

Oppdragsgiver: AF Gruppen AS

Oppdragsnr.: 5195019 Dokumentnr.: NOTA-hyd-002

Til: AF Gruppen AS v/Anja Krohn Bjørnstad

Fra: Carolina Frias Uribe

Dato: 2022-04-08

► Kryssing av Lågen - hydrauliske forhold under byggeperiode

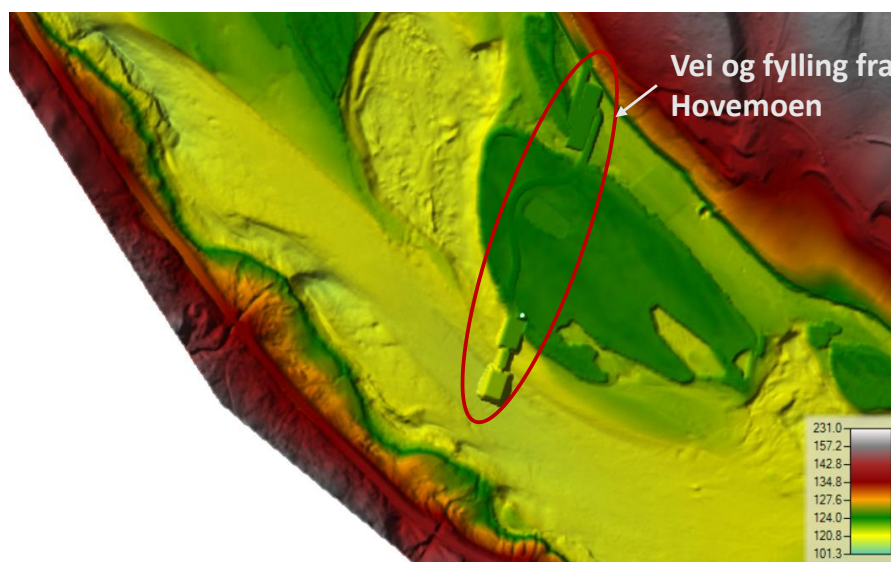
I forbindelse med de planlagte byggeløsningene for ny bru over Lågen, er det behov for vurdering av konsekvenser for allmenne interesser i vassdraget. Blant konsekvensene som vurderes er faren for flom, erosjon eller massetransport. Med hensyn til TEK17 § 7-1, andre ledd, skal tiltak prosjekteres og utføres slik at byggverk, byggegrunn og tilstøtende terreng ikke utsettes for fare for skade eller vesentlig ulempe som følge av tiltaket.

Dette notatet presenterer endringer i vannstander og hastigheter som følge av de planlagte fyllingene i Lågen under byggeperioden, og mulige konsekvenser disse endringene kan medføre.

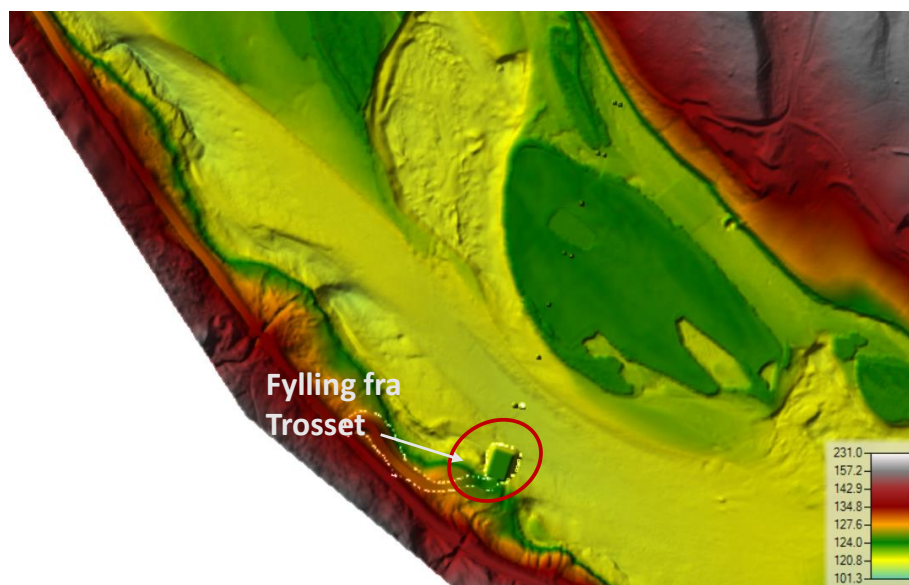
1 Grunnlag for beregninger

1.1 Fyllinger og byggeperiode

Det er planlagt å jobbe i elven i perioden 01/10 – 31/03. For å utføre arbeidet er det planlagt å bygge to fyllinger ut i elva inntil søylene. Fyllingene skal ikke være samtidig i elven, men etableres i separate sesonger. Figur 1 og Figur 2 viser fyllingene som er planlagt.



Figur 1 Fylling fra Våløya (Hovemoen)



Figur 2 Fylling fra Trosset

1.2 Designflom for midlertidige konstruksjoner

Ifølge tabell NA.3.1 i Eurokode 1/NS-EN 1991 [1] er anbefalt returperiode 10 år for klimatiske laster på konstruksjoner under utførelse med varighet over 3 måneder, men under 1 år. Norconsults beregninger av forhold i byggeperioden baseres derfor på en flomvannføring med gjentaksintervall 10 år.

2 Flomberegninger

2.1 Vannføringer i Lågen – karakteristiske verdier

For vurderinger av de hydrauliske forholdene under byggeperioden er det behov for beregning av flomverdier. For å beregne karakteristiske verdier og forventede flomstørrelser under byggeperioden, er det konstruert en måleserie basert på data fra målestasjoner 2.145 Losna (i Lågen) og 2.28 Aulestad (i Gausa). Beliggenheten til målestasjonene er vist i Figur 4. Måleserien er representativ for vannføringer i Lågen etter samløp med Gausa. Koeffisientene 1,068 og 1,021 er funnet ut fra skalering av måleseriene i forhold til areal og normalavrenning.

$$2.28.0.1001.89 = 1,068 \times 2.28.0.1001.0 + 1,021 \times 2.145.0.1001.0$$

Figur 3 viser karakteristiske vannføringsverdier (flerårsminimum, median, 75-persentil og maksimum) ved den konstruerte måleserien. Man ser at det kan komme noen store høstflommer i oktober og litt mindre flommer utover november. Den største registrerte flommen i byggeperioden 01/10-31/03 er på ca. 1500 m³/s og ble registrert i oktober 2018. Fra ca. midten av desember og til midten av mars er det registrert relativt stabile vannføringer som ikke overstiger 200 m³/s.

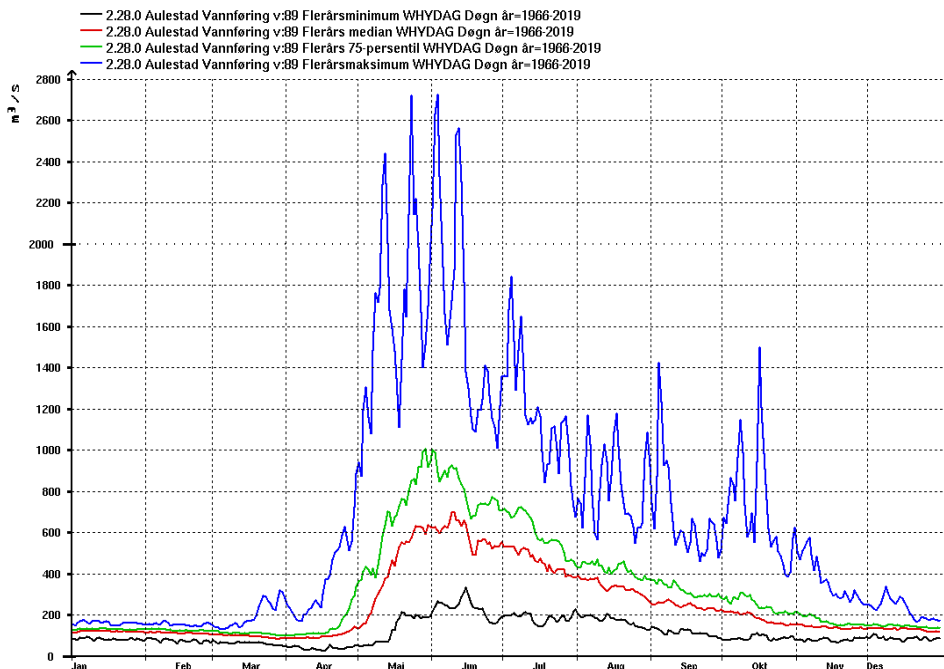
Det er beregnet 10-årsflom (kulminasjonsverdier) i byggeperioden i følgende sesonger:

- 01/10-31/03: 735 m³/s
- 01/10-31/12: 738 m³/s
- 01/01-31/03: 187 m³/s

Notat E6 Roterud - Storhove

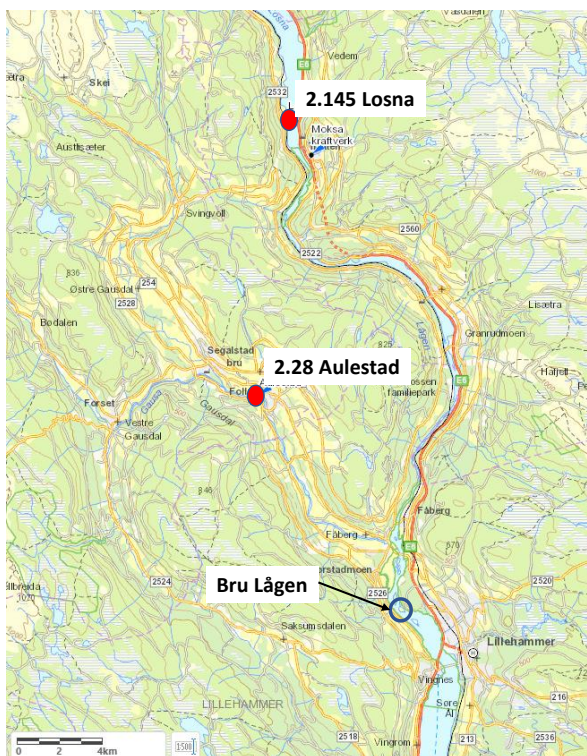
Oppdragsgiver: AF Gruppen AS

Oppdragsnr.: 5195019 Dokumentnr.: NOTA-hyd-002



Flerårs-statistikk

Figur 3 Karakteristiske vannføringsverdier konstruert måleserie

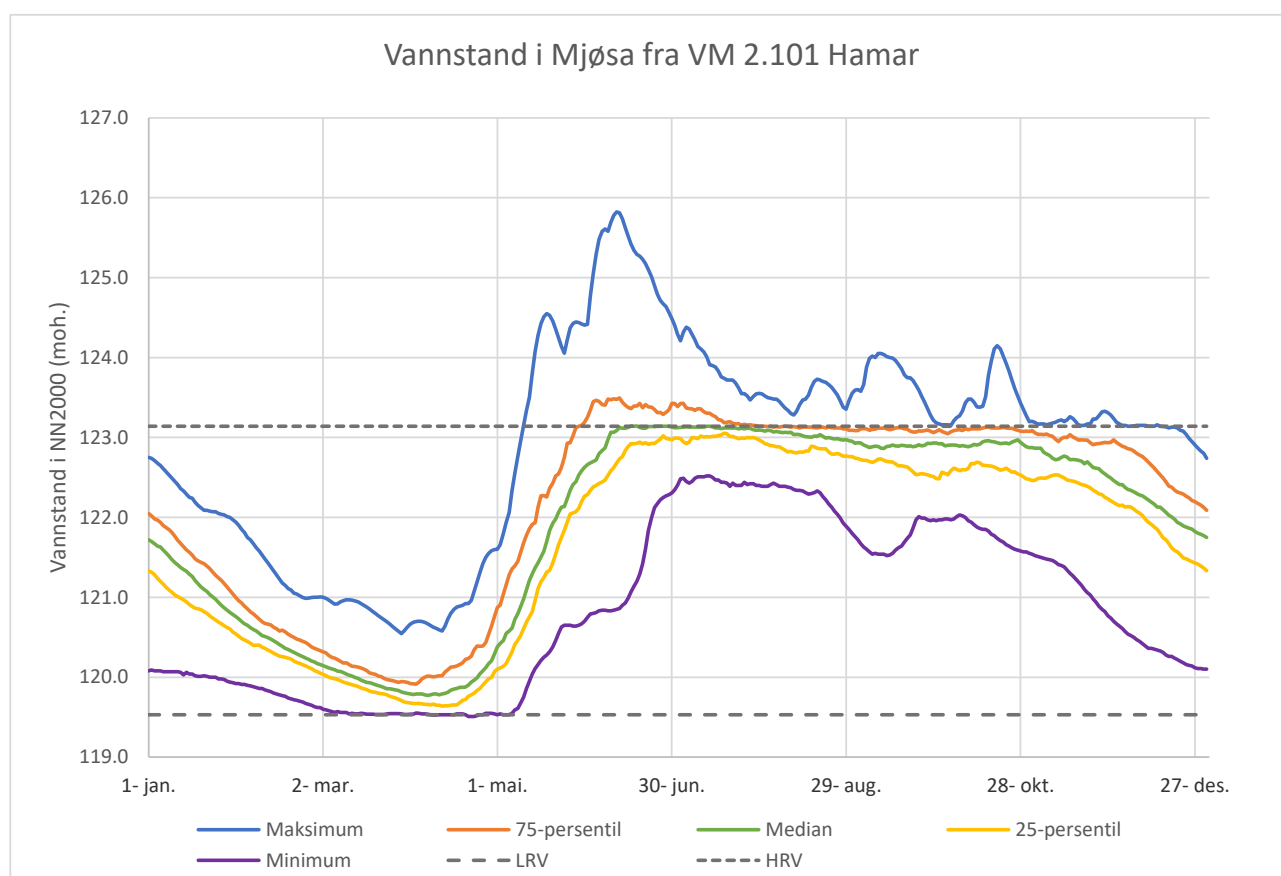


Figur 4 Beliggenheten til målestasjoner og bru Lågen

2.2 Vannstander i Mjøsa – karakteristiske verdier

LRV og HRV i Mjøsa er i NVE Atlas oppgitt til henholdsvis 119,33 moh. og 122,94 moh. (NN1954), tilsvarende 119,53 moh. og 123,14 moh. i NN2000.

Det er hentet karakteristiske vannstandsverdier for vannivå i Mjøsa (VM 2.101 Hamar), vist i Figur 5. De høyeste vannstandsverdier er registrert mellom midten av mai og midten av juli, med noen enkelte topper om høsten. Mjøsa senkes før vårfloppen og vannstanden er som regel lavest i ca. midten av april.



Figur 5 Vannstand i Mjøsa (NN2000), 1961-2019 (unntatt 1996)

2.3 Flom i Lågen og vannstand i Mjøsa under byggeperiode

I tillegg til vannføring i Lågen vil vannstanden i Mjøsa ha en påvirkning på de hydrauliske forholdene ved brustedet. I første halvdel av byggeperioden (01/10-31/12) forventer man at det kan komme større flommer enn i den andre halvdel (01/01-31/03). I første halvdel av byggeperioden vil Mjøsa ikke være tappet helt ned. I andre halvdel av byggeperioden vil Mjøsa ligge lavere. Derfor er konsekvensene under byggeperioden vurdert ut fra to ulike beregninger:

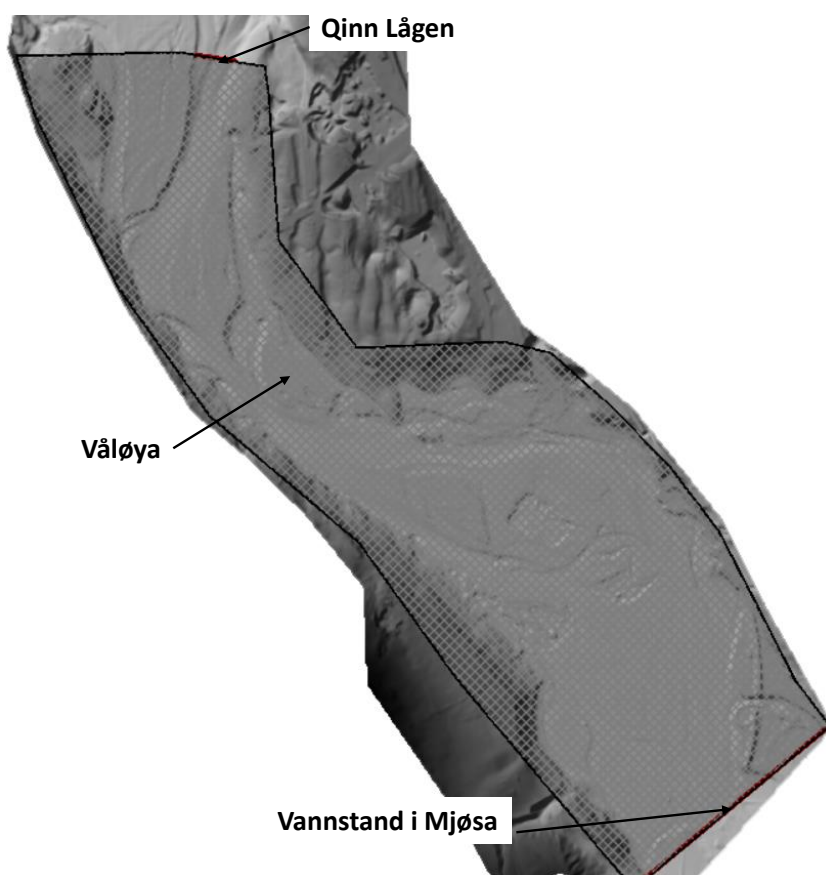
- 10-årsflom i perioden 01/10-31/12 (738 m³/s) og vannstand i Mjøsa på 122,9 moh. (som tilsvarer ca. medianverdien i oktober, se Figur 5).
- 10-årsflom i perioden 01/01-31/03 (187 m³/s) og vannstand i Mjøsa på 119,7 moh. (som tilsvarer ca. medianverdien i slutten av mars)

3 Beregninger av hydrauliske forhold

3.1 Hydraulisk modell

For å vurdere lokale endringer er det laget en 2D-modell i Hec-Ras versjon 5.07, vist i Figur 6 (dagens situasjon), Figur 7 (fylling fra Våløya) og Figur 8 (fylling fra Trosset). En kort beskrivelse av modellene er angitt nedenfor:

- Terrenggrunnlag: Som grunnlag for beregninger er det benyttet terreng- og dybdemodell hentet fra høydedata. Modellen er utarbeidet basert på laserskanning og ekkolodding av elvebunnen og Mjøsa [2].
- Grid: Størstedelen av modellen har et grid 5 x 5 m. Til sammen er det benyttet ca. 180 000 celler.
- Parametere brukt i simuleringene: Beregninger er utført med full momentum formler og courantnummer er satt til å ligge under 1.
- På øyene i elva er det brukt et Manningstall M på mellom 16,7 og 28,6 $m^{1/3}/s$, avhengig av vegetasjonen på øyene, og 66,7 $m^{1/3}/s$ i elveløpet (basert på oppmålinger av hastigheter utført av Hydrateam).
- Grensebetingelser (vannføring i Lågen og vannstand i Mjøsa) er omtalt i kapittel 2.3.

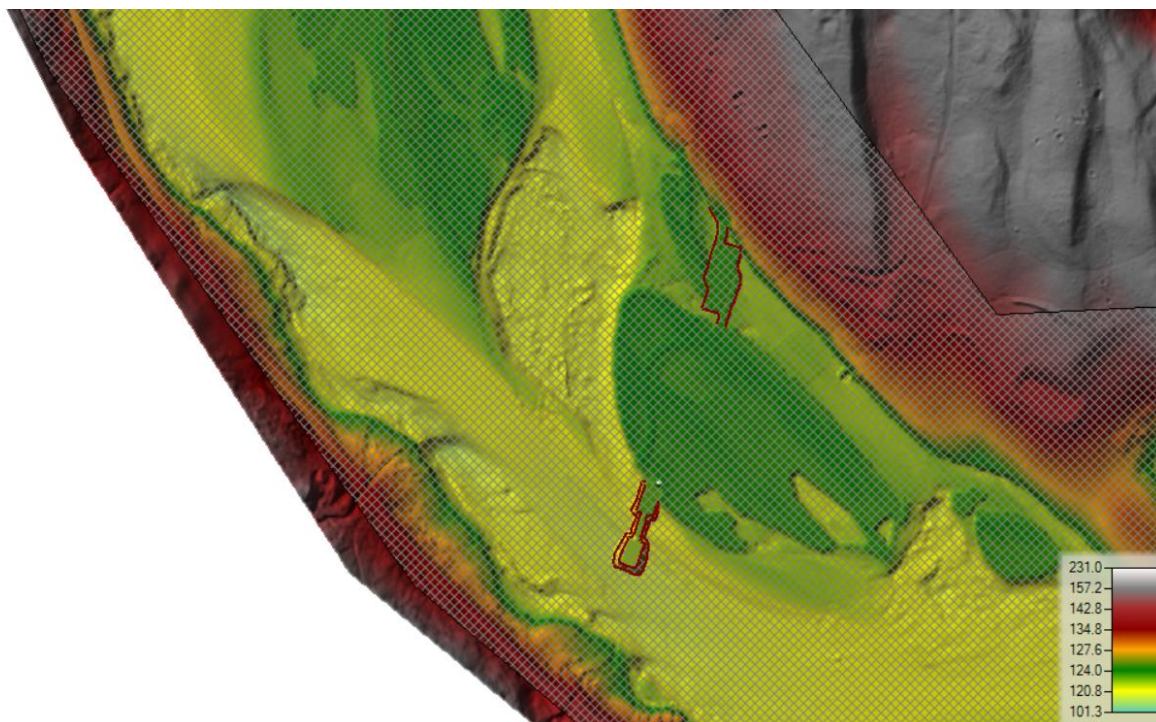


Figur 6 Oversikt av 2D-modellen (dagens situasjon)

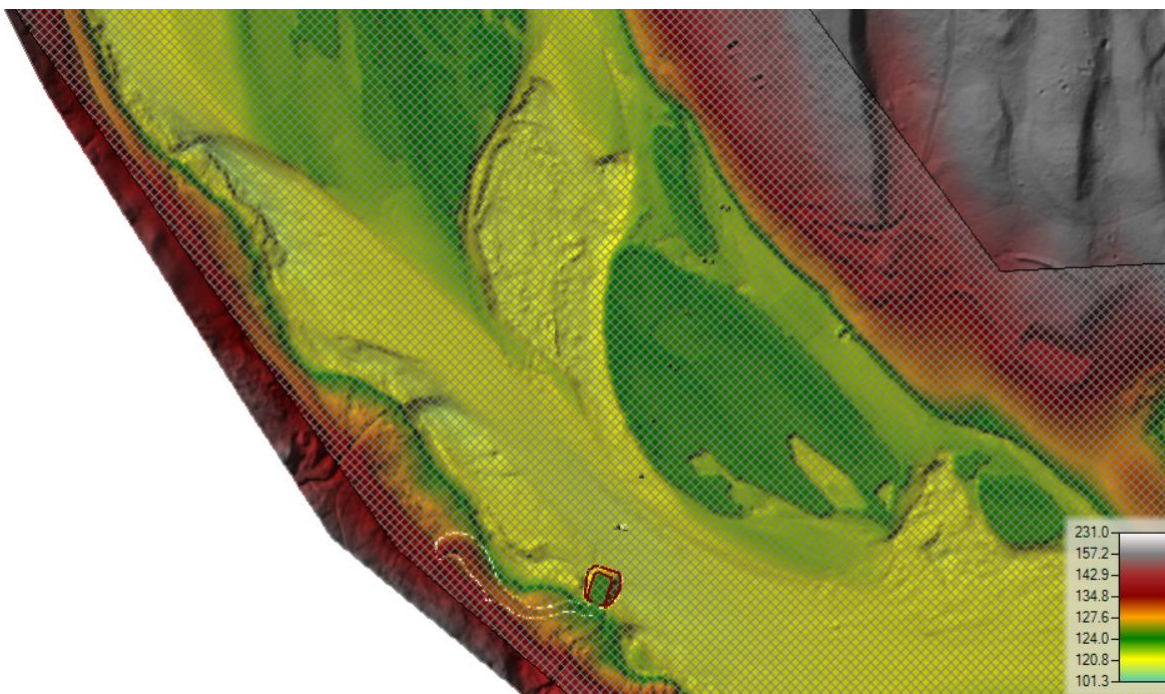
Notat E6 Roterud - Storhove

Oppdragsgiver: AF Gruppen AS

Oppdragsnr.: 5195019 Dokumentnr.: NOTA-hyd-002



Figur 7 Detalj av 2D-modellen fylling fra Våløya (Hovemoen)

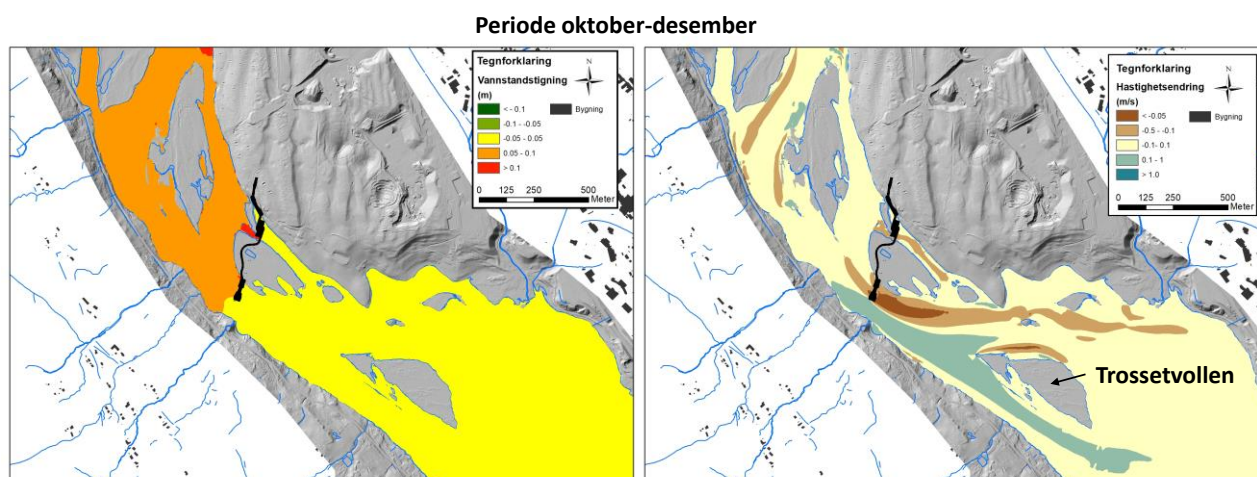


Figur 8 Detalj av 2D-modellen fylling fra Trosset

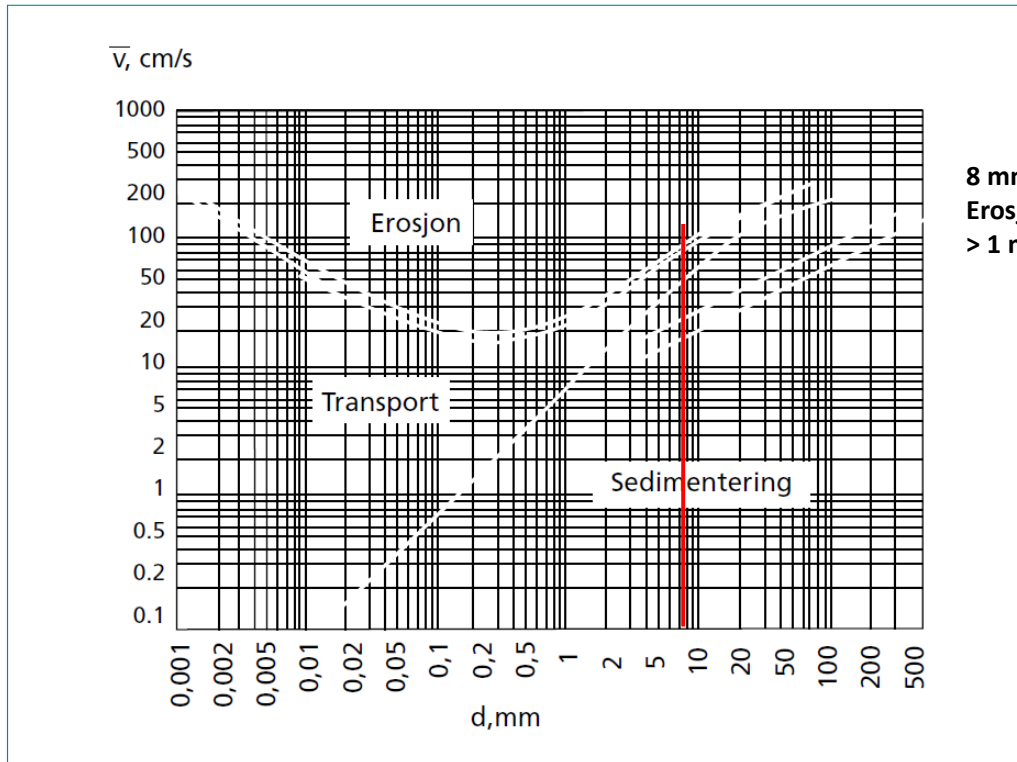
3.2 Resultater

Resultater av beregningene er vist i form av vannstandsendringer og hastighetsendringer sammenlignet med dagens situasjon. Figur 9 og Figur 11 viser henholdsvis endringer for fyllingen fra Våløya og Trosset forårsaket av en 10-årsflom i perioden oktober - desember. Figur 12 og Figur 13 viser henholdsvis endringer for fyllingen fra Våløya og Trosset forårsaket av en 10-årsflom i perioden januar – mars.

De største endringene vil oppstå ved en flom i perioden oktober-desember og med fyllingen fra Våløya (vist i Figur 9). I denne situasjonen er vannstandstigningen litt under 10 cm helt til oppstrøms ende av modellen. Dette vil ikke medføre ulemper for tredje parter siden vannstanden oppstrøms fyllingen fortsatt er under HRV i Mjøsa (123,14 moh.). Hastighetene i Lågen vil øke med ca. 0,9 m/s og vil på det høyeste være ca. 1,9 m/s (den høyeste hastigheten i dagens situasjon er ca. 1,4 m/s). Hovedløpet med de høyeste hastighetene vil flytte seg mot vest, og litt mer vann vil strømme på sørsiden av Trossetvollen (en økning fra 385 m³/s til 435 m³/s). Dette vil medføre en økning i fare for erosjon. Bunnforholdene ved brustedet er grus med diameter D₅₀ på ca. 8 mm, og man må regne med erosjon ved hastigheter på ca. 1 m/s og oppover (se Figur 10).

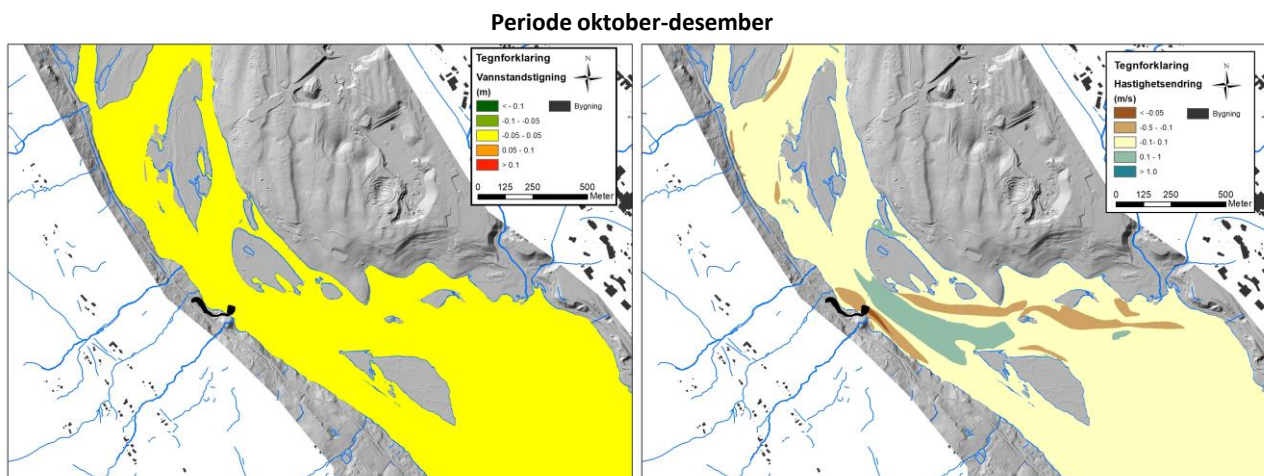


Figur 9 Fylling fra Våløya (Hovemoen). Vannstandsendringer (til venstre) og hastighetsendringer (til høyre). 10-årsflom i perioden oktober – desember.



Figur 10 Hjulstrøms diagram for grense mellom erosjon og avleiring [3]

Fyllingen fra Trosset vil ikke forårsake betydelig vannstandstigning ved en 10-årsflom (under hele byggeperioden). I perioden oktober – desember vil man få en hastighetsøkning på ca. 0,4 m/s og hovedstrømmen vil flytte seg mot Våløya (vist i Figur 11). Den høyeste hastigheten i midten av elveløpet øker fra 1,4 til ca. 1,6 m/s.

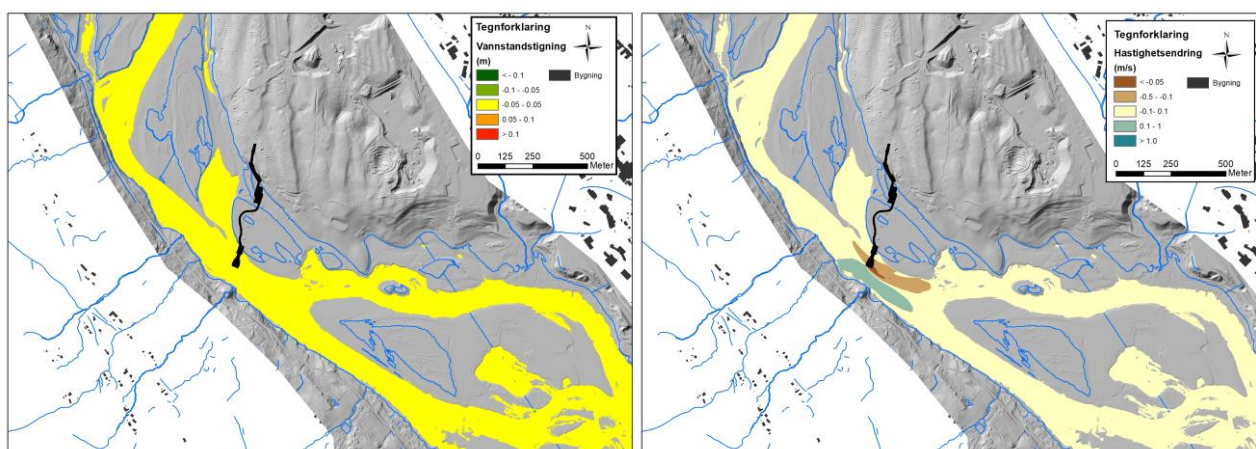


Figur 11 Fylling fra Trosset. Vannstandsendinger (til venstre) og hastighetsendinger (til høyre). 10-årsflom i perioden oktober – desember.

I perioden januar – mars er det forventet mindre endringer (vist i Figur 12 og Figur 13). Ved fyllingen fra Våløya vil hastighetene i Lågen øke med ca. 0,7 m/s og vil på det høyeste være ca. 1,0 m/s (den høyeste hastigheten i dagens situasjon er ca. 0,65 m/s). Hovedløpet med de høyeste hastighetene vil flytte seg mot vest, men det vil ikke være endringer i vannmengder forbi Trossetvollen.

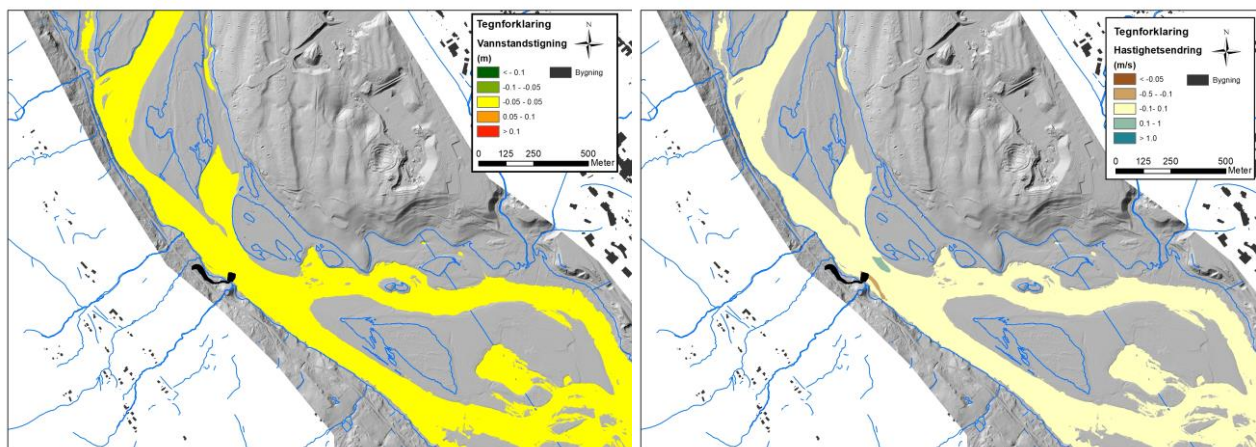
Ved fyllingen fra Trosset vil man få en hastighetsøkning på ca. 0,1 m/s i elveløpet nær Våløya. Maksimal hastigheter i denne situasjonen ligger under 0,7 m/s, og det forventes ikke betydelig konsekvenser.

Periode januar-mars



Figur 12 Fylling fra Våløya (Hovemoen). Vannstandsendringer (til venstre) og hastighetsendringer (til høyre). 10-årsflom i perioden januar – mars.

Periode januar-mars



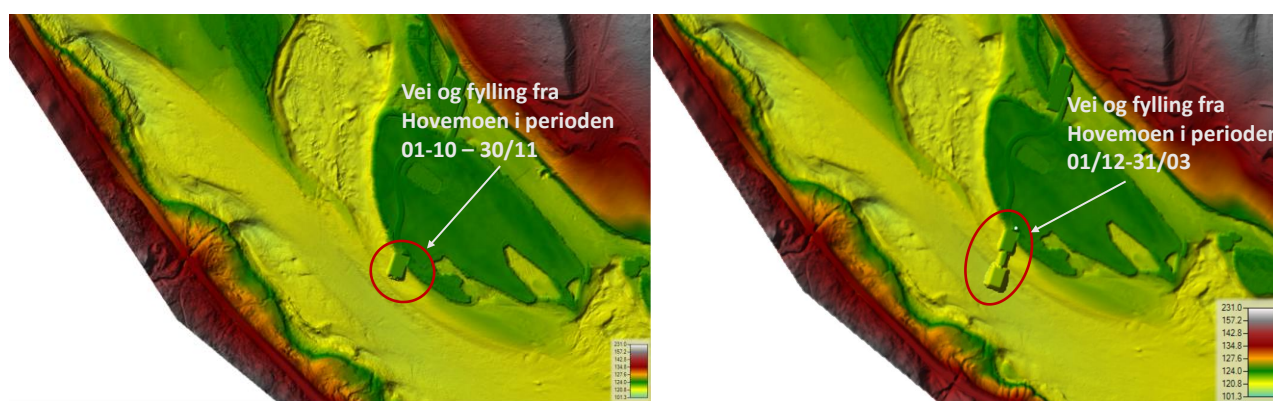
Figur 13 Fylling fra Trosset. Vannstandsendringer (til venstre) og hastighetsendringer (til høyre). 10-årsflom i perioden januar – mars.

3.2.1 Optimalisering av fyllingen fra Hovemoen

Etablering av fyllingene vil medføre endringer i strømningsforholdene ved brustedet, og noe opp- og nedstrøms i vassdraget. Fyllingen fra Våløya i kombinasjon med en 10-årsflom i perioden oktober – desember forårsaker de største endringene. Derfor er det vurdert å vente med å bygge fyllingen ved akse 3 til begynnelsen av desember, når det er mindre sannsynlighet for store flommer. Figur 14 viser fyllingen ved Hovemoen som foreslått i perioden 01/10-30/11 og 01/12-31/03.

Beregninger av strømningsforholdene er utført med forutsetninger listet nedenfor:

- 10-årsflom i perioden 01/10-30/11 (738 m³/s) og vannstand i Mjøsa på 122,9 moh. (som tilsvarer ca. medianverdien i oktober)
- 10-årsflom i perioden 01/12-31/03 (218 m³/s) og vannstand i Mjøsa på 119,7 moh. (som tilsvarer ca. medianverdien i slutten av mars)

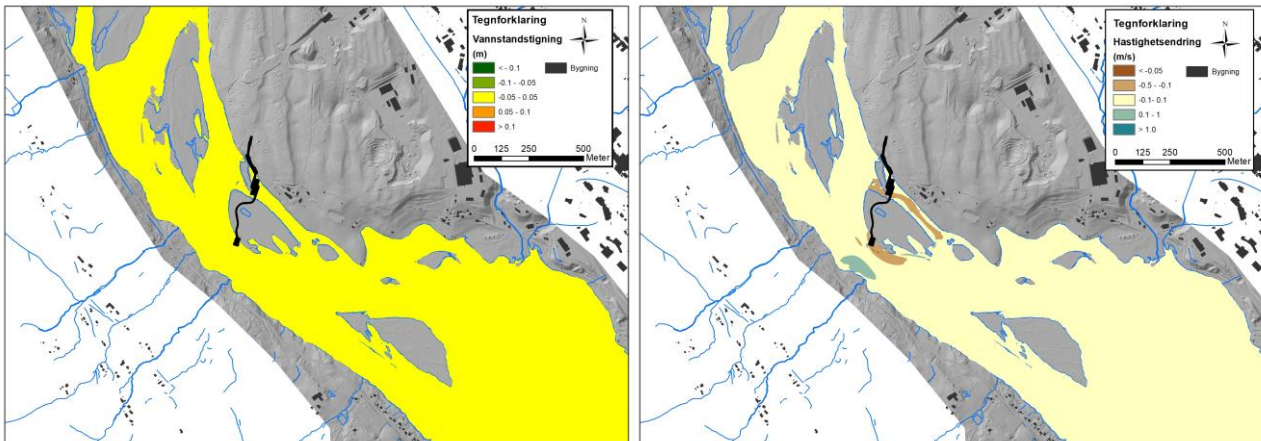


Figur 14 Fylling fra Hovemoen, etablering i etapper

Figur 15 og Figur 16 viser vannstand- og hastighetsendringer i perioden 01/10-30/11 med redusert omfang av fyllingen (bare til akse 4) og fullt utbygd fylling i perioden 01/12-31/03.

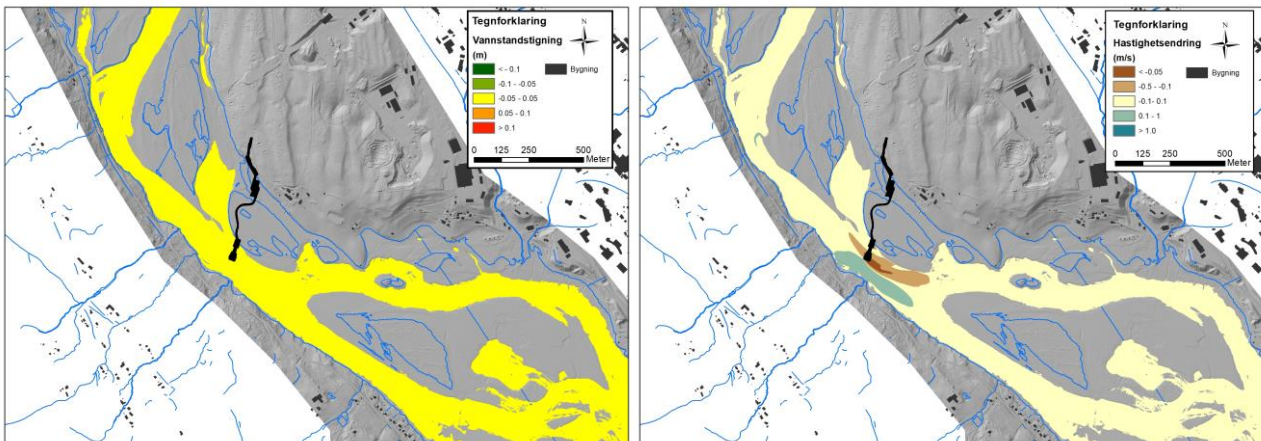
Konsekvensene ved en 10-årsflom i perioden oktober - november er betydelig redusert sammenlignet med fullt utbygd fylling i denne perioden (vist i Figur 9). Konsekvensene ved en 10-årsflom i perioden desember – mars er omtrent like konsekvensene i perioden januar – mars (vist i Figur 12).

Periode oktober-november



Figur 15 Fylling fra Våløya (Hovemoen) redusert til akse 4. Vannstandsendinger (til venstre) og hastighetsendringer (til høyre). 10-årsflom i perioden oktober – november.

Periode desember-mars



Figur 16 Fylling fra Våløya (Hovemoen). Vannstandsendinger (til venstre) og hastighetsendringer (til høyre). 10-årsflom i perioden desember – mars.

3.3 Konklusjoner og anbefalinger

Toppen av fyllingen ved akse 3 er planlagt på kote 122, og man forventer at vannstanden i Mjøsa kan ligge over kote 122 i desember.

Erosjon av elvebunnen ved fyllingene kan forårsake at nederste deler av fyllinger blir ustabile, og kan bli ødelagt. En eventuell sikring av midlertidige fyllinger i anleggsfasen må sees i sammenheng med behovet for permanent erosjonssikring av aksene 1-4 for brua.

Økninger i hastigheter og endringer av strømningsforholdene (plassering av hovedstrømmen) vil øke faren for erosjon under en flomsituasjon. De høyeste hastighetene og hastighetsøkningene ligger i hovedløpet, og

bortsett fra en økning av massetransport på disse stedene, forventer man ikke betydelige konsekvenser for allmennheten (ved en 10-årsflom og basert på dagens kunnskap). Økning i hastighet langs Våløya og vestre elvebredd vil øke faren for erosjon langs skråningene, og erosjon her er ikke ønskelig.

Som vist i Figur 17 finnes det erosjonssikringstiltak på vestre side av Våløya (registrert i NVE Atlas). På nettsiden er det oppgitt at dette er erosjonssikring etter flomskade i Lågendeltaet, reparasjon etter 1995-flommen og at den er plastring med finmasser. Tiltaket ble bygd i mai 2002.



Figur 17 Registret erosjonssikringstiltak i NVE Atlas

Vurderingene er utført for en 10-års returperiode. Dersom en større flom inntreffer, vil hastighetsøkningene kunne bli større. Det anbefales å utarbeide en beredskapsplan for å kunne håndtere en stor flom under byggeperioden.

4 Referanser

- [1] N. Standard, «Eurokode 1: Laster på konstruksjoner - Del 1-1: Allmenne laster - Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger,» 2019.
- [2] 2. Terratec, «Rapport fra laserskanning. Kartlegging av to strekninger i Gudbrandsdalslågen».
- [3] NVE, Vassdragshåndboka. Håndbok i vassdragsteknikk, 2010.

Notat E6 Roterud - Storhove



Oppdragsgiver: **AF Gruppen AS**

Oppdragsnr.: **5195019** Dokumentnr.: **NOTA-hyd-002**

C03	2022-04-08	For behandling hos planmyndigheter	C. F. Uribe	H. Opaker	RUWES
A02	2022-04-07	Med senere etablering av fylling i akse 3	C. F. Uribe	H. Opaker	RUWES
A01	2022-04-01	For gjennomgang	C. F. Uribe	H. Opaker	RUWES
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.