som smelteflommer på våren. Vintersesongen er nesten uten flommer.

I Norconsults tidligere flomberegning gjort i 2019 [3], ble det gjort en sammenligning av sesongverdier (vår, høst og år) fra utvalgte målestasjoner beregnet med frekvensanalysen. Gjennomsnittlig er årslommene 15% større enn vårlommene og 19% større enn høstlommene. Videre i flomberegninger er derfor årslommer vurdert.



Figur 2-2 Årspolarplott for 2.142 Knappom

### 2.3 Frekvensanalyse

Det er foretatt flomfrekvensanalyse på flere felter på Østlandet, se resultater i Tabell 2-2. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremver dianalyse, DAGUT, ved bruk av GEV- og Gumbelfordelig. Det er benyttet data fra 1912-2021. De to svenske vannmerkene er tilpasset en gumbel-fordeling i excel.

Vannmerket 312.1 Rotna bru, ligger i Rotnavassdraget ca. 10 km nedstrøms Svullrya. Stasjonen har målinger fra 1912-1932. Vannføringskurven har dårlig kvalitet (maks obs/ maks målt = 30%) og estimer for 200-års gjentaksintervall kan derfor ikke vektlegges for mye. Høyeste målte flom (29.04.1916) er på 357 l/s/km<sup>2</sup>.

Tabell 2-2 Frekvensanalyse på nærliggende målestasjoner.

Nr.	Navn	Areal (km <sup>2</sup> )	Q <sub>M</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>200</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Q <sub>200</sub> /Q <sub>M</sub>	Fordeling
312.1	Rotna bru	180	136	-	-	Gumbel
2.142	Knappom	1643	105	246	2,33	GEV
2.288	Harasjøen	53	149	399	2,68	GEV
2.464	Svartelva	458	125	320	2,56	Gumbel
2.616	Kuggerud	48	117	245	2,08	Gumbel
2.474	Skasåa	257	68	160	2,36	Gumbel
313.9	Magnor	359	96	287	2,99	GEV
313.8	Holmen bru	375	58	172	2,95	GEV
313.4	Bolfoss bru	267	87	218	2,49	Gumbel
2.280	Kringlerdal	266	176	373	2,11	Gumbel
2.331	Kauserud	92	144	646	4,47	GEV
2.279	Kråkfoss	435	159	366	2,31	GEV
1882	Lisjöbäcken	40	57	180	3,13	Gumbel
2309	Grea	309	97	278	2,87	Gumbel
<b>Middel</b>		<b>344</b>	<b>114</b>	<b>299</b>	<b>2,73</b>	

## 2.4 Regionale flomformler

NVE har utviklet et formelverk (RFFA\_2018) for flomstørrelser i mellomstore og store felt [1]. Verdiene er beregnet i Nevina og gir en 200-års døgnflom for Rotna ved Svullrya på 338 l/s/km<sup>2</sup>. For Knappom og Svartelva er flommen beregnet til 234 og 279 l/s/km<sup>2</sup>, som er i gjennomsnitt 95% og 87% av FFA.

Oppskaleringsfaktor fra RFFA er beregnet i forhold til medianflom. For å finne forskjellen på middelflom og medianflom er det benyttet Flom-analyse i NVEs dataprogram Hydra II. Analysene gir en oppskaleringsfaktor  $Q_{200}/Q_M$  (middelflom) på 2,6 ved vannmerket 312.1 Rotna bru. Dette er det samme som analysene i Nevina gir for medianflom, og 2,6 er lagt til grunn som oppskaleringsfaktor.

Det er også gjort beregning av døgnverdier med regionale flomformler gitt i NVEs retningslinjer for flomberegninger [2]. Det er valgt å benytte ligning 3 fra høstregime, da det ikke er anbefalt å bruke vårformler for lavtliggende felt med liten andel fjell. Ligningen som gir 200-års flom på 200 l/s/km<sup>2</sup>. Oppskaleringsfaktor på 3,4 er hentet fra de gamle retningslinjene. Flomformlene viser i gjennomsnitt 70% av verdiene fra FFA og underestimerer for samtlige felt i området. Dersom verdien fra formelverket oppskales tilsvarende som de fire feltene i Tabell 2-3, gir det en døgnflom på 265-335 l/s/km<sup>2</sup>. Datagrunnlaget for formelene begynner å bli veldig gamle og det er kjent at disse underestimerer. Verdiene er derfor ikke vektlagt.

Tabell 2-3 flomformler gitt i NVEs retningslinjer for flomberegninger [2]

Nr.	Navn	Areal km <sup>2</sup>	$Q_M$ (l/s/km <sup>2</sup> )	$Q_{200}$ (l/s/km <sup>2</sup> )	$Q_{200}/Q_M$	FFA/RFFA
2.142	Knappom	1643	55	187	3,4	1,32
2.464	Svartelva	458	56	190	3,4	1,68
313.9	Magnor	359	61	209	3,4	1,37
2.279	Kråkfoss	435	79	269	3,4	1,36
	<b>Svullrya</b>	<b>151</b>	<b>58</b>	<b>200</b>	<b>3,4</b>	

## 2.5 Regresjonsanalyse

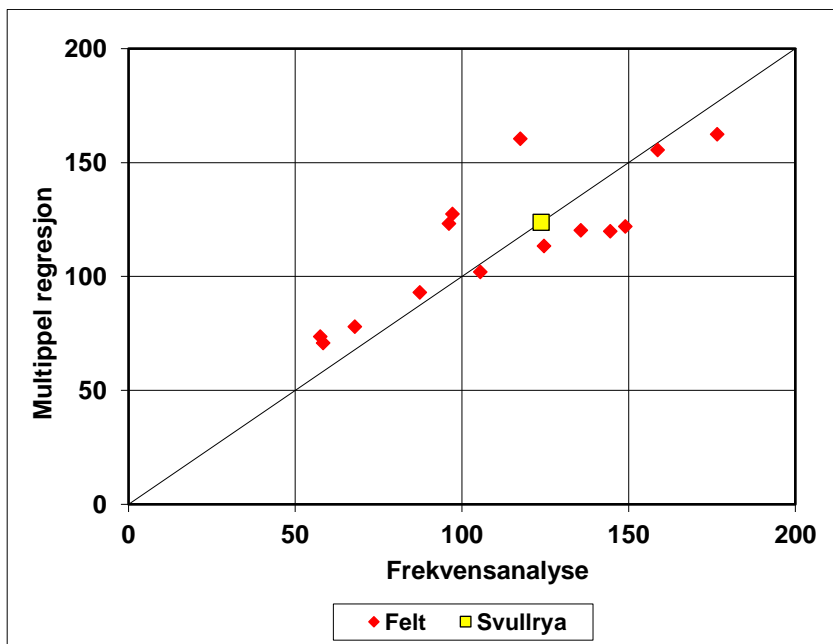
Det er også utført en multipel regresjonsanalyse på middelflom på de norske feltene. Den best tilpassede regresjonsligningen viser at feltareal, årsmiddeltisig og effektiv innsjøprosent kan forklare mye av variasjonen i den spesifikke årsmiddelflommen, som vist i Figur 2-3.

Ligningen blir:

$$QM \left[ \frac{l}{s \cdot km^2} \right] = 85,9 - 12,3 \cdot \ln(A) + 7,57 \cdot qN - 11,62 \cdot ASE \quad (1)$$

Hvor A er feltets areal, qN er årsmiddeltisig og ASE er effektiv innsjøprosent.

For feltet til Svullrya gir dette en middelflom på 124 l/(s\*km<sup>2</sup>) (døgnverdi). Oppskalert med oppskaleringsfaktor på 2,6 gir det en 200-års flom på 322 l/(s\*km<sup>2</sup>).



Figur 2-3 Regresjonsanalyse på middelflom

## 2.6 Valg av døgnmiddelflom

Tabell 2-4 oppsummerer flomverdier beregnet med de ulike metodikkene.

De regionale flomformlene korrigert med flomfrekvensanalysen til de nærliggende feltene gir en flomverdi på 265-335 l/s/km<sup>2</sup>. Dette harmonerer med verdiene fra RFFA (338 l/s/km<sup>2</sup>), som for Knappom og Svartelva viser 95 og 87% av de målte verdiene.

Grea, som er en av de mest nærliggende feltene, har en estimert 200-års flom på 278 l/s/km<sup>2</sup>. Feltet er ca. dobbelt så stort og har høyere innsjøprosent. Det er forventet at flomverdien ved Svullrya ligger høyere enn dette.

Dersom middelflommen ved 312.1 Rotna bru (136 l/s/km<sup>2</sup>) oppskaleres med NVEs faktor på 2,6 gir det en 200-års flom på 354 l/(s\*km<sup>2</sup>). Høyeste måle døgnflom er på 357 l/s/km<sup>2</sup>.

Tidligere flomberegninger for Røgdenvassdraget [3] utført av Norconsult i 2019, fastsatte en Q<sub>1000</sub> for Nordre Røgden og Mellom Røgden på hhv. 450 l/s/km<sup>2</sup> og 400 l/s/km<sup>2</sup>. med et forholdstall på Q<sub>200</sub>/ Q<sub>1000</sub> på 0,83, tilsvarer dette en 200-års flom på hhv. 374 og 332 l/s/km<sup>2</sup>. Nedbørfeltene har areal på 80 og 152 km<sup>2</sup> og ligger 40-60 meter høyere enn vårt analysefelt. En flomverdi for Rotna som harmonerer med disse beregningene vil ligge i nærheten av 330-335 l/s/km<sup>2</sup>.

På bakgrunn av dette vurderes det at spesifikk flomverdi for Rotna bør ligge mellom 330 og 370 l/s/km<sup>2</sup>. Det er valgt å vektlegge RFFA og oppjustert middelflom for VM 312.1 Rotna bru. Justert for målinger fra vassdraget er det valgt å legge til grunn en 200-års døgnmiddelflom på 360 l/(s\*km<sup>2</sup>).

Tabell 2-4 200-års flomverdier (døgnmiddel)

Rotna ved Svullrya	Spesifikk flomverdi for Rotna v/ Svullrya [l/(s*km²)]	Absolutt flomverdi for Rotna v/ Svullrya [m³/s]
Regionale flomformler Rotna korr. med FFA for nærliggende felt	265-335	38-50
Nasjonalt formelverk Rotna (RFFA)	338	51
FFA Grea korr. med areal	278	42
Multipel regresjon vår-høst	322	49
<b>Valgt 200-års døgnmiddelverdi</b>	<b>360</b>	<b>54</b>

## 2.7 Kulminasjonsfaktor

Største flomverdi i løpet av et døgn vil alltid være høyere enn døgnmiddelverdien. Forholdstallet mellom kulminasjonsverdi og døgnmiddelverdi kalles kulminasjonsfaktor ( $Q_{mom}/Q_{døgn}$ ). Kulminasjonsfaktoren er beregnet på to forskjellige måter for å komme frem til riktig verdi. Resultatene er vist i Tabell 2-5.

### Metode 1

Ved beregning av kulminasjonsfaktor er formelverket i NVEs retningslinjer er formel for høst- og vårflokker benyttet. Dette gir verdier på 1,46 og 1,26 for Rotna.

$$\frac{Q_{mom}}{Q_{døgn}}_{høst} = 2,29 - 0,29 \cdot \log A - 0,270 \cdot A_{SE}^{0,5}$$

$$\frac{Q_{mom}}{Q_{døgn}}_{vår} = 1,72 - 0,17 \cdot \log A - 0,125 \cdot A_{SE}^{0,5}$$

### Metode 2

Ved Knappom og Svartelva foreligger timedata over en periode på 20-30 år. Flomfrekvensanalyse på timedata og døgndata tilsier at kulminasjonsfaktoren ved 200-årsflom er noe lavere enn NVEs formelverk for Knappom, mens den er høyere for Svartelva. Et gjennomsnitt av de tre største flommene gir kulminasjonsfaktor for de to feltene på hhv. 1,13 og 1,58.

Det er vårflokker som er dominerende i området, men det har også vært observert store høstflokker. Smelteflokker karakteriseres av relativt lang varighet og stort volum. Dette gir normalt en mer moderat forskjell mellom kulminasjons- og døgnmiddelflokker enn for regndominerte flokker. For høstflokker dominert av regn, er avrenningen til elva raskere og forløpet spissere, og dermed blir kulminasjonsfaktoren normalt større.

Både Knappom og Svartelva er en del større felt, men med noe lavere demping i feltet. For 2309 Grea har det vært 19 vårflokker de siste 39 årene. Det er valgt å vektlegge NVEs formelverk til Svullrya og legge til grunn et gjennomsnitt av høst- og vårflokker. Vi får da en  $Q_{mom}/Q_{døgn}$  på 1,36.

Tabell 2-5 Kulminasjonsfaktor

	NVEs formelverk (høst)	NVEs formelverk (vår)	Observert	Periode med timesdata	Valgt kulminasjonsverdi
Svullrya	1,46	1,26	-	-	<b>1,36</b>
2.142 Knappom	1,28	1,14	1,13	2000-2021	
2.464 Svartelva	1,40	1,21	1,58	1987-2021	



## 2.8 Endelig flomstørrelse (kulminasjonsflom)

Flomvannføring for 200-årsflom benyttet for å avklare flomfare ved planlagt museumstomt er fastsatt til 73,5 m<sup>3</sup>/s, se Tabell 2-6.

For å ta hensyn til fremtidige endringer i klimaet er det utarbeidet klimaprofiler for ulike deler av landet, se [www.klimaservicesenter.no](http://www.klimaservicesenter.no). Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider i fremtiden, men at felt der snøsmelteflommene er størst i dag får uendret eller lavere flommer i fremtiden. Avhengig av geografisk posisjon anbefaler NVE-rapport 81-2016 et klimapåslag på nåværende flomvannføringer. For måleserien 2.142 Knappom tilsier klimascenarietkjøringer for utvikling i flomstørrelser frem mot år 2100 at flommene ikke er forventet å øke (hhv. RCP 4.5 og 8.5) [4]. Klimapåslag er derfor ikke lagt til grunn ved fastsettelse av flomvannføringen.

Tabell 2-6 Flomstørrelser med klimapåslag

	Spesifikk flomverdi Q <sub>200</sub> [l/s/km <sup>2</sup> ]	Absolutt flomverdi Q <sub>200</sub> [m <sup>3</sup> /s]
Døgnvannføring	360	54
<b>Kulminasjonsvannføring</b>	<b>490</b>	<b>73,5</b>

### 3 Hydraulisk vannlinjemodell

#### 3.1 Beregningsmodell og datakvalitet

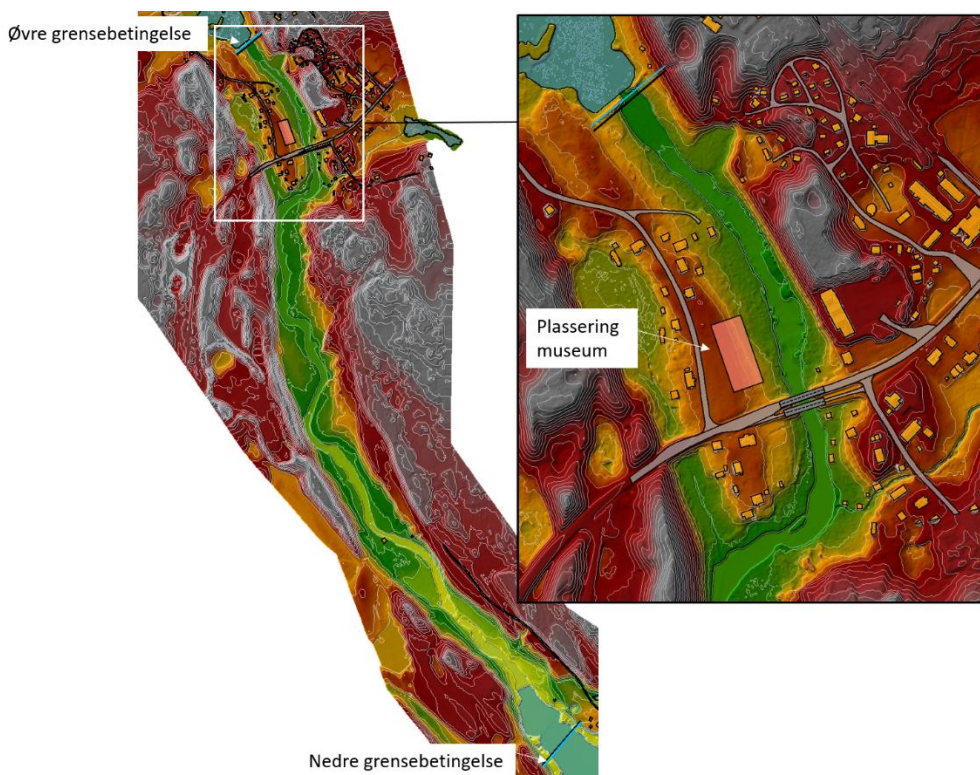
Vannstanden i Rotnavassdraget forbi Svullrya er beregnet ved bruk av en 2-dimensjonal hydraulisk modell i dataprogrammet HEC-RAS, se Figur 3-1. Modellen starter nedstrøms Kverndammen og avsluttes i Helgen.

Grunnlaget for modellen er laserdata over området som er målt opp i 2017. Oppmålingen har en nøyaktighet på 2 pkt./m<sup>2</sup>. Oppmålingen er tradisjonell lasermåling gjort fra fly og dataene er lastet ned fra [www.hoydedata.no](http://www.hoydedata.no). Alle høydene i modellen refererer til høydedatum NN2000.

HEC-RAS beregner vannstand, oversvømmelse og vannhastighet for celler i et «beregningsrutenett». Cellestørrelsen i elveløpet og på elvebredden er satt til 3x3 meter.

Laserkartlegging med tradisjonell laser kan ikke kartlegge under vann, og det kan gi konservative resultater hvis elvebunnen i modellen ikke tilpasses. Det er gjort befaring av oppdragsleder i forbindelse med oppdraget, sammen med prosjektleder og andre personer med god kjennskap til vassdraget. GPS-oppmålinger fra befaringen gir grunnlag til å gjøre manuelle korreksjoner i terrengmodellen.

Elvebunnen i Rotna er senket med 1 meter store deler av beregningsstrekningen. Det er gjort andre manuelle korreksjoner for å tilpasse elvebunnen til mer realistisk terreng. Bunnen under vei- og gangbru er senket slik at det er ca. 3 meter fra elvebunn til bunn brudekke. Vannspeilet i Helgen er korrigert ned til kote +241. Det er ikke gjort manuelle korreksjoner av selve utbyggingsområdet.



Figur 3-1 HEC-RAS 2D terrengmodell.

### 3.2 Grensebetingelser og friksjonsforhold

Øvre grensebetingelse er 200-års flomvannføring (73,5 m<sup>3</sup>/s). Det er gjort en analyse på hvordan nedre grensebetingelse vil påvirke vannstanden ved Svullrya, ved å benytte «normaldybde» med ulike helninger ved Langfossen, samt ulike vannstander i Helgen. Nedre grensebetingelse påvirker ikke vannstanden tilbake til Rotna bru og beregnet vannstand ved museumsområdet forblir uendret selv om ulike forutsetninger settes. I endelig modellkjøring er nedre grensebetingelse satt til kote +246,5 i Helgen. Denne koten er 0,5 m høyere enn toppen på Helgedammen (tatt fra laserdata).

Friksjonsforholdene på beregningsstrekningen i Rotna er hensyntatt ved bruk av Manning's n, og er satt til 0,045 i elva. Inndelingen av arealsoner er basert på arealressurskart fra Statens kartverk, og valg av Manning's n er gjort med utgangspunkt i erfaringstallene fra vassdragshåndboka til NVE.

Tabell 3-1 Manning's-verdi (n) brukt i modellen

Arealtype	Manning's-verdi (n)
Skog	0,08
Samferdsel	0,02
Ferskvann	0,045
Fastmark	0,055
Bebygd	0,03
Dyrka mark	0,06
Myr	0,07

### 3.3 Infrastruktur

Rotna bru (Fv. 201) (Figur 3-2) og «Gamlebrua» (Figur 3-3) krysser Rotna på samme sted like nedstrøms den nye museumstomta. Begge bruene er inkludert i vannlinjemodellen som brukonstruksjoner. Rotna bru har en bredde mellom brukarene på ca. 22 meter og en tykkelse på brudekket på 1,43 meter. «Gamlebrua» har en bredde på 16 meter og tykkelse på brudekket på 0,9 meter. Kapasiteten til «Gamlebrua» er minst og den blir styrende for vannstanden på oppstrøms side.



Figur 3-2 Rotna vegbru



Figur 3-3 Rotna gangbru (gamlebrua)

## 4 Resultater

Resultatene fra vannlinjeberegningen er vist i Figur 4-1 og fremstilt på flomsonekart (Vedlegg 1). I planbeskrivelsen er laveste gulvhøyde satt på kote +252. Langs tomta er beregnet vannstand ved 200-årsflom på kote 249,75-249,65, lavere enn planlagt gulvhøyde.

Rotna bru + «gamlebrua» har begrenset vannføringskapasitet sammenlignet med resten av vassdraget og brutverrsnittene blir styrende for vannstanden på oppstrøms side. Brudekkene blir imidlertid ikke berørt av 200-årsvannføringen. Vegbrua og gangbrua har underkant brudekke på hhv. kote 249,81 og 249,74. Vannstanden under vegbrua er ved 200-års flom på kote 249,5. Forbi bruene faller vannstanden med ca. 0,3 m.

Tabell 4-1 viser vannstander (ved tverrsnitt i Figur 4-1) for lavere gjentakintervall (skalert fra 200-års flom). Dette kan gi et inntrykk av hvor høyt vannet vil stå i noe mer kjente flomstørrelser.

Ifølge ROS-analysen er det ikke et kjent at flom er et problem på planområdet. Høyeste vannstandsstigning som er observert er fra 1920 og er på kote 248,60 eller 60 cm over Rotnas normalvannstand. På samme sted viser resultatene våre en vannstand på 248,4 ved middelflom, samt en høyere kote ved 10-års gjentakintervall. Dette kan tyde på at våre resultater er noe konservative for de lavere gjentakintervallene. Grunnen til dette kan være at manglende oppmåling av elvebunnen fører til noe avvik som får større utslag for de lavere gjentakintervallene. For de store flommene vil ikke dette ha like mye innvirkning på resultatet.

Tabell 4-1 Beregnet vannstand ved planlagt nytt museum.int.

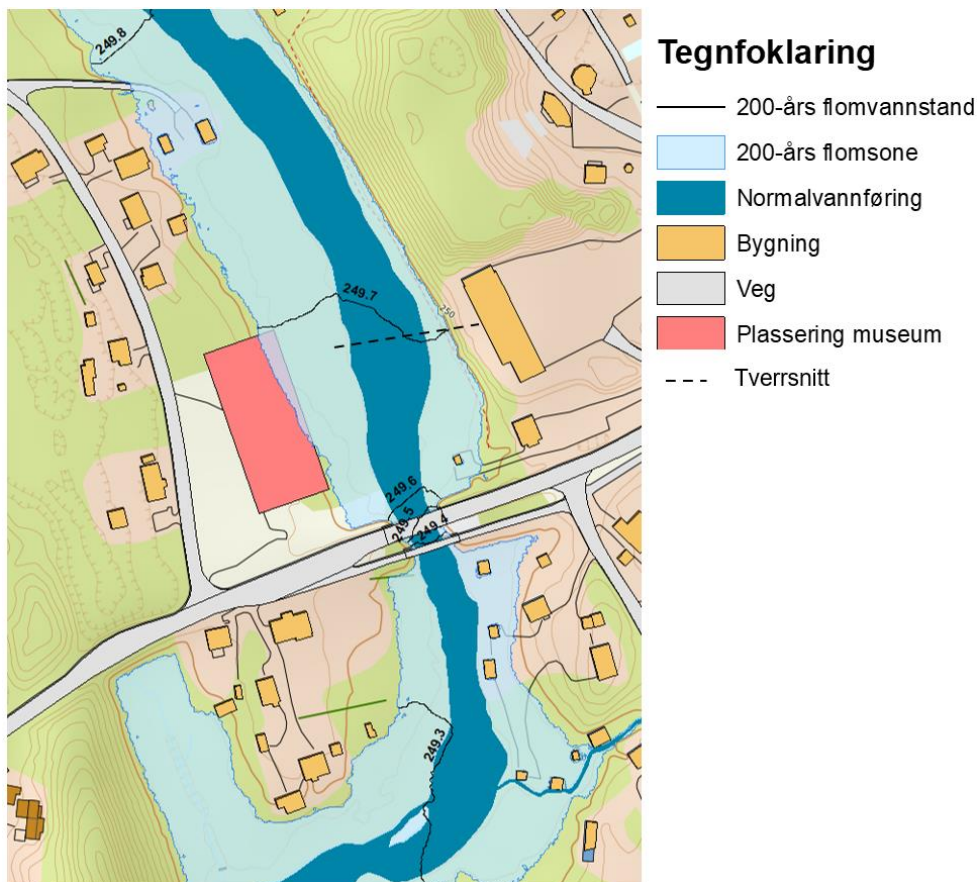
Gjentaksintervall	Middelflom (20,5 m <sup>3</sup> /s)	10-årsflom (41 m <sup>3</sup> /s)	200-årsflom (73,5 m <sup>3</sup> /s)
Vannstand	248,4	249,0	249,7

### 4.1 Konklusjon

Nye Norsk Skogfinsk museum ligger innenfor NVEs aktsomhetssonen for flom. Det er beregnet flomvannføring med ulike metoder og det er gjort vannlinjeberegning i dataprogrammet HEC-RAS. Vannstanden forbi museumstomten ved 200-årsflom varierer mellom kote 249,75 - 249,6. Laveste gulvnivå er planlagt på kote +252, som er høyere enn beregnet dimensjonerende flomvannstand. Flomsone som er markert på resultatkartene viser imidlertid at nytt museumsbygg blir berørt av flomsone. Det skyldes at utførte beregninger legger til grunn eksisterende terreng og ikke er representativ for fremtidig situasjon.

Norconsult vurderer at sikker byggehøyde på museumstomta blir 250 moh. og har inkludert en vertikal sikkerhetsmargin for å fastsette dette nivået. Museet bør bygges uten kjeller.

Utførte beregninger med eksisterende terreng og planlagt plassering av nytt museum krever at det gjøres terrenginngrep. Disse terrenginngrepene kan påvirke elvetverrsnittet og potensielt føre til høyere vannstand i elva. Norconsult vurderer likevel at mindre tilpasninger i liten grad vil påvirke flommene så lenge brutverrsnittene på nedstrøms side forblir styrende på oppstrøms vannstand. Hvis terrenginngrepene blir omfattende og det planlegges store endringer mellom nytt museum og Rotna bør det gjennomføres en vannlinjesimulering med nytt terreng.



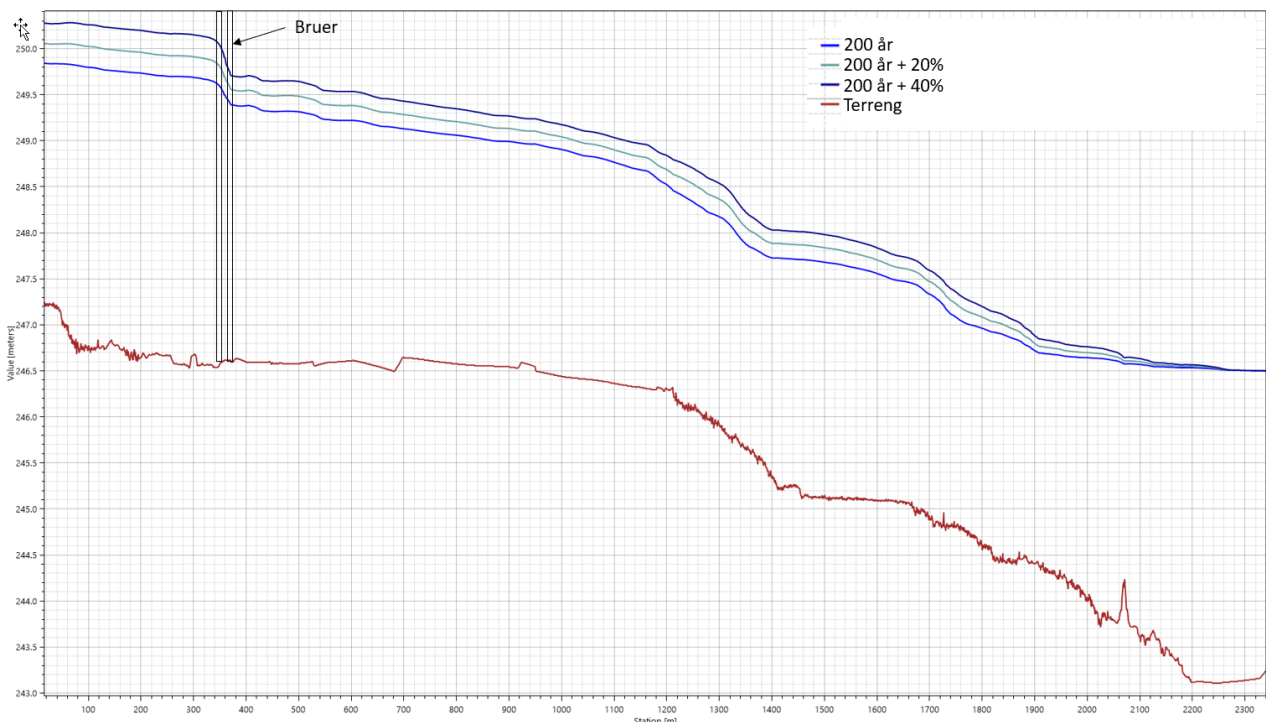
Figur 4-1 Resultater fra HEC-RAS. 200-års flomsone og tilhørende vannstand.

## 4.2 Usikkerhet og sensitivitet

Det vil alltid være usikkerhet knyttet til beregning av flomvannføring. Usikkerheten er redusert ved å benytte flere ulike metoder for beregning av flomstørrelsen. Usikkerheten er i dette tilfellet størst i bestemmelsen av døgnflommens og kulminasjonsflommens størrelse. En sensitivitetsanalyse med 20% økt vannføring gir ingen endring i konklusjonen av analysen. Flomvannstandene i elva langs tomta øker da med ca. 23 cm. Ved 40% økning i vannføring er vannstanden på samme sted på kote +250,2. Dette er 1,8 m under gitt gulvhøyde. Se Tabell 4-2 og Figur 4-2 for effekten av økning i flomvannføring.

Tabell 4-2 Sensitivitetsanalyse på vannføring.

Gjentaksintervall	200 år	200 år+20%	200 år+40%
Vannstand (moh.)	249,70	249,93	250,2



Figur 4-2 Sensitivitetsanalyse på vannføring.

Friksjonsforholdene i elva kan påvirke vannstanden. Ved å velge Manning's  $n$  mellom 0,033 og 0,055 endres vannstanden  $\pm 8$  cm. Beregningene er derfor noe sensitive for endring i Manningsverdi, men endrer ikke konklusjonen av analysen.

Terrengdata kartlagt med luftbåren laser har de senere år gitt tilgang på betydelig bedre terrengdata for Norge enn det som var tilfellet for bare 10 år siden. Laserkartlagte data har likevel også sine begrensninger, blant annet kan ikke tradisjonell rød laser kartlegge terreng under vannflaten, og vegetasjon og løvverk vil redusere antallet registrerte punkt på reell terrengoverflate. Det er gjort manuelle korreksjoner i terrengmodellen for å tilpasse terrenget best mulig, noe som bidrar til usikkerheter. Enkelte steder er det vegetasjon langs elveløpet. Dette gir også en viss usikkerhet i terrengmodellen, men en bedret terrengmodell vil ikke endre konklusjonen av analysen.

Den hydrauliske beregningen forholder seg til terrenget slik det var på skanningstidspunktet. Eventuell erosjon/ sedimentasjon i vassdraget i tiden etter skanning, eller det som oppstår under en flomhendelse, samt forhold knyttet til is og grunnforhold, er ikke hensyntatt i beregningen. Norconsult er ikke kjent med terrengendringer etter oppmålingstidspunktet.

## 5 Referanser

- [1] NVE, «Lokal og regional flomfrekvensanalyse,» Rapport nr. 10/2020.
- [2] NVE, «Retningslinjer for flomberegninger,» Rapport nr. 4/2011.
- [3] Norconsult, «Flomberegning i Røgdenvassdraget,» Nr. 5183766, 2019.
- [4] NVE, «Klimaendringer og framtidige flommer i Norge.,» Rapport nr. 81/2016.
- [5] NVE, «Veileder for flomberegninger.,» NVE-rapport 1-2022.



## 6 Vedlegg

### Vedlegg 1 - Flomsonekart

