

02.2026
INNLANDET FYLKESKOMMUNE

FLOMBEREGNING 34-0147 OSA BRU

RAPPORT



COWI

02.2026
INNLANDET FYLKESKOMMUNE

FLOMBEREGNING 34-0147

OSA BRU

RAPPORT

OPPDRAGSNR.	DOKUMENTNR.
A253527	RAP-HYD_04-0409-001 / RAP-HYD_34-0147-001

VERSJON	UTGIVELSESDATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET	KONTROLLERT	GODKJENT
1	29.09.2025	Hele rapporten er oppdatert	GUBE	VIHV	STRV
2	21.10.2025	Kapittel om 50årsflom er lagt til. Kap. 5.8 og 5.9 i forrige revisjon er forskjøvet til kap. 5.10 og 5.11.	GUBE	VIHV	STRV
3	17.02.2026	Oppdatert kap 5.11.3	GUBE	VIHV	

INNHold

1	Innledning	7
2	Feltbeskrivelse	8
2.1	Feltparametere	9
3	Krav til flomberegninger	10
3.1	Krav til dimensjonerende flom	10
4	Flomberegning	13
4.1	FFA	13
4.2	RFFA-2018	14
4.3	Valg av dimensjonerende flomstørrelse	14
5	Hydraulisk modellering	15
5.1	Resultater for Q200*1,2*1,2 med lengde 45 meter	18
5.2	Resultater for Q200*1,2*1,2 med lengde 50 meter	21
5.3	Resultater for Q10 (377 m ³ /s) med lengde 50 meter	24
5.4	Resultater for Q10 (377 m ³ /s) med spunkasse og lengde 50 meter	27
5.5	Resultater for Qmiddelflom (264 m ³ /s) med lengde 50 meter	29
5.6	Resultater for Qnormal (11,2 m ³ /s) og lengde 50 meter	31
5.7	Resultater for Qnormal (11,2 m ³ /s) med spunkasse og lengde 50 m.	34
5.8	Resultater for Q50*1,2*1,2 (703 m ³ /s) og lengde 50 meter	36
5.9	Resultater for Q50*1,2*1,2 (703 m ³ /s) med spunkasse og lengde 50 meter	38

5.10	Endringer i vannhastigheter	42
5.11	Erosjonssikring	43
6	Konklusjon	47
7	Kilder	48

1 Innledning

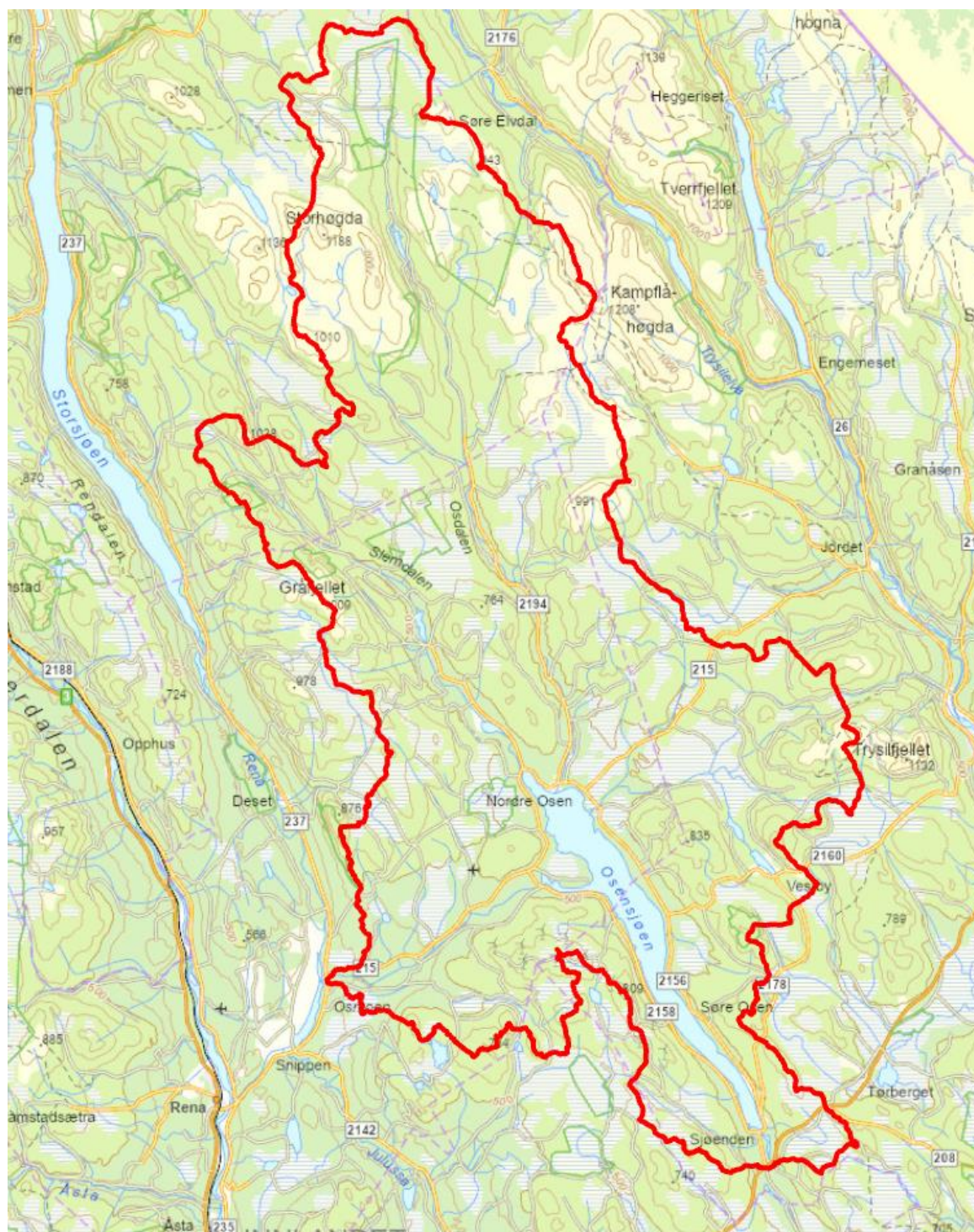
04-0409 Osa bru er i dag i dårlig forfatning og skal erstattes med ny konstruksjon Osa bru 34-0147. Dagens bru er en ettspenns stålbru på betonglandkar. Dagen lysåpning har en bredde på ca. 40m og med en ukjent høyde. Det er mottatt flomberegninger for dammer i vassdraget fra GLB[1], [2]. Beregning av 200-års flom er basert på denne. Det er utført hydrauliske beregninger i Hecras for vurdering av nødvendig lysåpning i forbindelse med ny konstruksjon. Osa bru ligger i Åmot kommune og veien har en ÅDT i dag på 1500. Beregninger er utført for ny bru 34-0147 på nytt brusted.

2 Feltbeskrivelse

Nedbørfeltet til Osa bru er vist i Figur 1. Nedbørfeltets avgrensning er utarbeidet ved hjelp av NVE-verktøyet NEVINA. Nedbørfeltet er stort med et areal på ca. 1350 km² og har en høydeforskjell på (1202-240 moh) og har en stor andel skog (68%). Effektiv innsjøprosent er på 2,8 %.

Feltparametere tilsier en treg avrenning. Området ligger i tillegg i et område med noe lav normalavrenning og spesifikke flomstørrelser kan derfor forventes å være relativt lave.

Normalavrenning 1991-2020 er på 18,8 l/s*km².

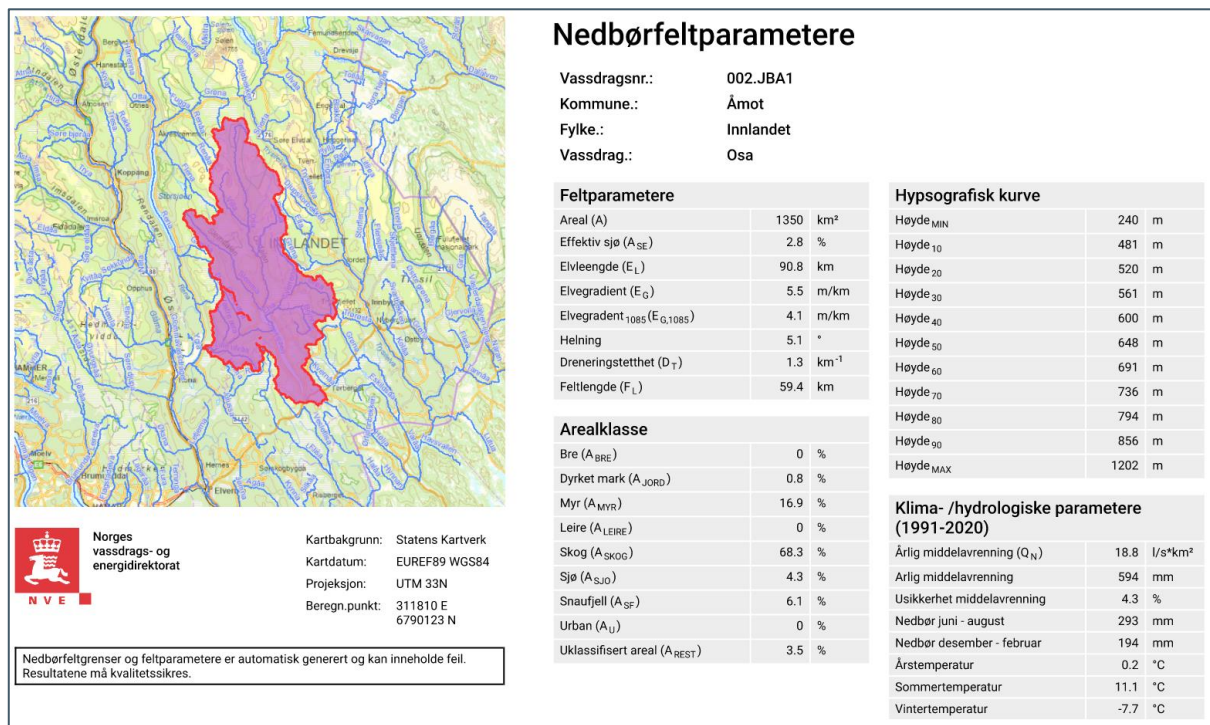


Figur 1. Nedbørfeltet til Osa bru.

2.1 Feltparametere

Feltparametere for nedbørfeltet er vist i Figur 2.

Feltparametere er hentet fra NEVINA.



Figur 2. Feltparametere fra Nevina.

3 Krav til flomberegninger

Flomberegninger og hydrauliske beregninger er utført for å finne dimensjonerende flomvannstander samt vurdere kapasiteten til ny konstruksjon.

3.1 Krav til dimensjonerende flom

Valg av dimensjonerende flom, sikkerhetsfaktor og klimafaktor er gitt i vegnormal N200 [1] og vegnormal N400 [4]. Returperiode for flomhendelser for konstruksjoner med diameter over 2,5 m defineres som bru med krav om sikkerhet mot 200-års flom. Dimensjonerende flomstørrelse for Osa bru blir en 200-årsflom.

3.1.1 Sikkerhetsklasse for veg

Etter krav i vegnormal N400 [4] skal sikkerhetsklasse V3 forutsettes for bruer.

3.1.2 Klimafaktor

Etter krav i vegnormal N200 [1] skal den dimensjonerende vannføringen ta høyde både for klimaendringer og usikkerhet i beregningen. Klimafaktoren F_k ble bestemt ut fra Tabell 1. Tabellen er basert på klimaprofilene for norske fylker, utarbeidet av Norsk Klimaservicesenter, (2015 - 2017), og tilpasset kravene i vegnormal N200 [1]. For Hedmark er klimafaktoren 1,2 (20 % påslag) for store nedbørfelt ($>60\text{km}^2$). En klimafaktor på 1,2 skal derfor benyttes i henhold til tabellen. Tabellen viser imidlertid konservative verdier da det for store felt som er dominert av snøsmelting anbefales 0% i klimapåslag som vist under fra klimaprofil for Hedmark;

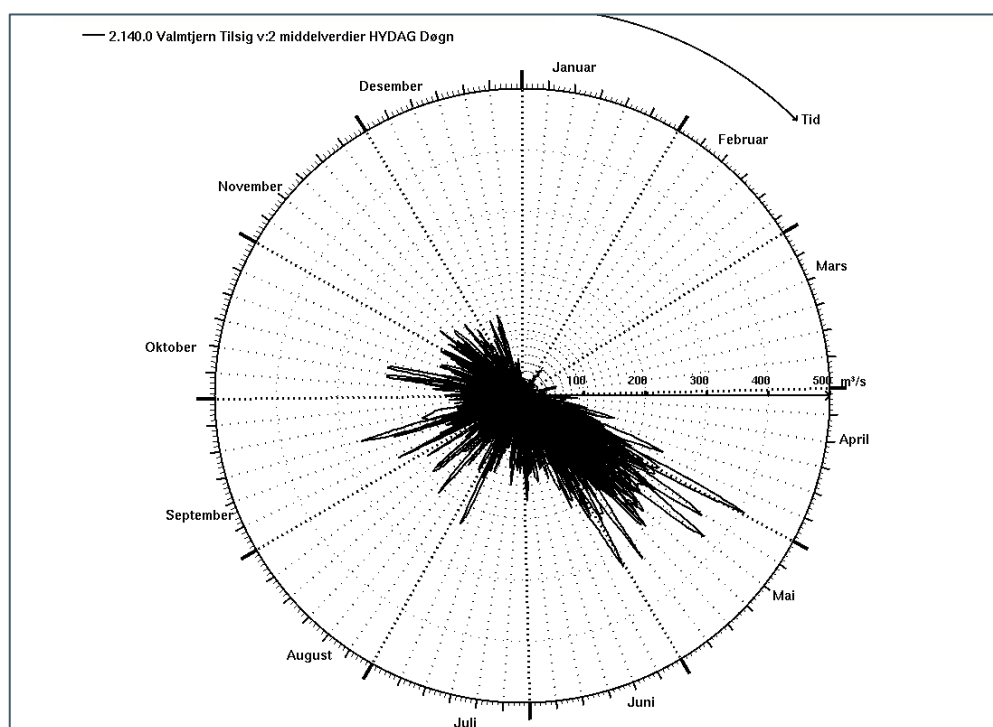
Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er 0 % i hovedløpet til Glomma, Mjøsa og andre store nedbørfelt. Minst 20 % klimapåslag anbefales for små nedbørfelt.

En fordeling av de største årlige flommer gjennom året er vist i Figur 3. Det er tydelig at vårflommer gir de største vannføringene i vassdraget.

Det er likevel valgt å benytte et klimapåslag på 20 % i denne beregningen.

Tabell 1 Klimafaktor F_k (vegnormal N200).

Fylke	F_k	
	Små nedbørsfelt	Store nedbørsfelt
Oslo og Akershus	1,3	1,3
Buskerud	1,4	1,3
Vest-Agder	1,3	1,2
Aust-Agder	1,3	1,2
Finnmark	1,3	1,2
Hordaland	1,4	1,4
Møre og Romsdal	1,4	1,4
Nord-Trøndelag	1,3	1,3
Nordland	1,4	1,4
Oppland	1,2	1,2
Hedmark	1,4	1,2
Rogaland	1,3	1,3
Sogn og Fjordane	1,4	1,4
Sør-Trøndelag	1,2	1,2
Telemark	1,2	1,2
Troms	1,3	1,3
Østfold	1,4	1,2
Vestfold	1,2	1,2



Figur 3. Årspolarplott for Ossjøen.

3.1.3 Sikkerhetsfaktor

I vegnormal N200 [1] kreves en sikkerhetsfaktor (F_s) for usikkerheter ved de hydrologiske beregningene som vist i Tabell 2. Sikkerhetsfaktoren avhenger av sikkerhetsklasse på vegen og kvaliteten på det hydrologiske grunnlaget. Flomberegningen er vurdert til å være i klasse 1 (godt hydrologisk grunnlag). Benyttet sikkerhetsfaktor blir dermed på 1,2 (klasse 1 og V3).

Tabell 2 Sikkerhetsfaktor for håndtering av usikkerhet ved hydrologiske beregninger (vegnormal N200).

Sikkerhetsklasse av veg påvirket av flom	Kvalitet på det hydrologiske datagrunnlaget		
	Klasse 1	Klasse 2 eller 3	Klasse 4 eller 5
V1	1,0	1,1	1,2
V2	1,1	1,2	1,3
V3	1,2	1,3	1,4

Tabell 3 Klasse og klassifiseringskriterier for hydrologisk grunnlag (vegnormal N200).

Klasse	Klassifiseringskriterier
1	Godt hydrologiske datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget
2	Brukbart hydrologiske datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget
3	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser
4	Begrenset hydrologisk datagrunnlag
5	Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i områder

Flomberegningen er gjennomført i samsvar med kravene gitt i retningslinjene fra vegnormal N200 [1] og håndbok V240 [6]. Det benyttes en sikkerhetsfaktor på 1,2. Med bakgrunn i usikkerhet rundt valg av klimafaktor er det utført beregninger både med og uten klimafaktor.

$$Q_{dim} = Q_T * F_k * F_s$$

Q_{dim} - dimensjonerende flom

F_k - klimafaktor for store og små nedbørsfelt

F_s - sikkerhetsfaktor, bestemt etter sikkerhetsklasse og hydrologisk grunnlag

4 Flomberegning

Det ble i 2016 utført flomberegninger for dammer oppstrøms i vassdraget for Osa bru. Flomberegningen var i hovedsak basert på flomfrekvensanalyse av tilsigsserien i Osensjøen (2.140 Valmtjern). Flomberegningen ble imidlertid kun utført for en 1000-års flom. Flomberegningen fra 2016 er gjennomgått og det er ikke funnet grunn til å benytte andre flomverdier enn det som ble beregnet. Beregnede flomstørrelser for 1000-års flom i vassdraget er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Beregnede kulminerende flomstørrelser for Q1000 (Norconsult 2016)).

Damsted	Gj.int.	HRV (m)	Tilløp (m3/s)	Avløp (m3/s)	Vannst. (m.o.h)	Vannst. o. HRV
Osensjøen	Q ₁₀₀₀	437,82	636,7	634,5	437,82	0,00
	1,5xQ ₁₀₀₀₀		955,0	704,1	438,18	0,36
Kvernfalllet	Q ₁₀₀₀	311,00	661,5	661,5	315,07	4,07
(kl. 0)	1,5xQ ₁₀₀₀₀		747,5	747,5	315,36	4,36
Osfallet	Q ₁₀₀₀	286,86	682,3	682,3	286,95	3,09
(kl. 2)	1,5xQ ₁₀₀₀₀		782,6	782,6	287,18	3,32

4.1 FFA

Det er utført en flomfrekvensanalyse (FFA) på 2.140 (Valmtjern) for kontroll mot tidligere flomberegning, noe som ga svært like resultater som tidligere beregnet. Analysen ga en døgnmiddelflom på 164,5 l/s*km² (193,43 m³/s) og er vist i Tabell 5. Ved å benytte forholdstallet Q200/Qm på 2,2 og forholdstallet mellom døgnmiddel/kulminasjon på 1,19 fra tidligere flomberegning blir 200-årsflommen på; 164,5*1,19=430 l/s*km² (581 m³/s). Resulterende flomstørrelser med ulike påslag (sikkerhetsfaktor og klima) er vist i Tabell 6.

Tabell 5 Flomfrekvensanalyse på døgnmidler.

2.140.0.1050.2 (Tilsig) Valmtjern Gjennomsnitt 1909-2006 HYDAG Døgn		
Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflom): 193.432		
Gumbel (L-moment): $f(x)=(1/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)\exp(-(x-u)/\alpha)$ $\alpha=49,3$ $u=165$		
Maksimums-kvantiler:		
Gjentaksintervall (år)	Måleverdier	Relative måleverdier
2	183,04	0,946
5	238,94	1,235
10	275,94	1,427
20	311,44	1,610
50	357,39	1,848
100	391,82	2,026
200	426,13	2,203
500	471,39	2,437
1000	505,60	2,614

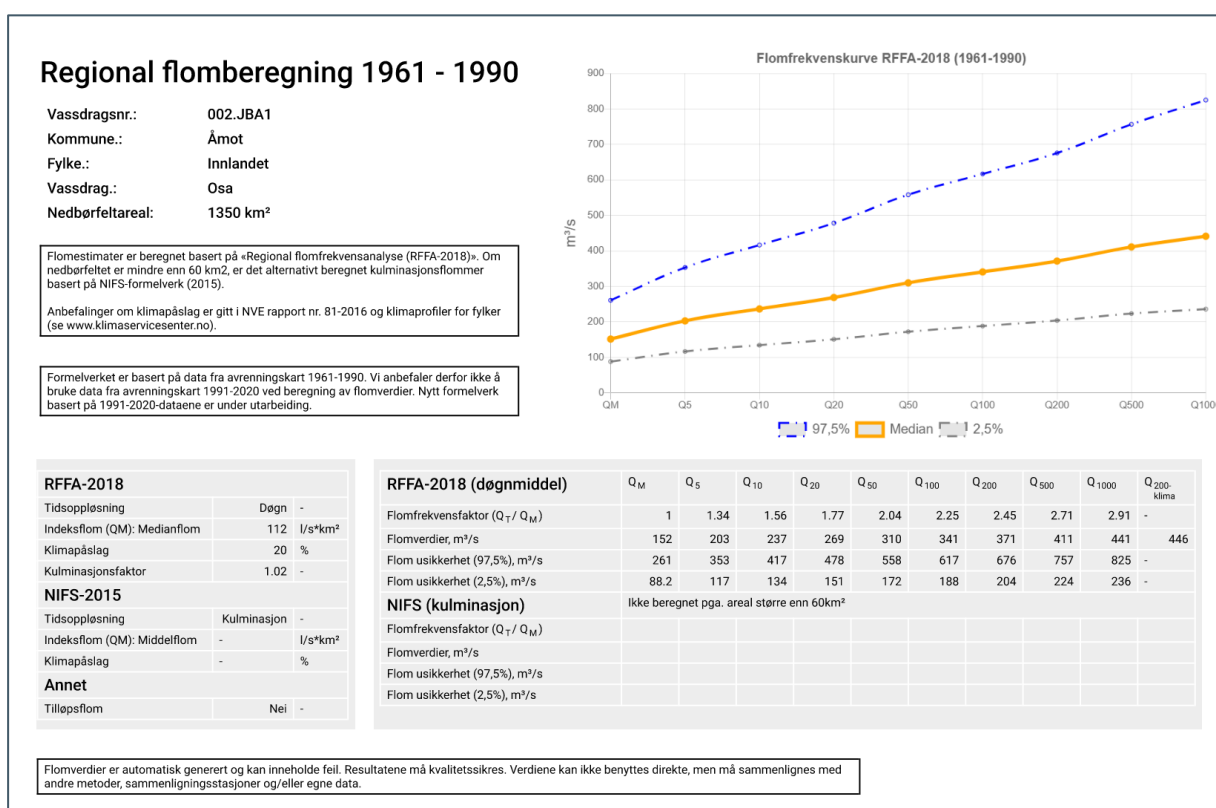
Tabell 6 Kulminasjonsverdier for flom ved Osa med ulike påslag.

Flomstørrelse	m ³ /s	l/s*km ²
Q200	581	431
Q200*1,2	698	517
Q200*1,2*1,2	837	620

4.2 RFFA-2018

En flomberegning er utført med formelverket (RFFA-2018) ved bruk av NEVINA-verktøyet. Formelverket er beskrevet i NVEs veileder for flomberegninger [7].

Estimert medianflom er på 112 l/s*km² og er betydelig mindre enn medianflom fra tilsigserien til Valmtjern som er på 161 l/s*km² (217 m³/s ved Osa bru). Formelverket vurderes derfor til å underestimere flomstørrelsene. Ved å benytte medianflom på 161 l/s*km² og faktor på 1,19 for kulminasjonsflom gir formelverket samsvarende flomstørrelse som flomfrekvensanalysen. Kulminerende 200-årsflom blir da på 217 m³/s*2.45*1.19=632 m³/s. Dette er 51 m³/s mer enn fra flomfrekvensanalysen kombinert med tidligere flomberegning.



Figur 4. Resultater fra RFFA-2018.

4.3 Valg av dimensjonerende flomstørrelse

Det er valgt å benytte resultater fra flomfrekvensanalysen i kombinasjon med resultater fra flomberegningen i 2016. Resultatet blir samsvarende med korrigert medianflom med formelverket RFFA-2018.

Dimensjonerende flom (Q200) for Osa bru blir dermed på; **581 m³/s * 1.2 (klimafaktor) * 1,2 (sikkerhetsfaktor) = 837 m³/s (620 l/s*km²)**.

5 Hydraulisk modellering

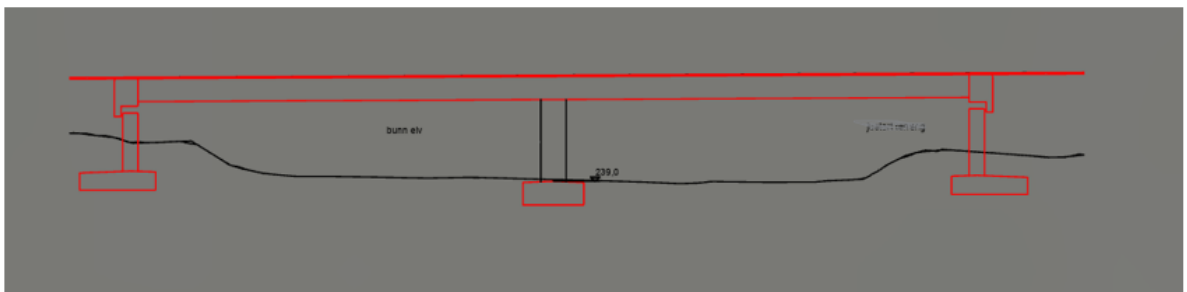
Det er benyttet det hydrauliske dataprogrammet Hecras 6.6 for beregning av vannstander, vannhastigheter og nødvendig dimensjon på brua. Det er benyttet en 2-dimensjonal-metodikk for beregningen.

Terrengmodellen er etablert ved bruk av laserdata (LIDAR). Terrengmodellens oppløsning er på 0,25 m*0,25 m med høydereferanse NN2000. Benyttet ruhet i modellen (Manning's n) er på 0,04.

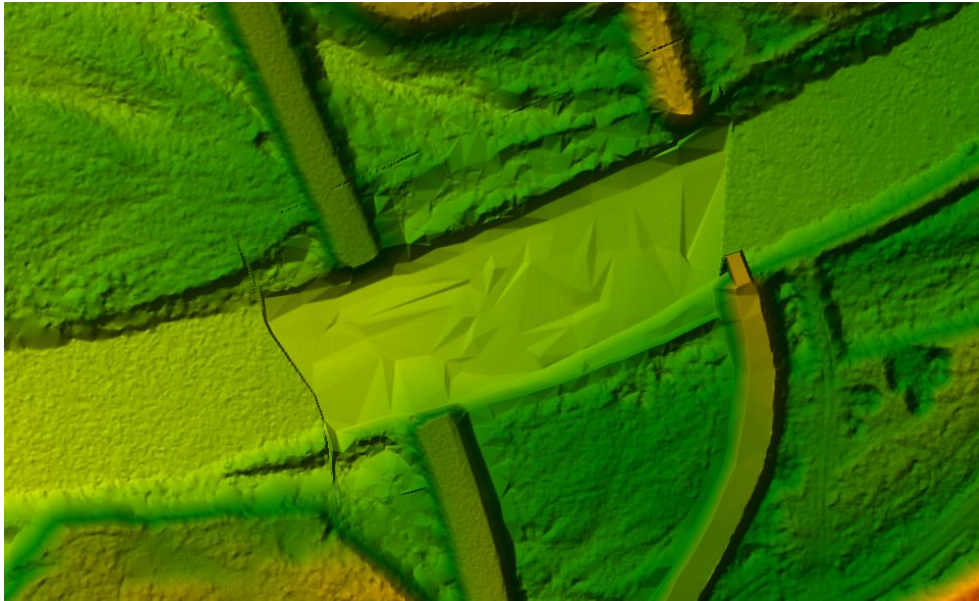
Nedstrøms grensebetingelse er satt til 1000 års flomvannstand på kote 237.11. Nedstrøms grensebetingelse påvirker imidlertid ikke vannstanden ved Osa. Skisse for ny Osa bru med 50m lengde er vist i Figur 5. Det er benyttet en bredde på pilar på 1,5m.

Det er ikke opplyst om at det har vært problemer med bruas kapasitet. Lysåpningens høyde på dagens bru er ukjent.

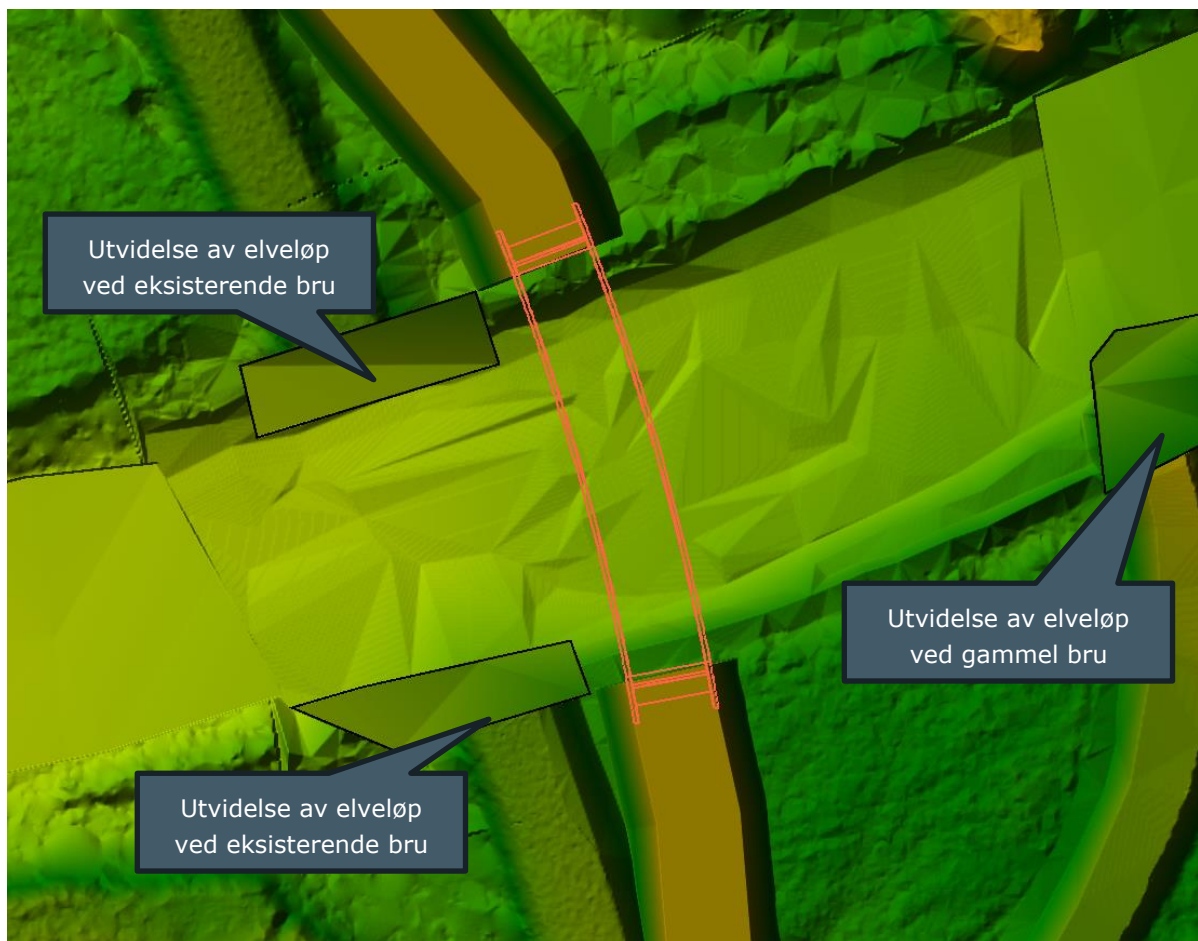
Elvebunnens topografi ved bru er oppmålt over en strekning på ca. 20 m nedstrøms og 80 m oppstrøms for eksisterende bru. Lidar data måler ikke terreng under vann så det er en usikkerhet rundt elvebunnens faktiske høyde utenfor det oppmålte området. Original terrengmodell er vist i Figur 6. Benyttet terrengmodell for bru med lengde 50 m er vist i Figur 7. Elvebredden ved eksisterende bru er forutsatt utvidet og tilpasset ny brulengde. Deler av den eldre brua oppstrøms er også forutsatt fjernet. Terrengmodellen(elvebunnen) er manuelt senket ca. 0,5 m i elvebunnen oppstrøms og nedstrøms for det oppmålte området. Ny vei mot ny Osa bru er grovt plassert og vil ikke påvirke beregningene. Terreng ved ny Osa bru er uendret, og landkarene er plassert utenfor elveløpet.



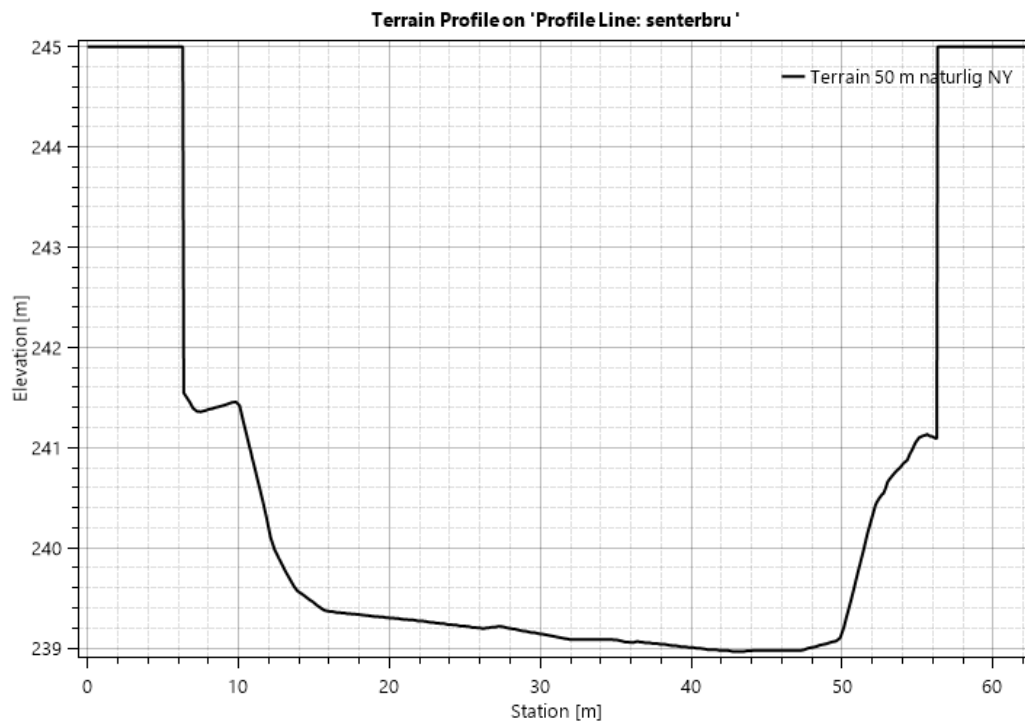
Figur 5. Ny Osa bru med 50m lengde.



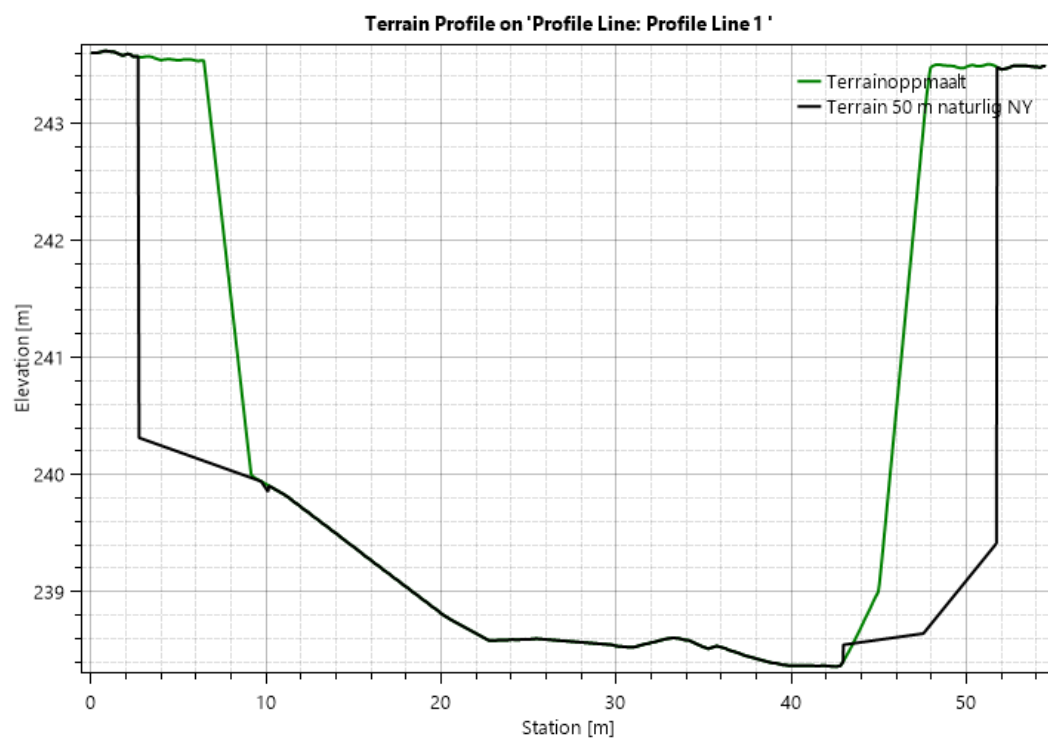
Figur 6. Original terrengmodell med innmåling.



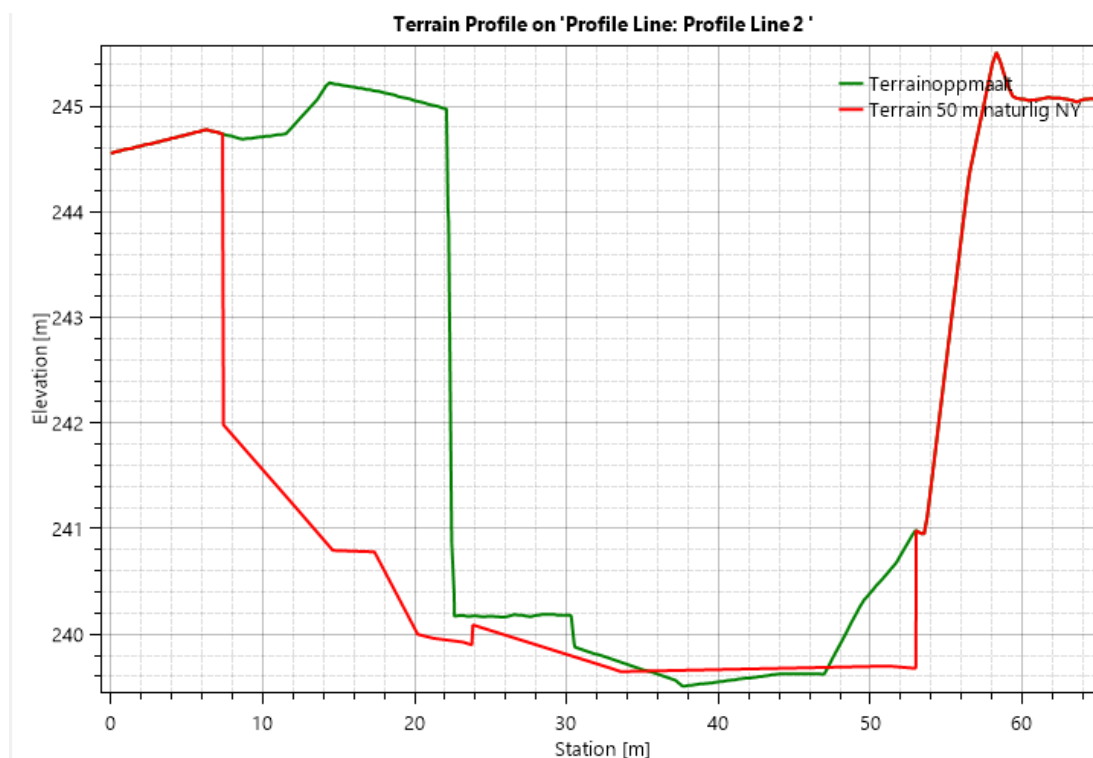
Figur 7. Benyttet terrengmodell for ny 50m bru. Utføres ved at lysåpning oppstrøms og nedstrøms blir omtrent som for ny bru.



Figur 8. Benyttet tverrsnitt for ny 50m Osa bru.



Figur 9. Benyttet utvidelse av tverrsnitt (i svart) ved eksisterende Osa bru.



Figur 10. Benyttet utvidelse av tverrsnitt (i rødt) ved eldre bru oppstrøms.

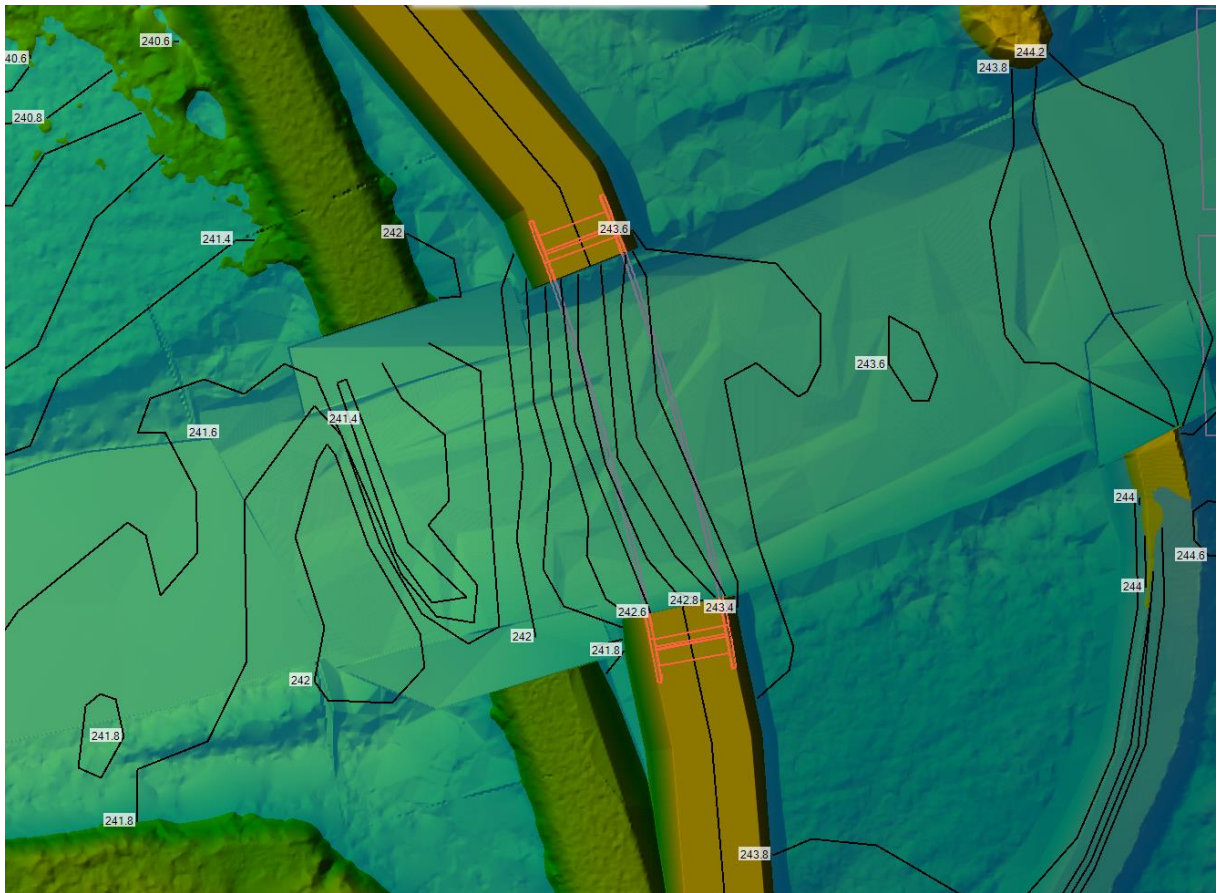
5.1 Resultater for Q200*1,2*1,2 med lengde 45 meter

Beregning med en brulengde på 45 m er vist i Figur 11 til Figur 14. Maksimal vannstand rett oppstrøms med sikkerhetsfaktor på 1,2 og klimafaktor på 1,2 er på 243,53. Med krav om 0,5 m fri høyde medfører dette at underkant av bru må ligge på minimum kote 244,03.

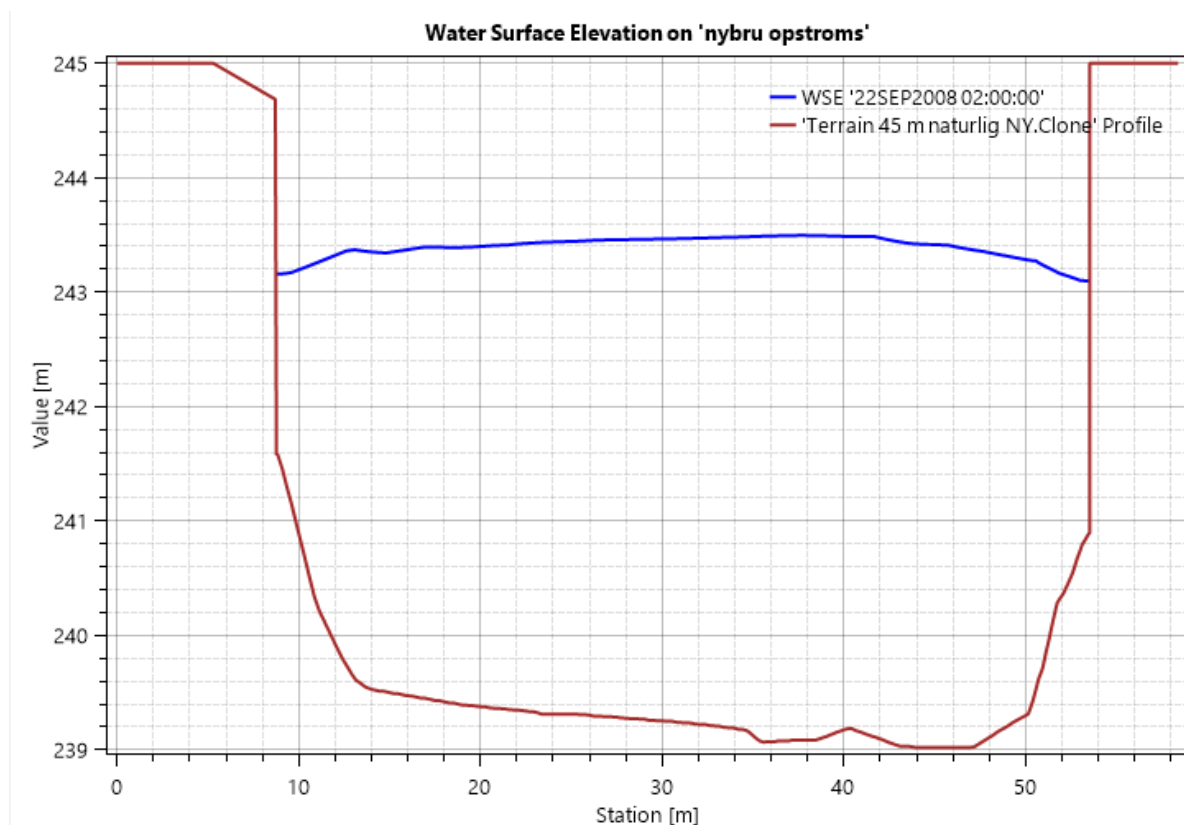
Maksimal vannstand rett nedstrøms bru er på 242,63.

Det er høye vannhastigheter ved bru og hastighetene ligger stort sett mellom 5-6 m/s, noe som er meget høyt. Nedstrøms er hastigheten opptil ca. 7 m/s. Risiko for erosjon vurderes som høy og en plastring rundt pilar og landkar er nødvendig.

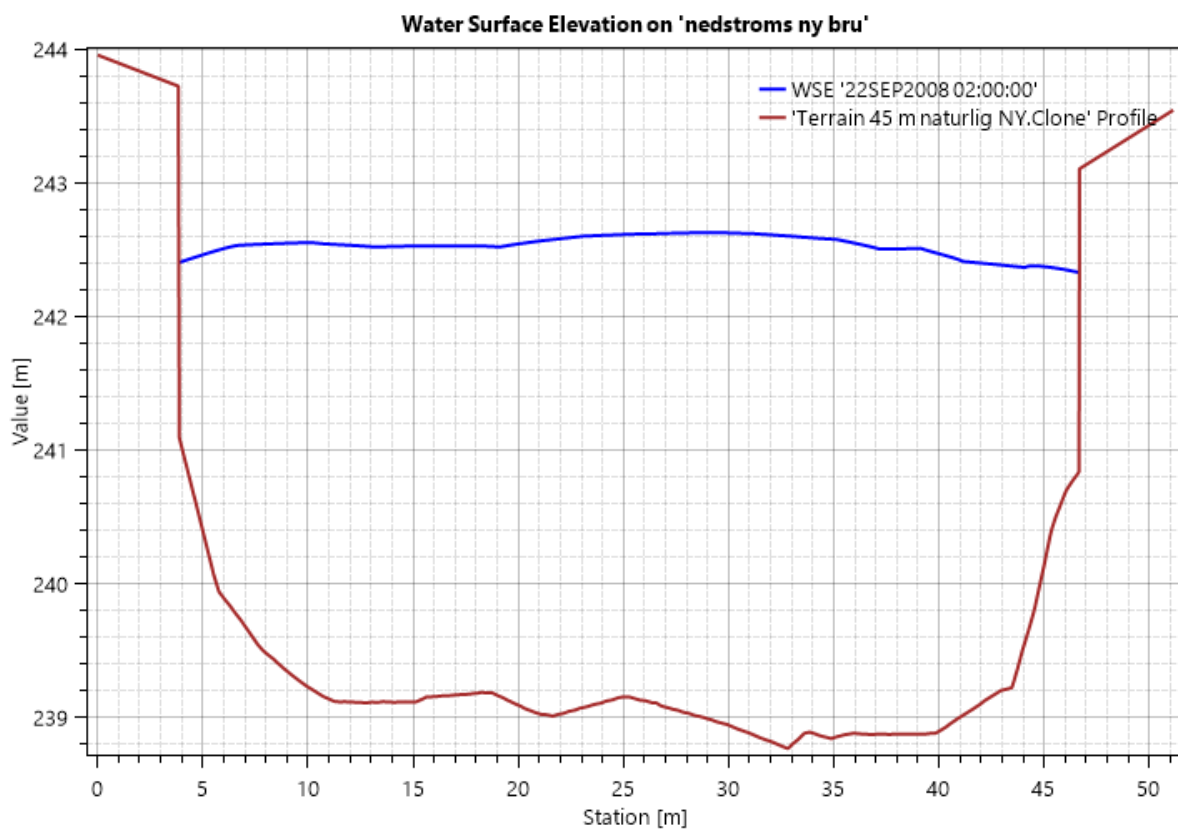
På grunn av de høye vannhastighetene og sannsynlig høy turbulens med luftinnblanding i vann anbefales det å legge til grunn en større fri høyde enn 0,5 m.



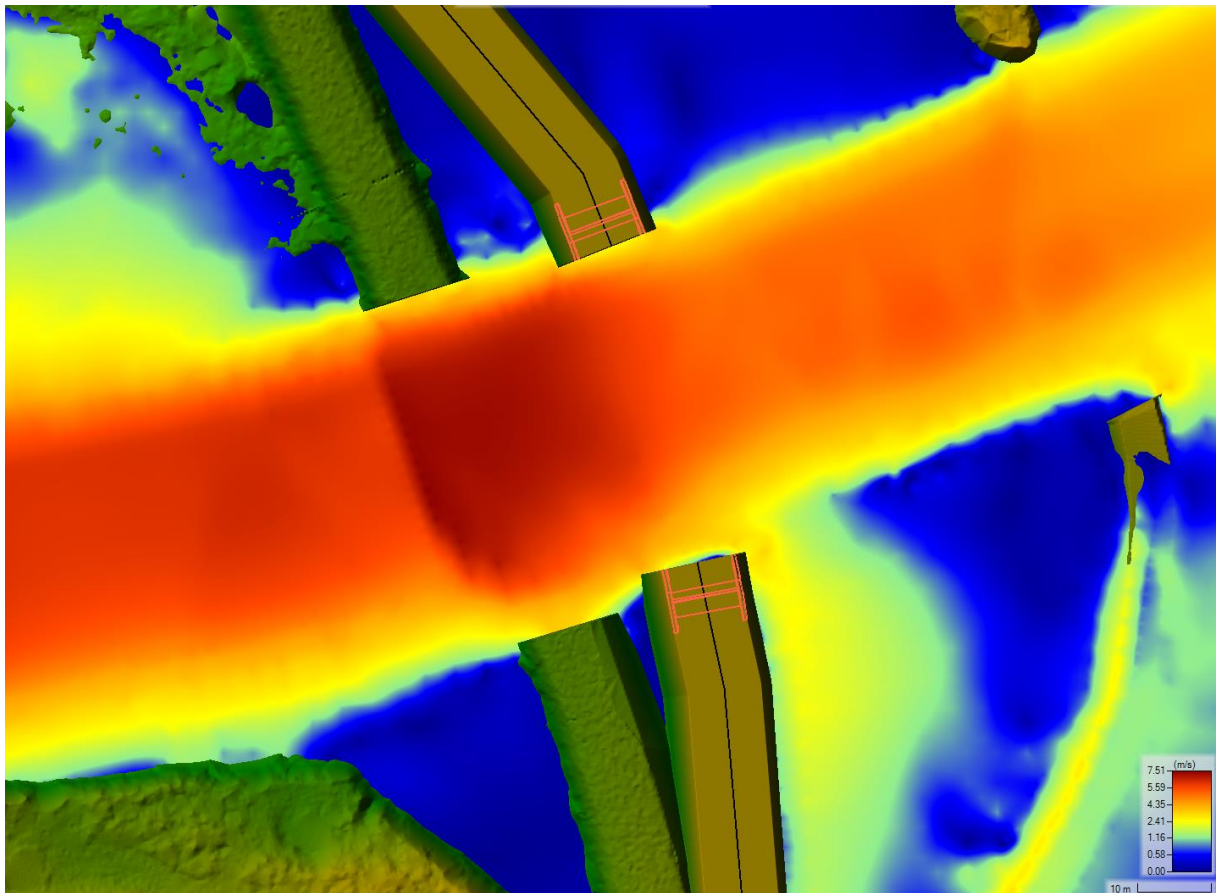
Figur 11. Resultat med 45 m lengde med Q200*1,2*1,2.



Figur 12. Flomvannstand rett oppstrøms bru med 45 m lengde og $Q_{200} \cdot 1,2 \cdot 1,2$.



Figur 13. Flomvannstand rett nedstrøms bru med 45 m lengde og $Q_{200} \cdot 1,2 \cdot 1,2$.



Figur 14. Vannhastigheter med 45 m lengde og Q200*1,2*1,2.

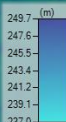
5.2 Resultater for Q200*1,2*1,2 med lengde 50 meter

Beregning med en brulengde på 50 m er vist i Figur 15 til Figur 18. Maksimal vannstand rett oppstrøms bru blir ca. 243,34. Med krav om 0,5 m fri høyde medfører dette at underkant av bru må ligge på minimum kote 243,84.

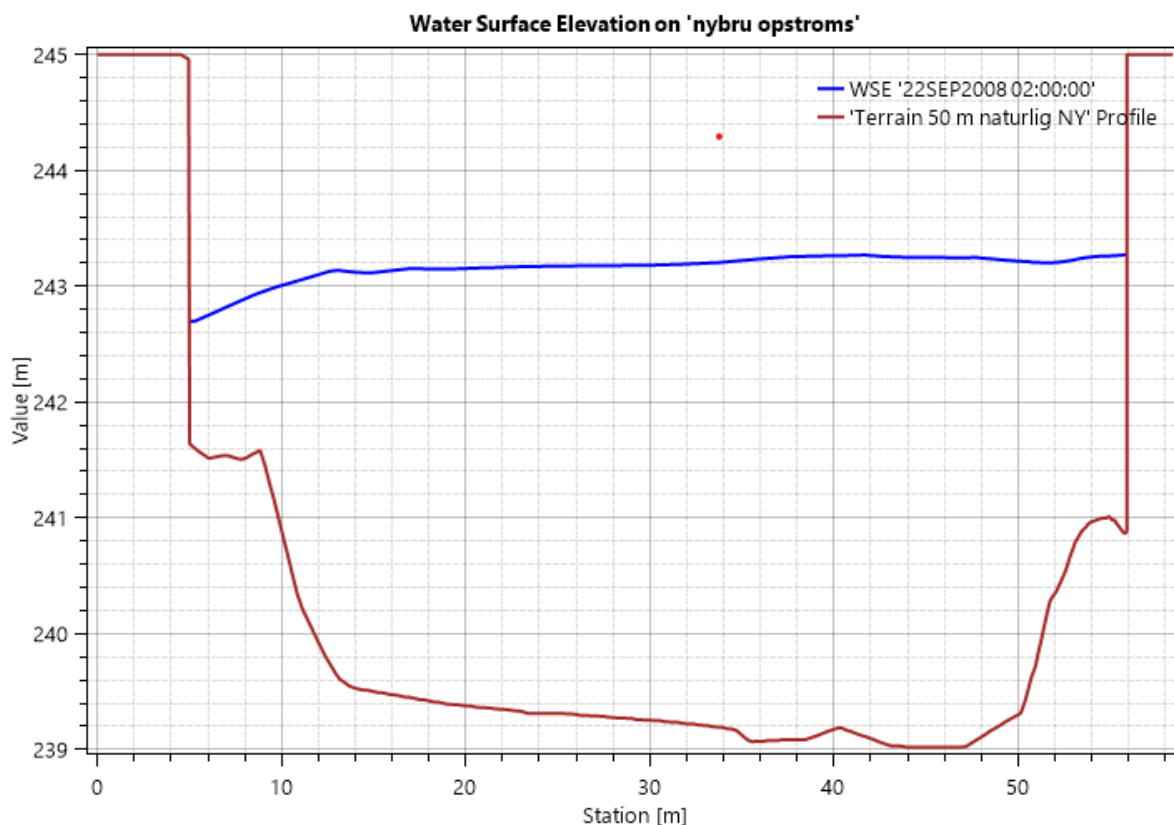
Maksimal vannstand rett nedstrøms bru er på 242,56.

Det er høye vannhastigheter ved bru og hastighetene ligger stort sett i underkant av 6 m/s, noe som er meget høyt. Nedstrøms er hastigheten opptil ca. 6 m/s. Risiko for erosjon vurderes som høy og en plastring rundt pilar og landkar er nødvendig.

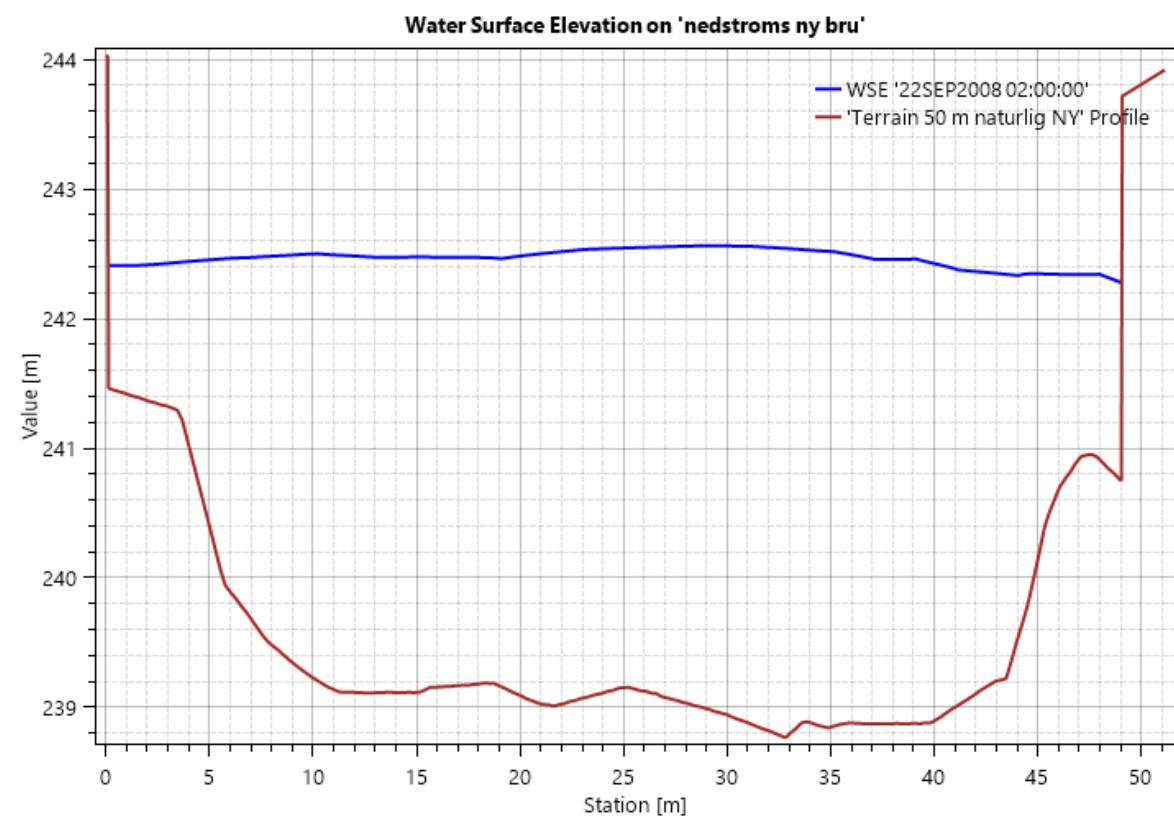
På grunn av de høye vannhastighetene og sannsynlig høy turbulens med luftinnblanding i vann anbefales det å legge til grunn en større fri høyde enn 0,5 m. Det er derfor prosjektert en ny bru med underkant av brudekket oppstrøms på minimum kote 244 noe som gir en fri høyde på 0,66m.



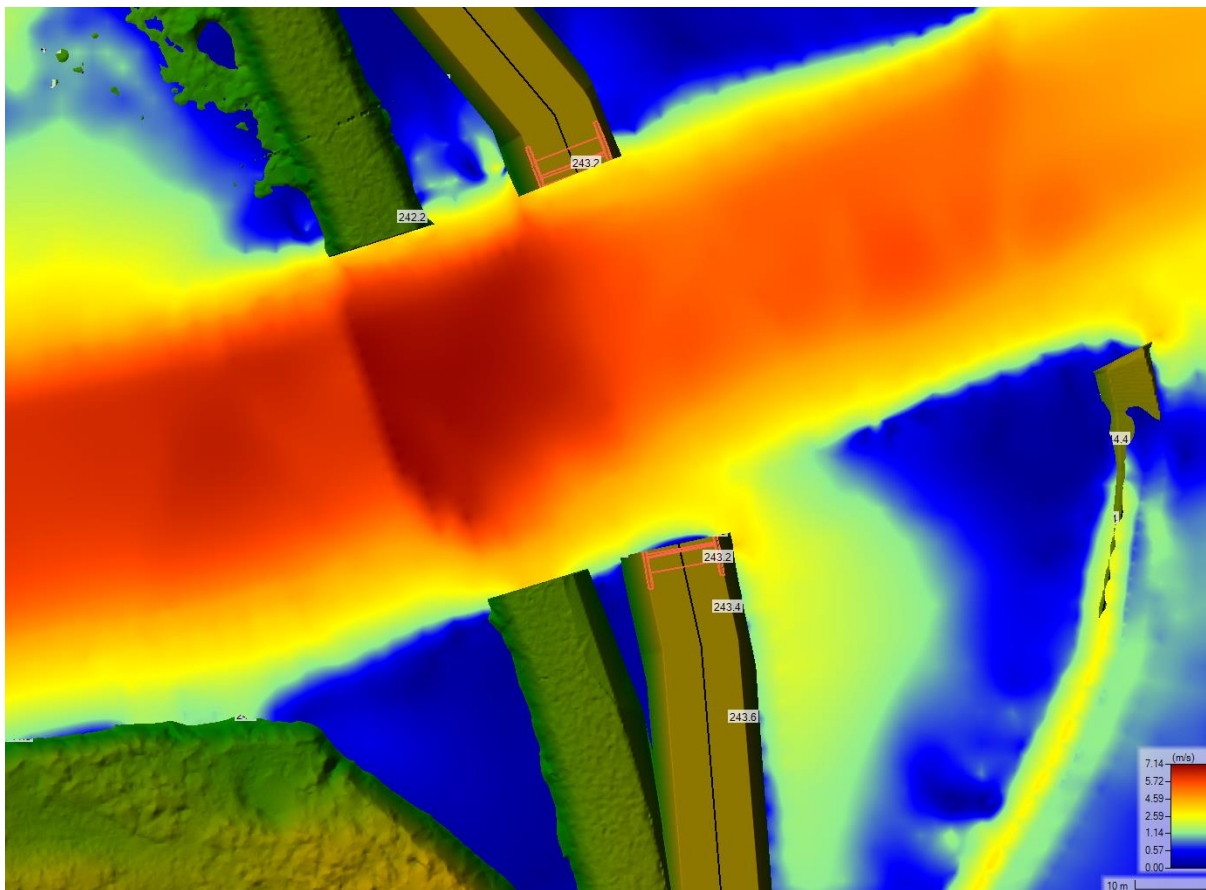
Figur 15. Resultat med 50 m lengde med Q200*1,2*1,2.



Figur 16. Flomvannstand rett oppstrøms med 50m lengde og Q200*1,2*1,2.



Figur 17. Flomvannstand rett nedstrøms med 50m lengde og Q200*1,2*1,2.



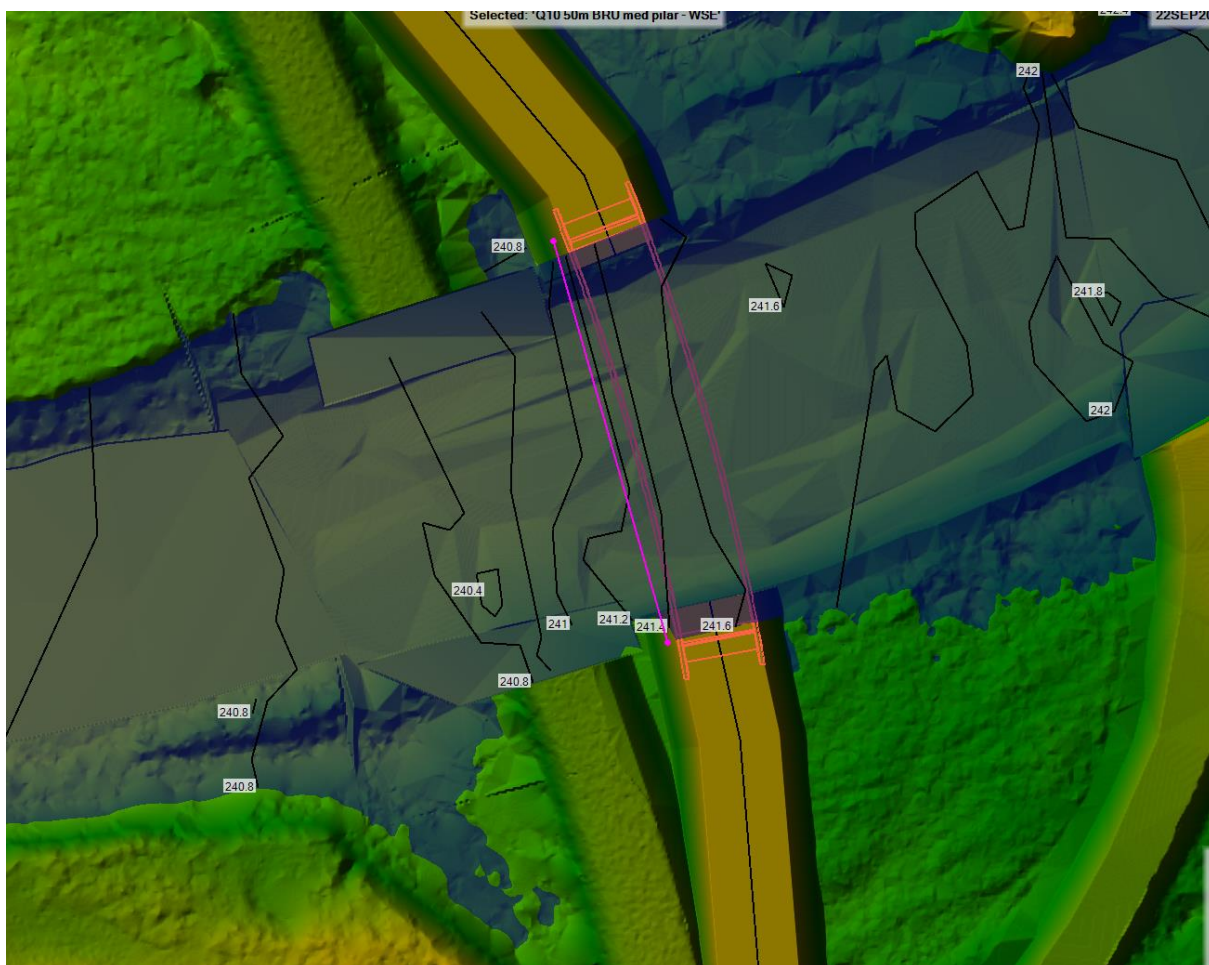
Figur 18. Vannhastigheter med 50 m lengde og Q200*1,2*1,2.

5.3 Resultater for Q10 (377 m³/s) med lengde 50 meter

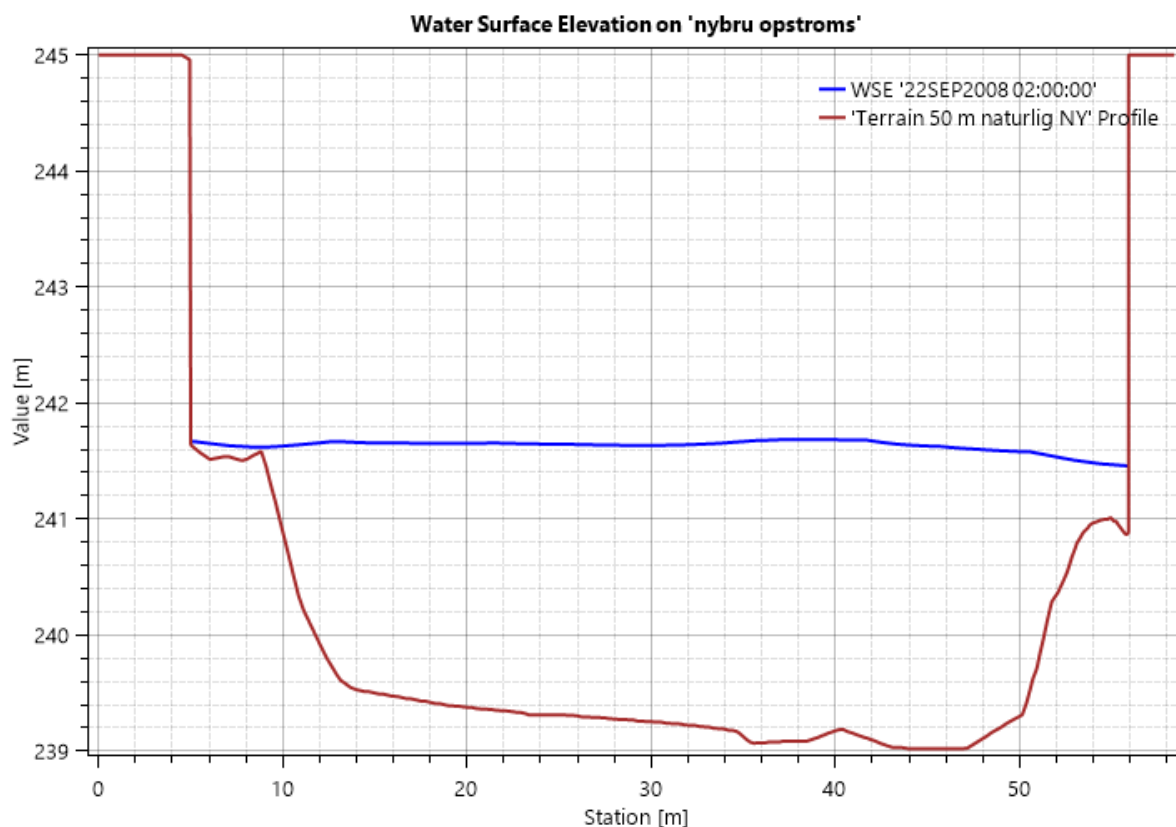
Beregning med en brulengde på 50 m er vist i Figur 19, Figur 20 og Figur 22. Maksimal vannstand rett oppstrøms bru blir ca. 241,70. Beregningen er uten klimafaktor og sikkerhetsfaktor.

Maksimal vannstand rett nedstrøms bru er på 241,34.

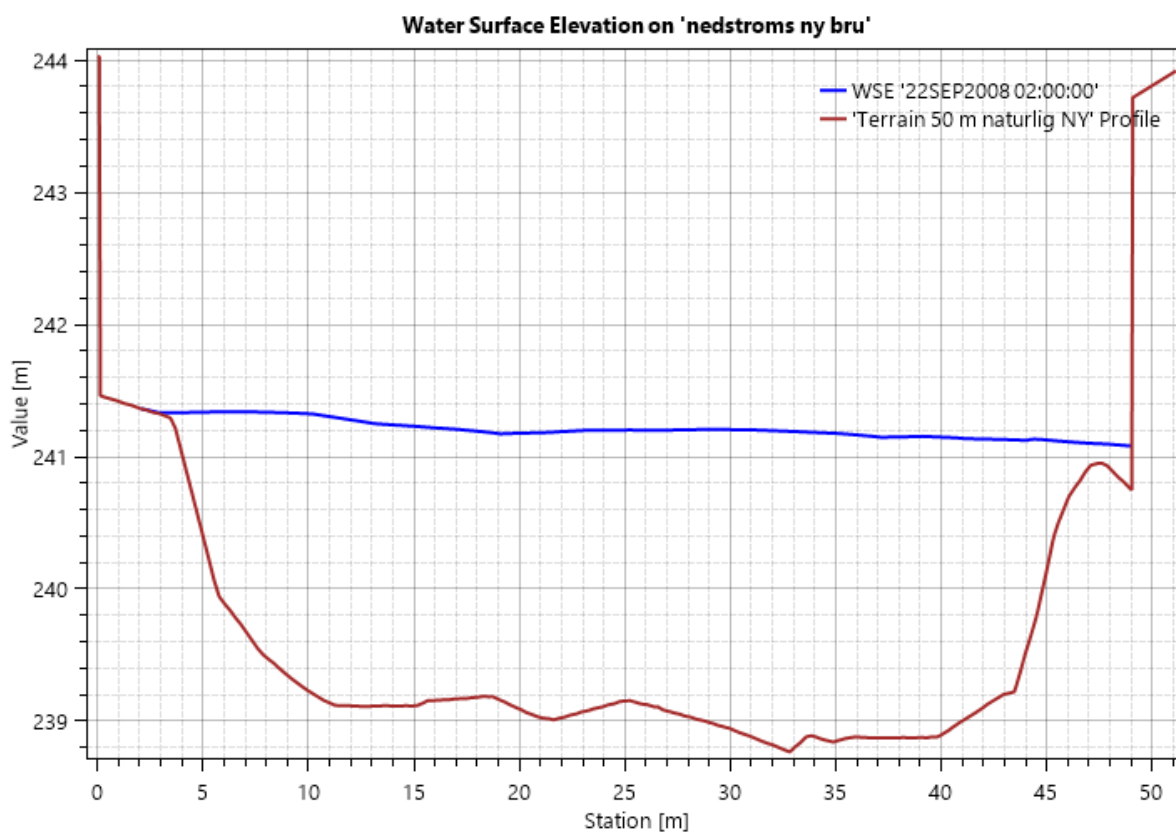
Det er høye vannhastigheter ved bru og de høyeste hastighetene ligger rundt 4-5 m/s.



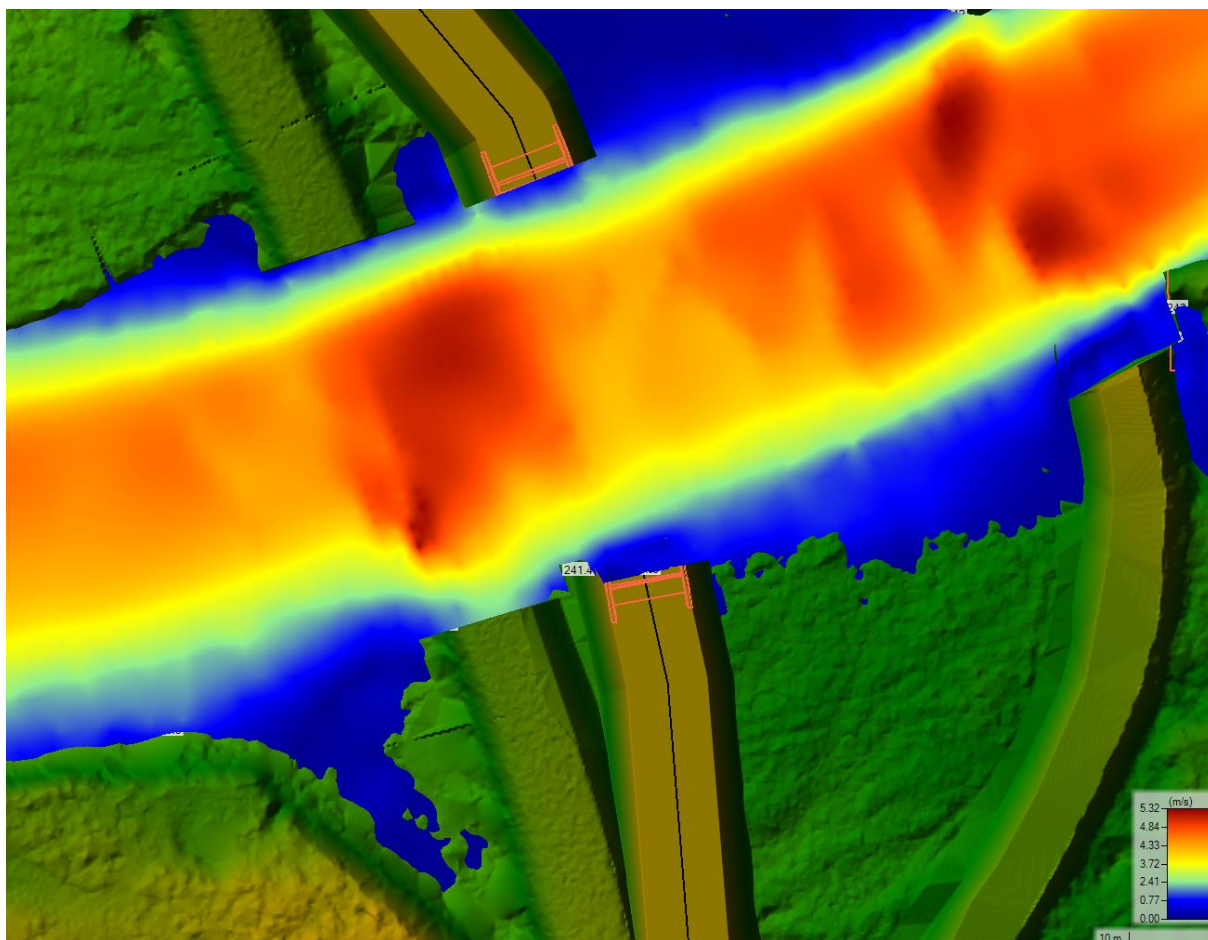
Figur 19. Resultat med 50 m lengde med Q10.



Figur 20. Flomvannstand rett oppstrøms med 50 m lengde med Q10.



Figur 21. Flomvannstand rett nedstrøms med 50 m lengde med Q10.



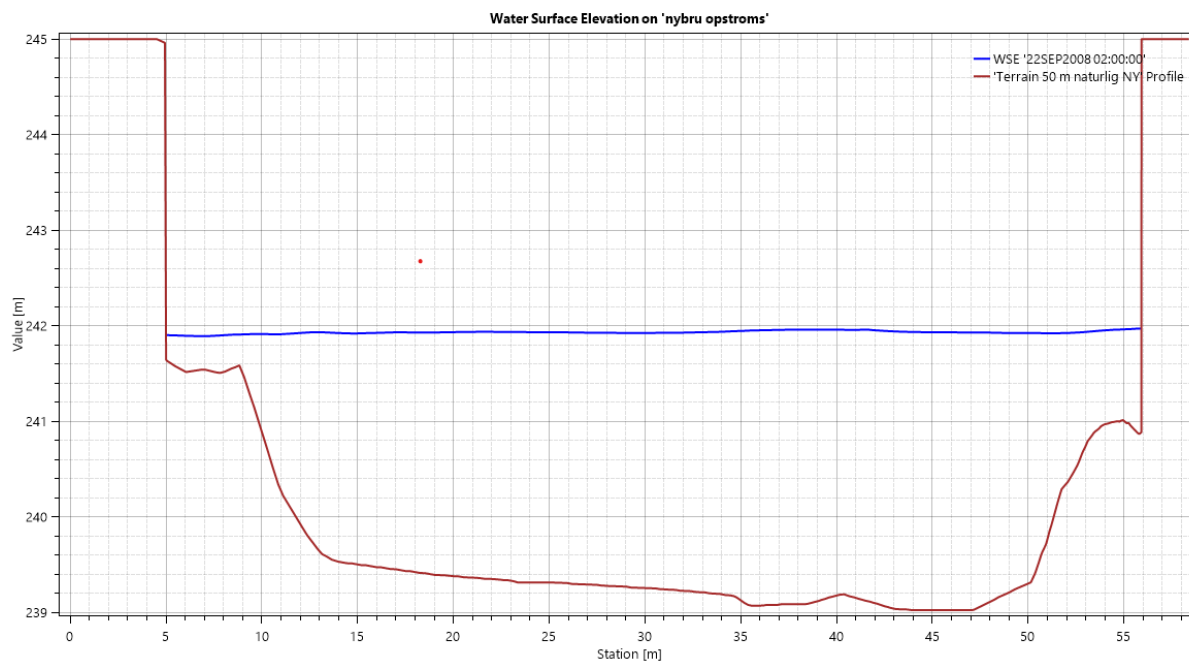
Figur 22. Vannhastigheter med 50 m lengde med Q10.

5.4 Resultater for Q10 (377 m³/s) med spunkasse og lengde 50 meter

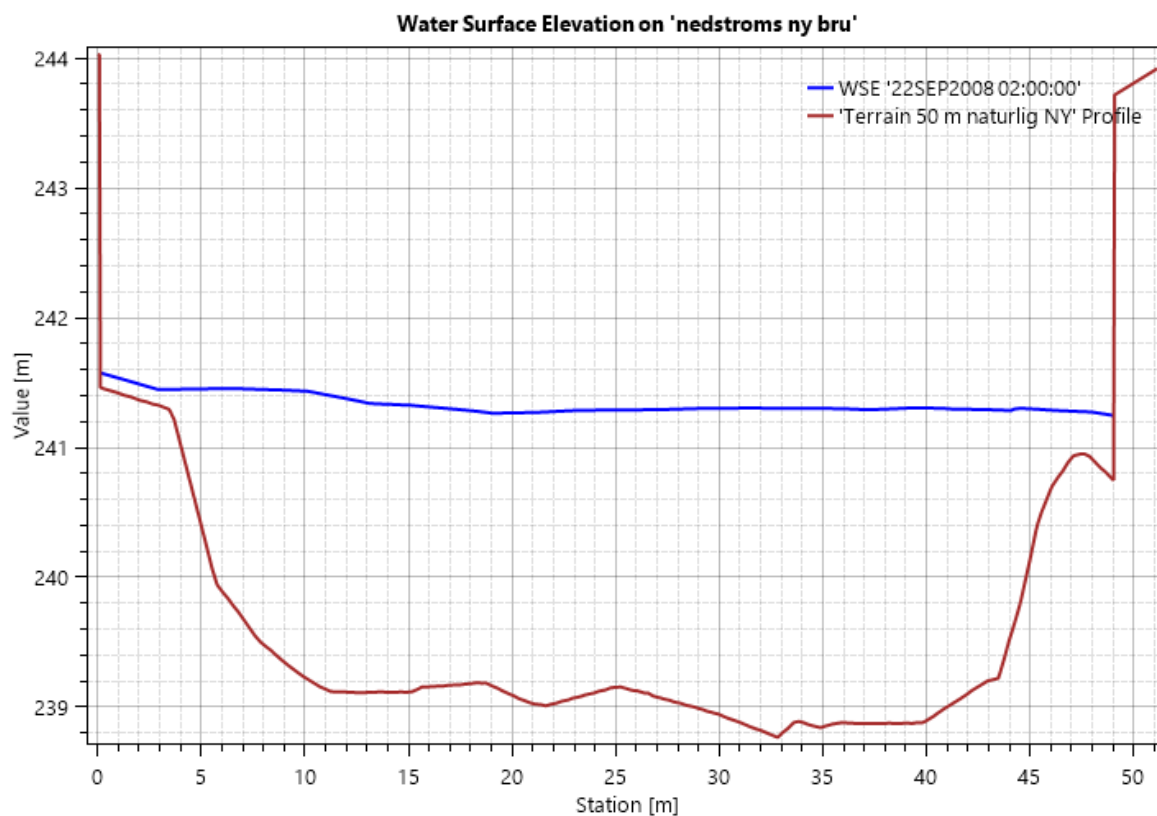
Beregning med en brulengde på 50 m og en spunkasse med bredde 7 m og lengde 13m under bru i pilaraksen/akse 2 er vist i Figur 23 og Figur 24. Maksimal vannstand rett oppstrøms bru blir ca. 241,95.

Maksimal vannstand rett nedstrøms bru er på 241,46.

Det er høye vannhastigheter ved bru og de høyeste hastighetene ligger rundt 4-5 m/s.



Figur 23. Flomvannstand rett oppstrøms med 50 m lengde med Q10 og spunkasse.



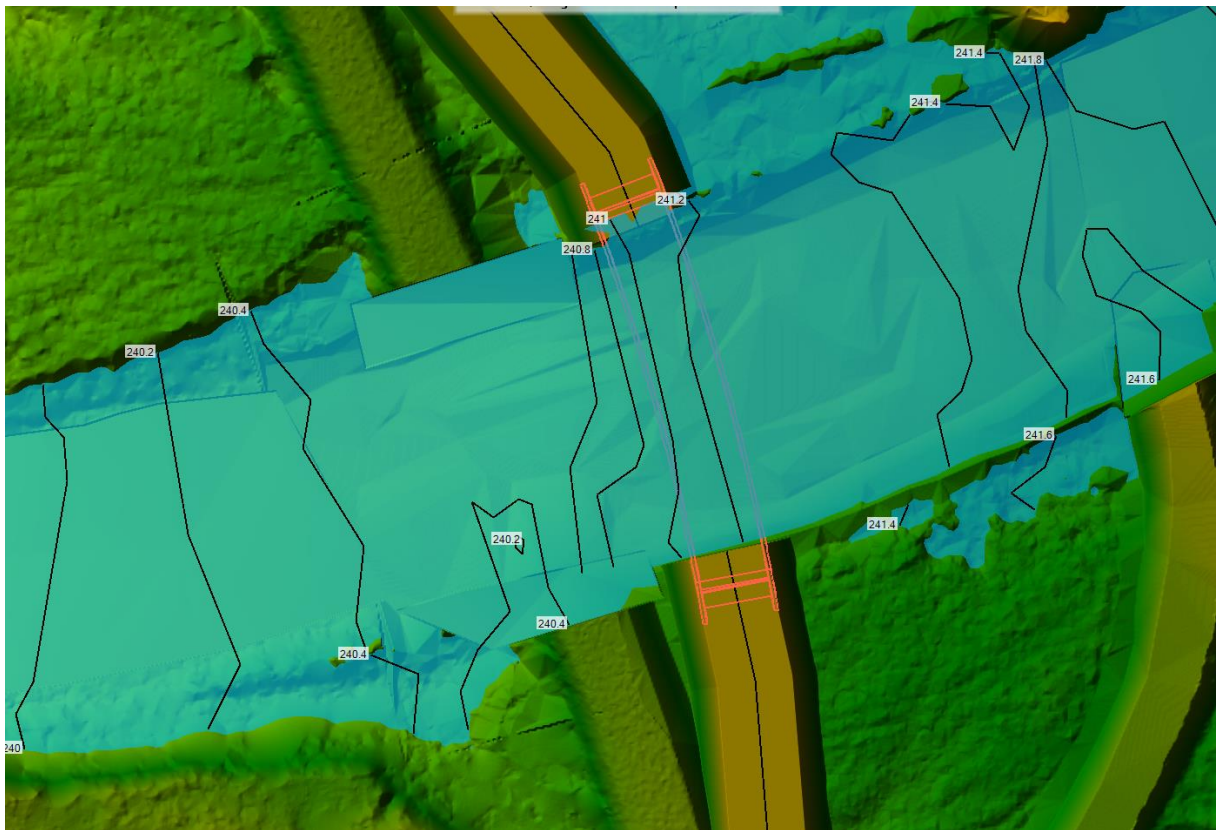
Figur 24. Flomvannstand rett nedstrøms med 50 m lengde med Q10 og spunkasse.

5.5 Resultater for $Q_{\text{middelflom}}$ ($264 \text{ m}^3/\text{s}$) med lengde 50 meter

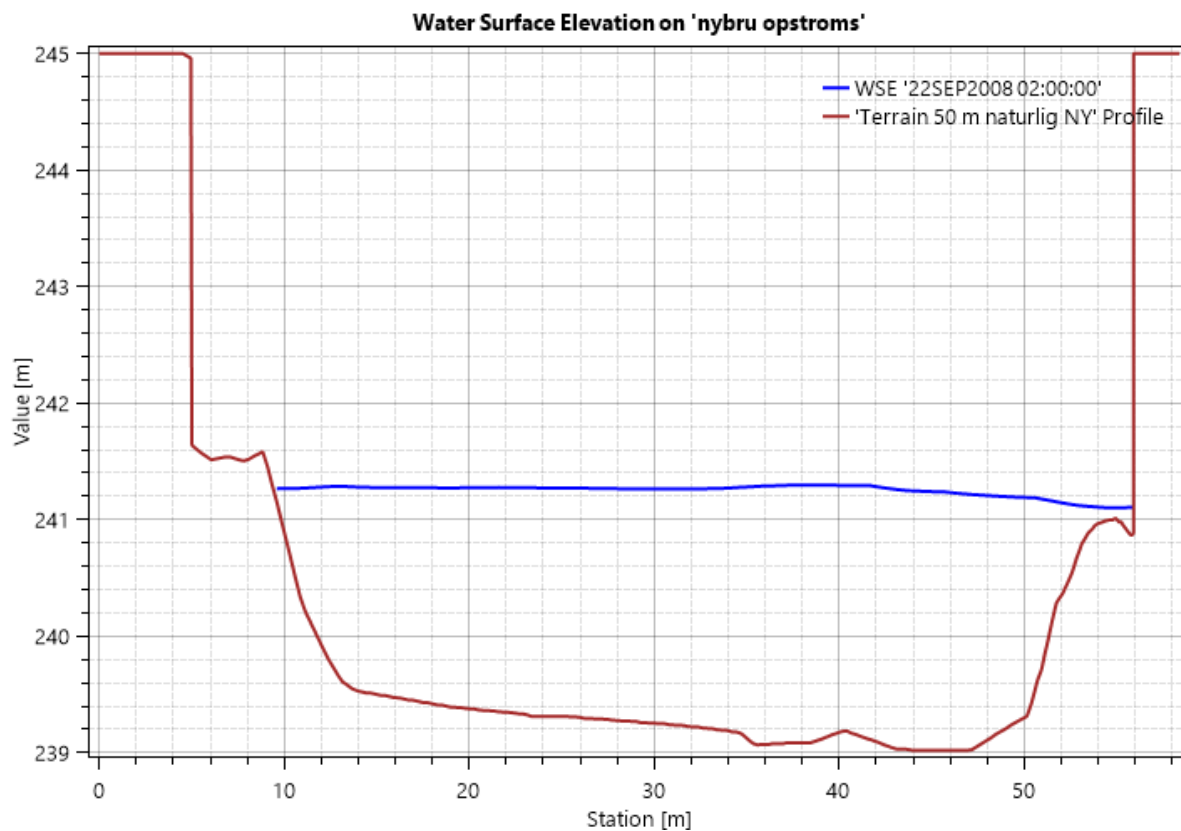
Beregning for en middelflom (uten klimafaktor og sikkerhetsfaktor) med en brulengde på 50 m er vist i Figur 25 til Figur 28. Maksimal vannstand rett oppstrøms bru blir ca. 241,30. For situasjon med $Q_{\text{middelflom}}$ inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor gir dette en vannføring på $380 \text{ m}^3/\text{s}$ og tilsvarer derfor beregningen for Q_{10} på $377 \text{ m}^3/\text{s}$.

Maksimal vannstand rett nedstrøms bru er på 241,01.

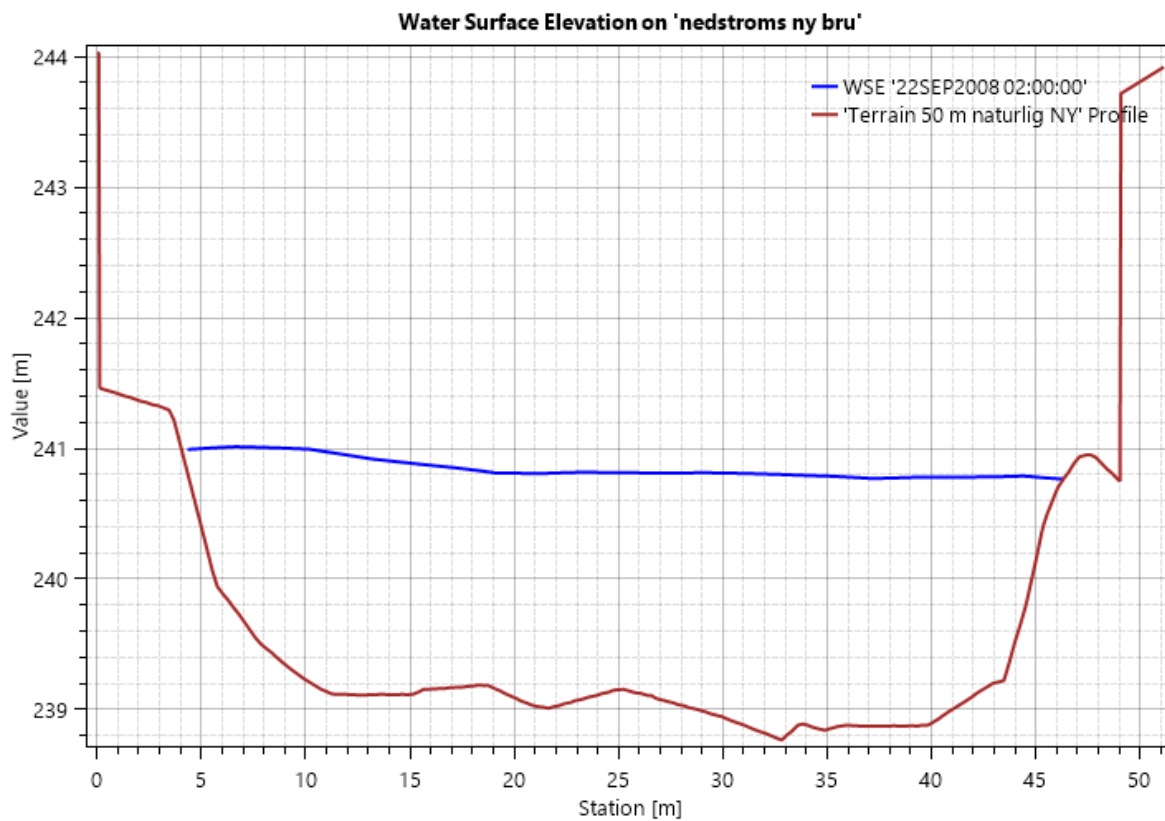
Det er høye vannhastigheter ved bru og de høyeste hastighetene ligger rundt 4-4,5 m/s.



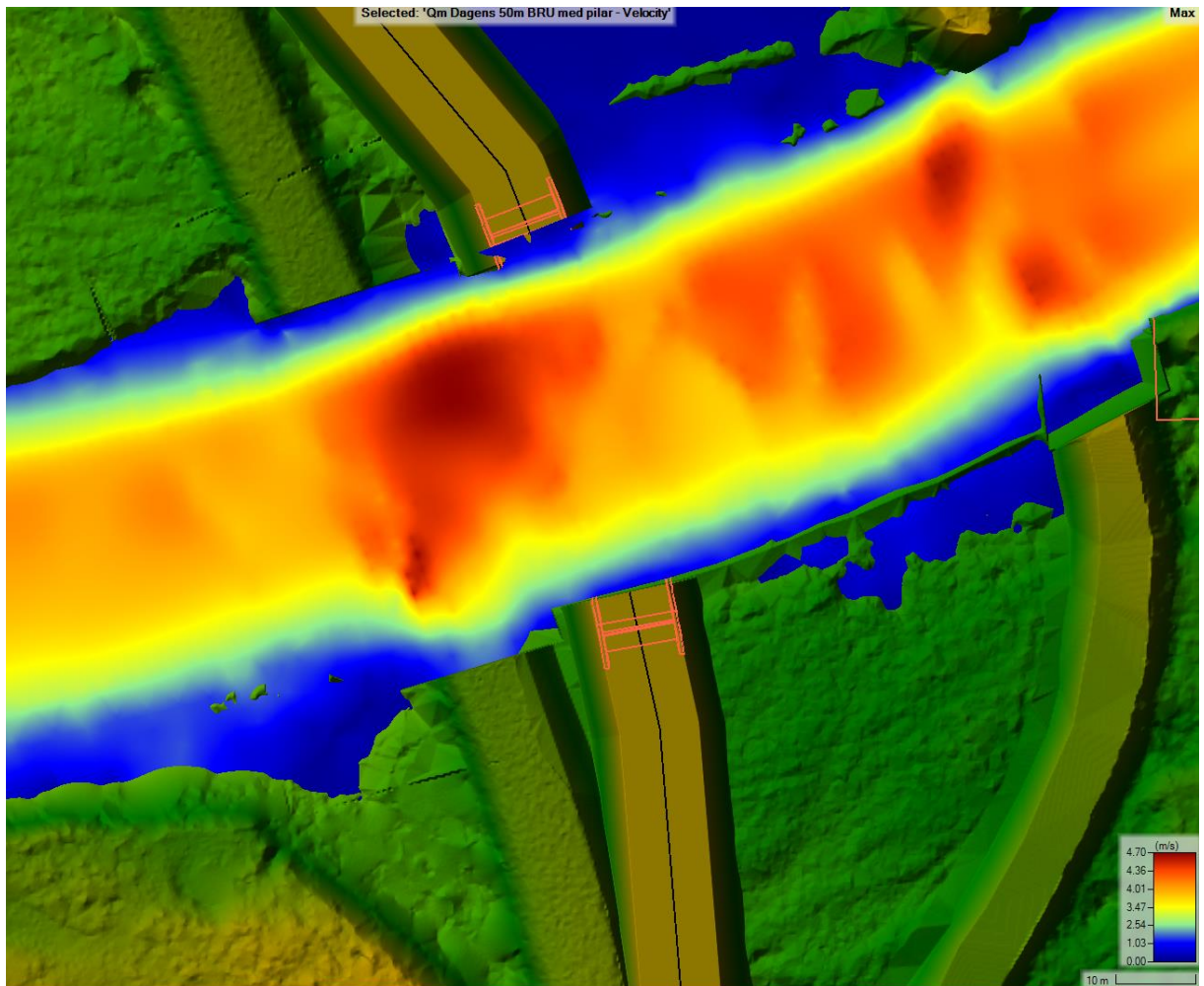
Figur 25. Resultat med 50 m lengde med $Q_{\text{middelflom}}$.



Figur 26. Flomvannstand rett oppstrøms med 50m lengde og $Q_{\text{middelflom}}$.



Figur 27. Flomvannstand rett nedstrøms med 50m lengde og $Q_{\text{middelflom}}$.

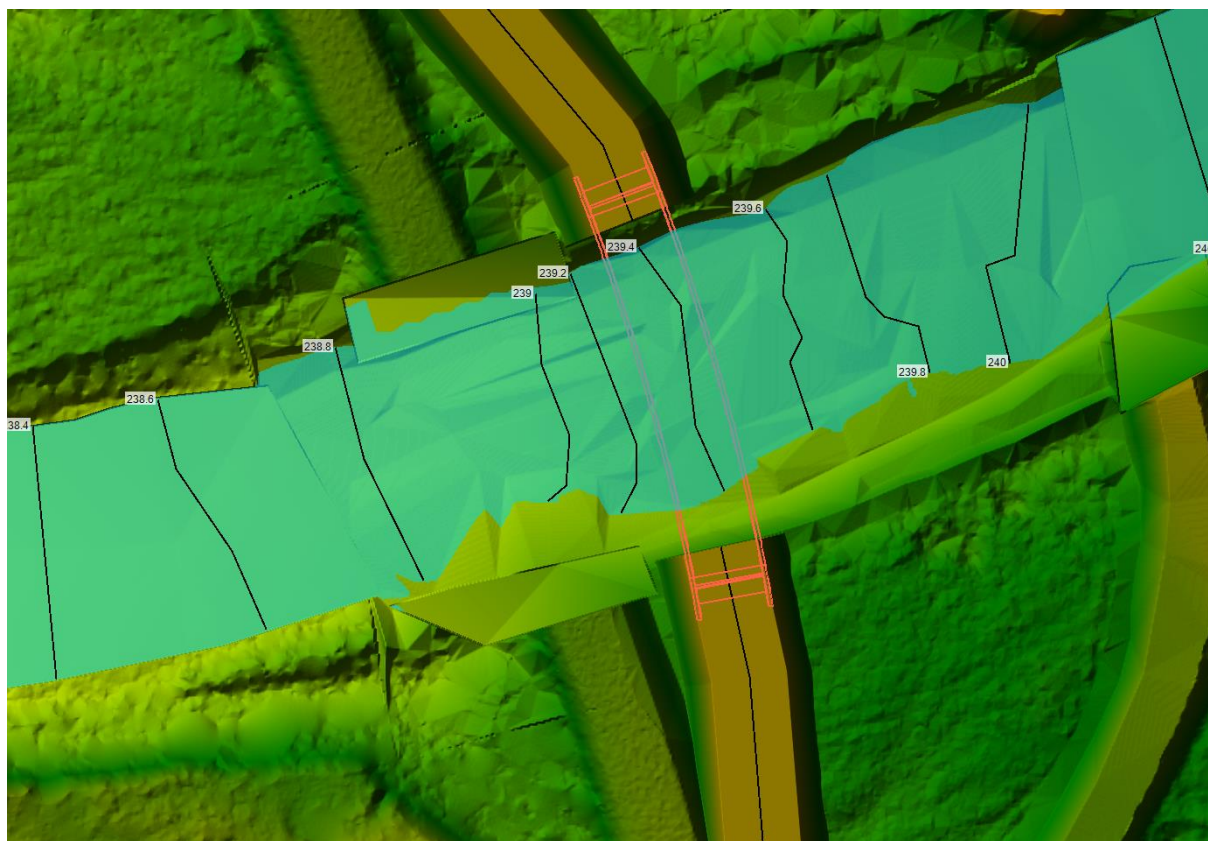


Figur 28. Vannhastigheter med 50 m lengde og $Q_{\text{middelflom}}$.

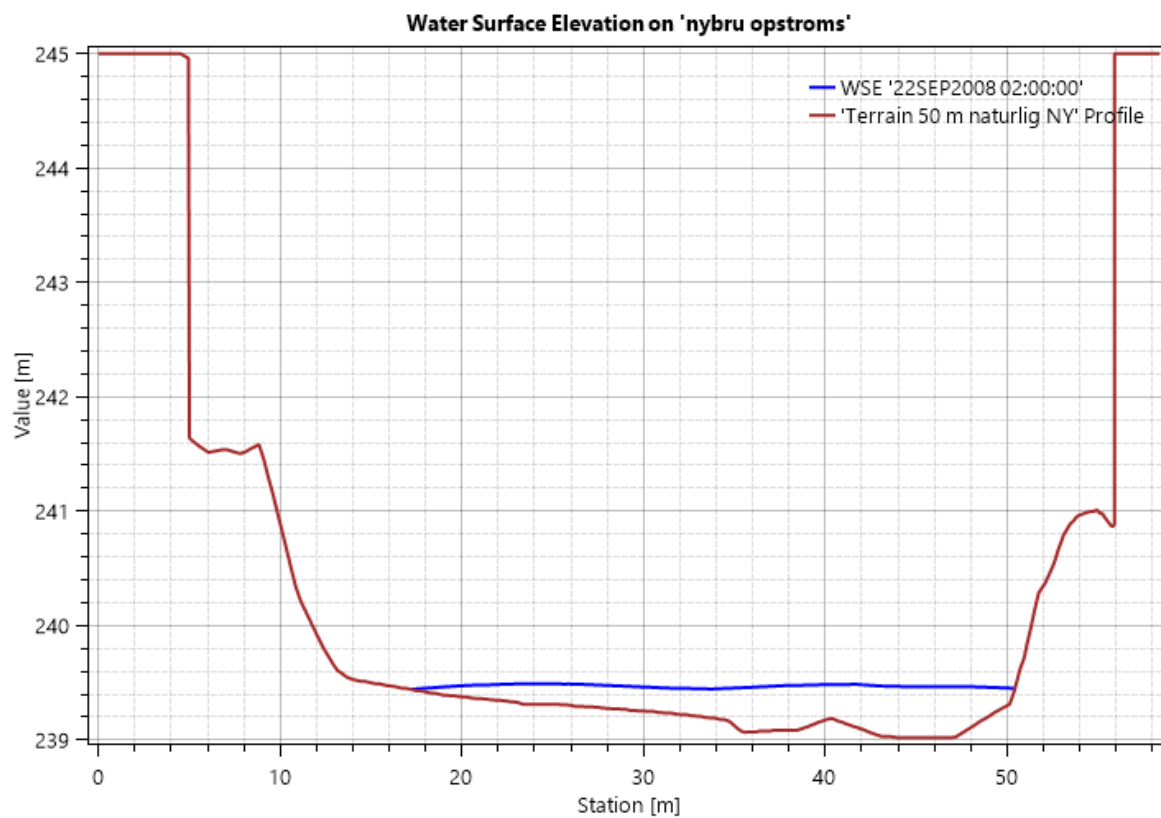
5.6 Resultater for Q_{normal} ($11,2 \text{ m}^3/\text{s}$) og lengde 50 meter

Beregning med en brulengde på 50 m er vist i Figur 29 til Figur 32. Normalavrenningen er beregnet ved å benytte midlere avrenning på $30 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ for nedbørfeltet mellom Osa bru og Osensjøen (174 km^2) og et overløp på $6 \text{ m}^3/\text{s}$ fra Osensjøen. Maksimal normalvannstand rett oppstrøms bru blir ca. 239,51. Maksimal normalvannstand rett nedstrøms bru er på 239,29.

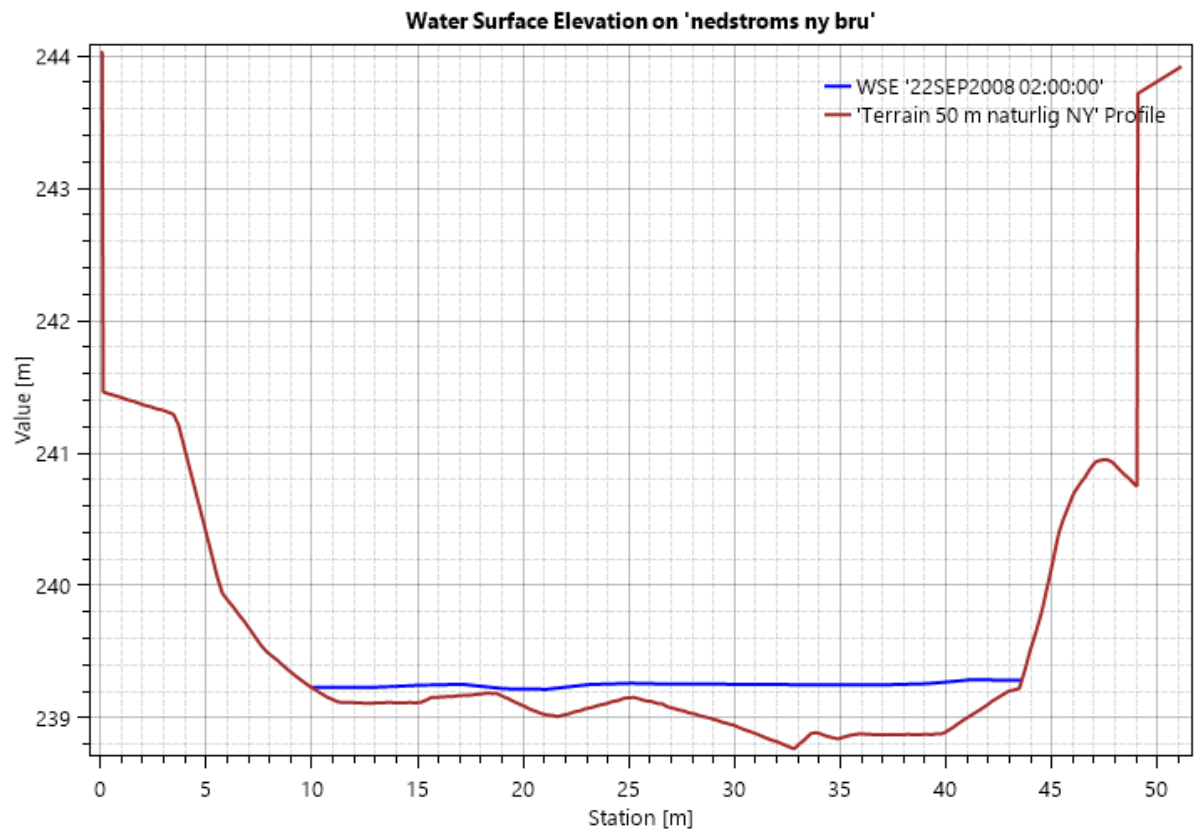
Det er moderate vannhastigheter ved bru og de høyeste hastighetene ligger rundt 1-2 m/s.



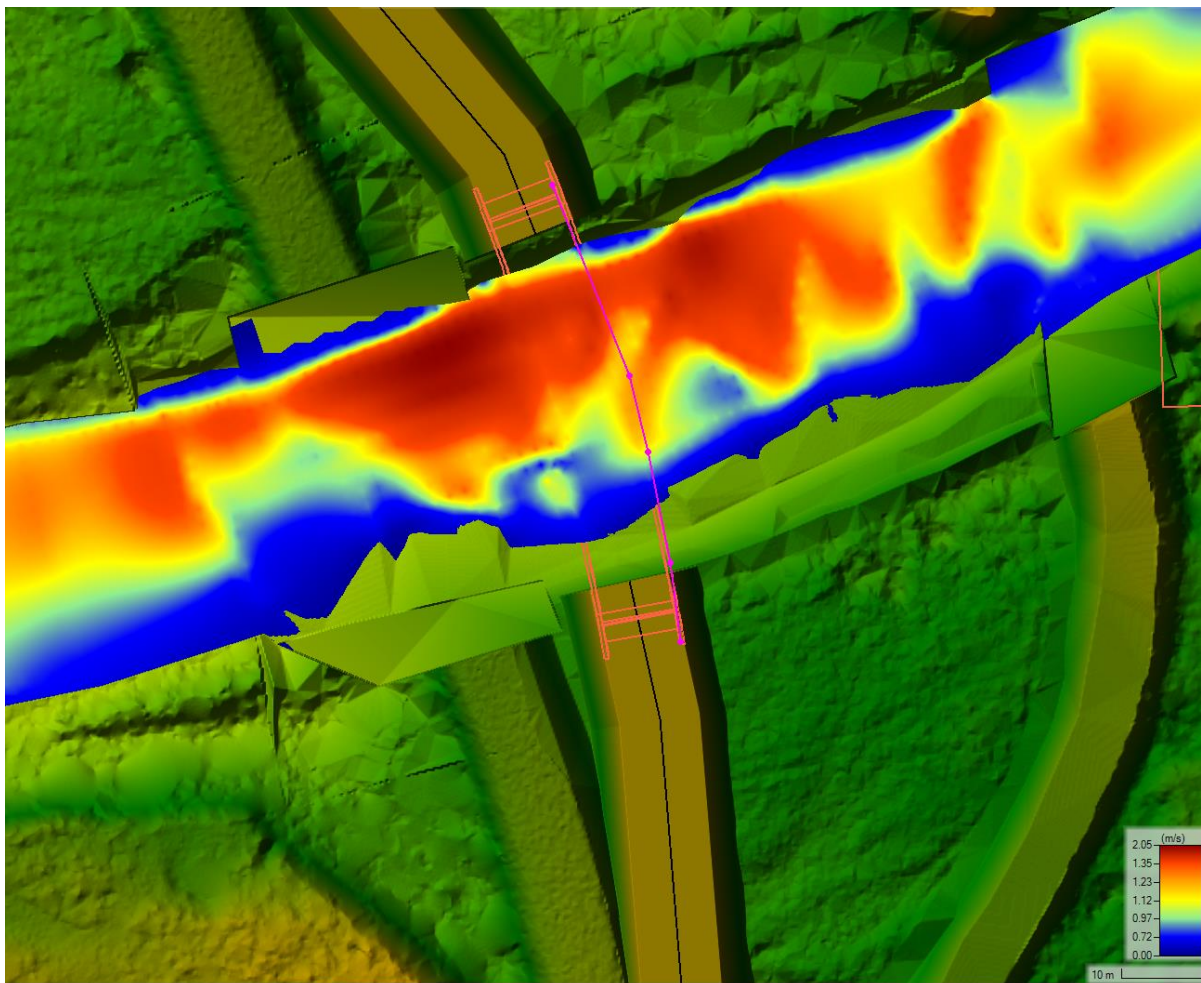
Figur 29. Resultat med 50 m lengde med Q_{normal} .



Figur 30. Flomvannstand rett oppstrøms med 50m lengde og Q_{normal} .



Figur 31. Flomvannstand rett nedstrøms med 50m lengde og Q_{normal} .



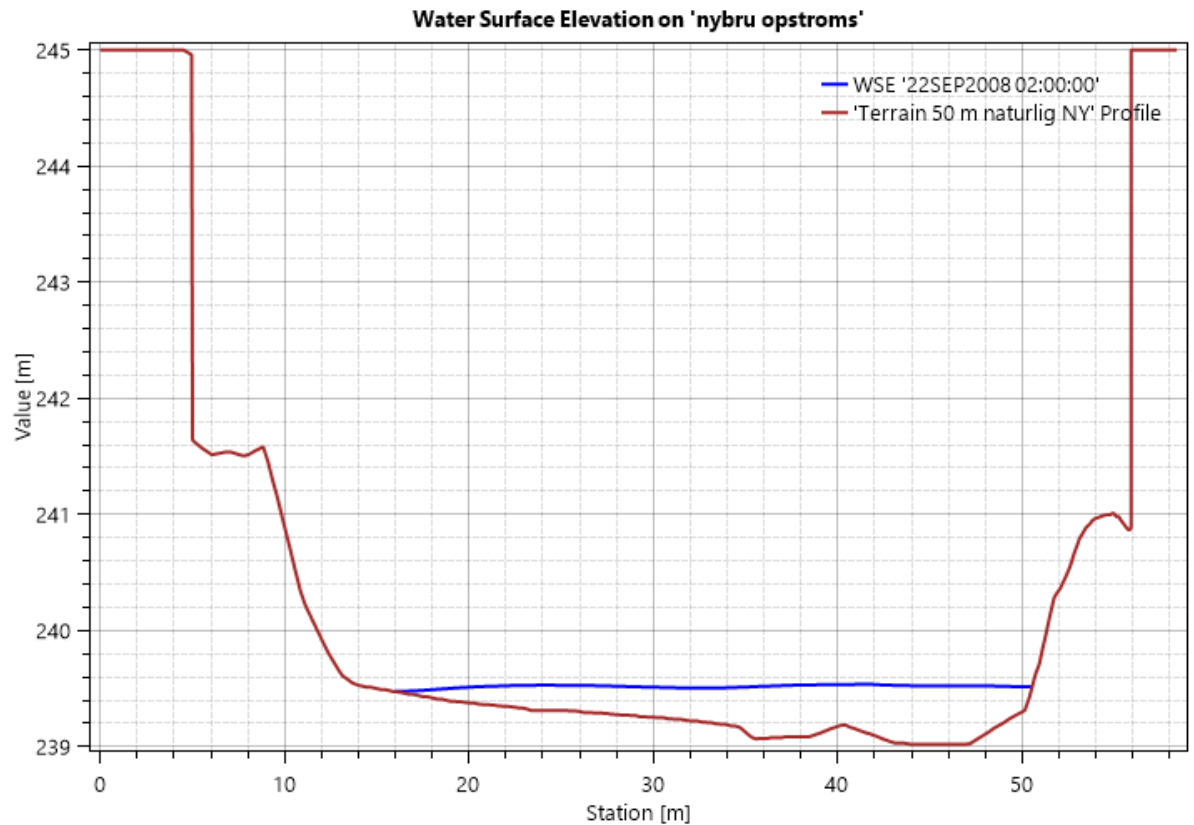
Figur 32. Vannhastigheter med 50 m lengde og Q_{normal} .

5.7 Resultater for Q_{normal} (11,2 m³/s) med spunkasse og lengde 50 m.

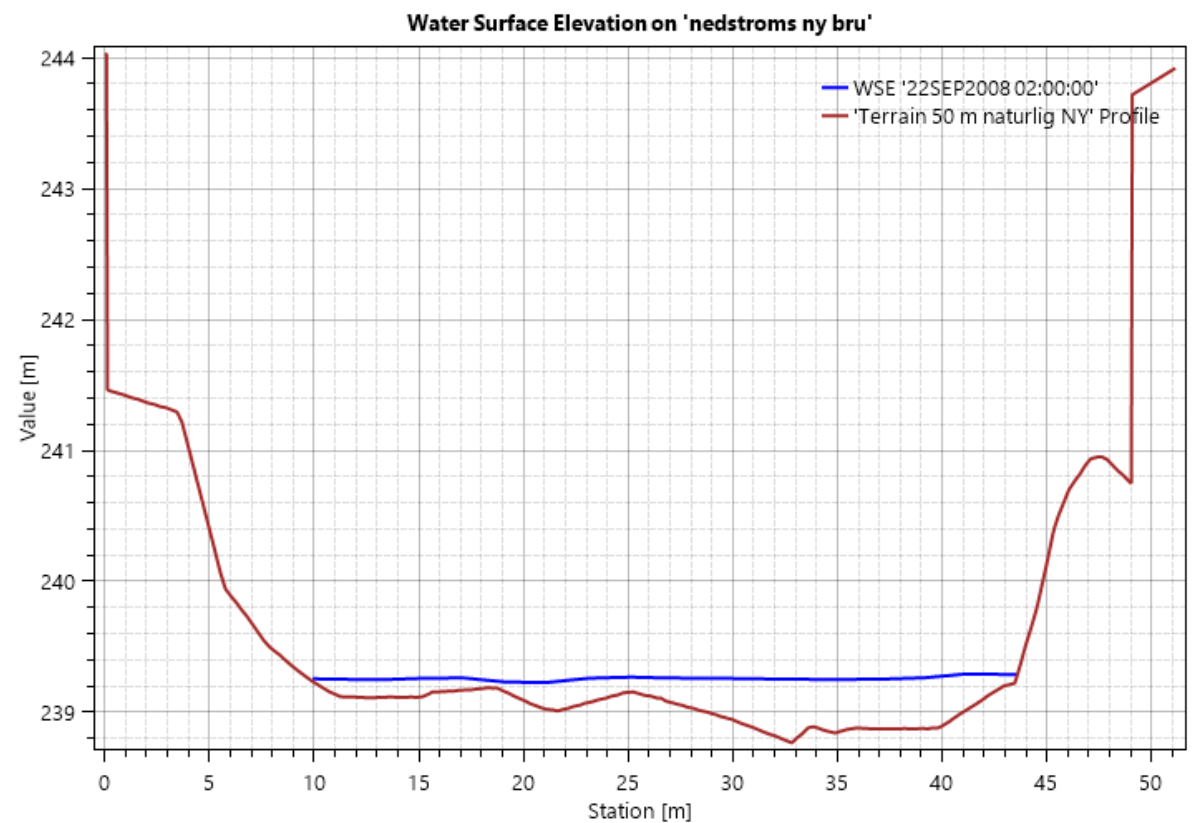
Beregning med en brulengde på 50 m og en spunkasse med bredde 7 m og lengde 13m under bru i pilaraksen/akse 2 er vist i Figur 33 og Figur 34. Maksimal vannstand rett oppstrøms bru blir ca. 239,54.

Maksimal vannstand rett nedstrøms bru er på 239,29.

Det er moderate vannhastigheter ved bru og de høyeste hastighetene ligger rundt 1-2 m/s.



Figur 33. Flomvannstand rett oppstrøms med 50 m lengde med Q_{normal} og spunkasse.



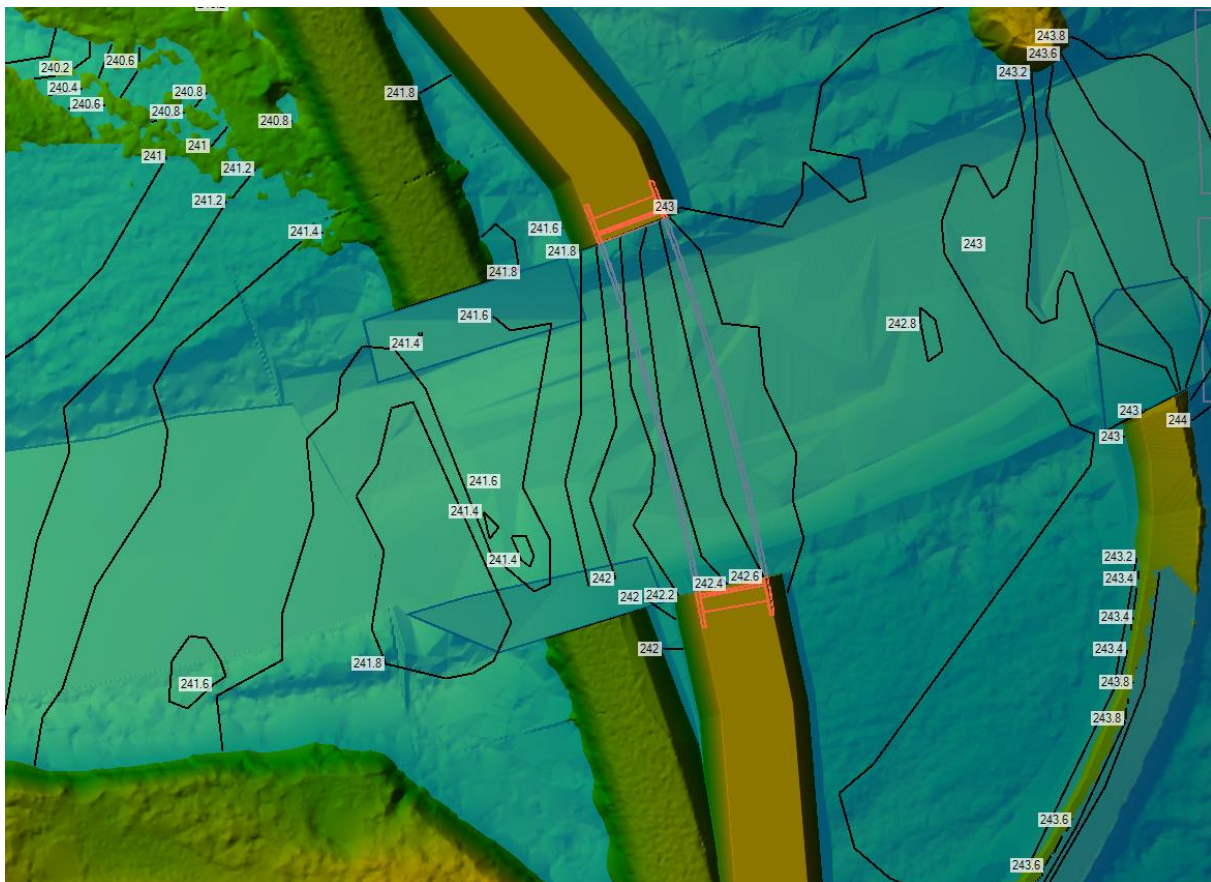
Figur 34. Flomvannstand rett nedstrøms med 50 m lengde med Q_{normal} og spunkasse.

5.8 Resultater for $Q_{50} \cdot 1,2 \cdot 1,2$ ($703 \text{ m}^3/\text{s}$) og lengde 50 meter

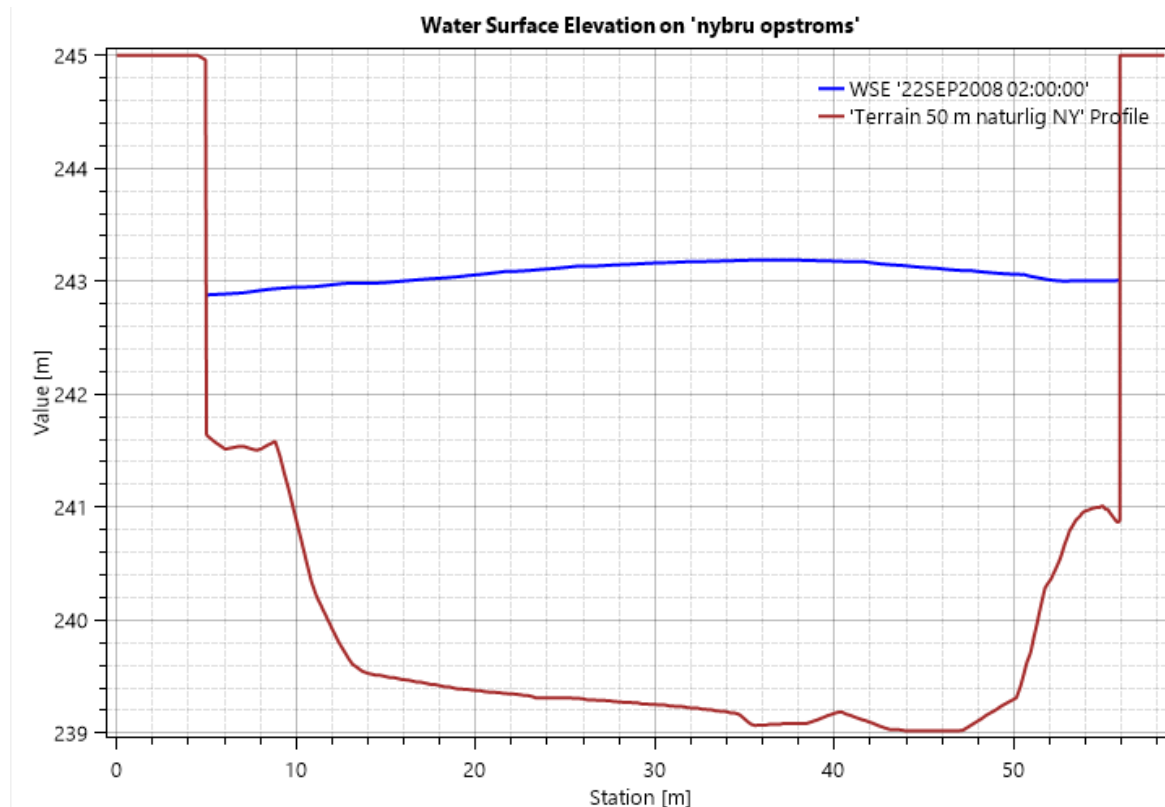
Beregning med en brulengde på 50 m er vist i Figur 35 til Figur 38. Maksimal vannstand rett oppstrøms med sikkerhetsfaktor på 1,2 og klimafaktor på 1,2 er på 243,03.

Maksimal vannstand rett nedstrøms bru er på 242,01.

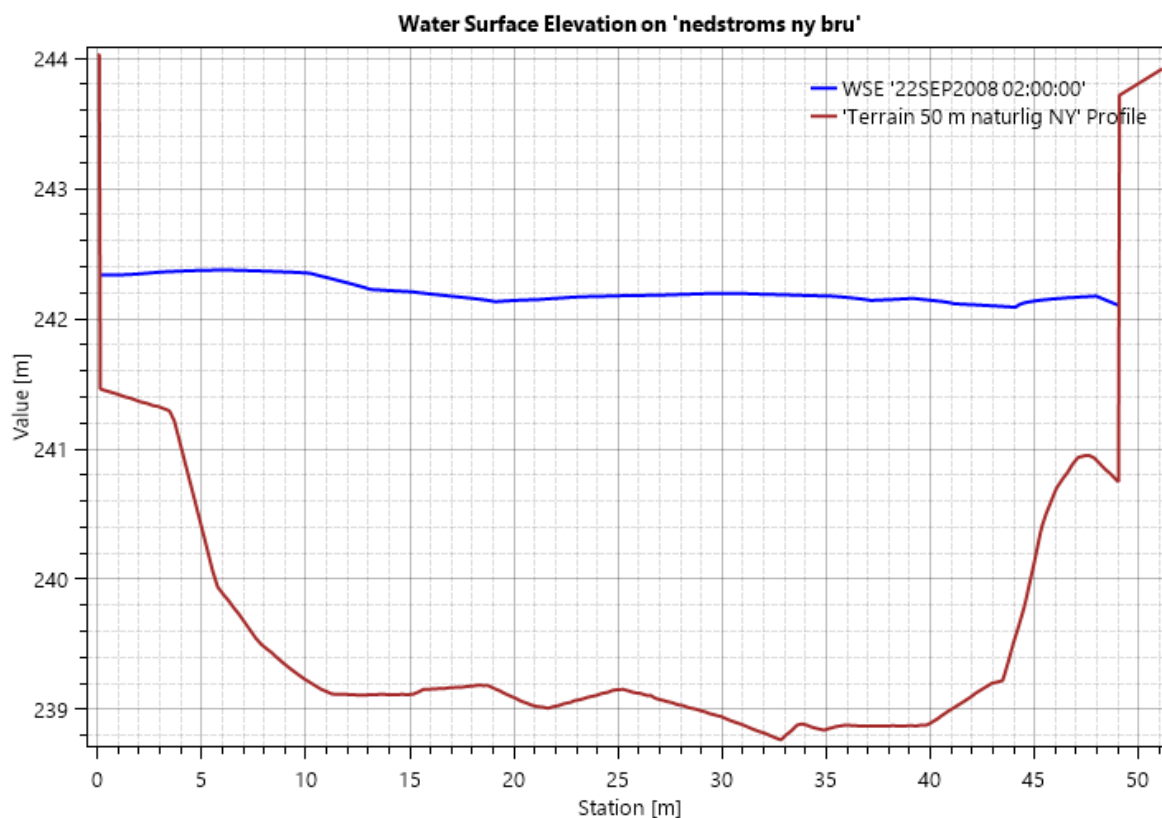
Det er høye vannhastigheter ved bru og hastighetene ligger stort sett i underkant av 6 m/s, noe som er meget høyt. Nedstrøms er hastigheten opptil ca. 6 m/s.



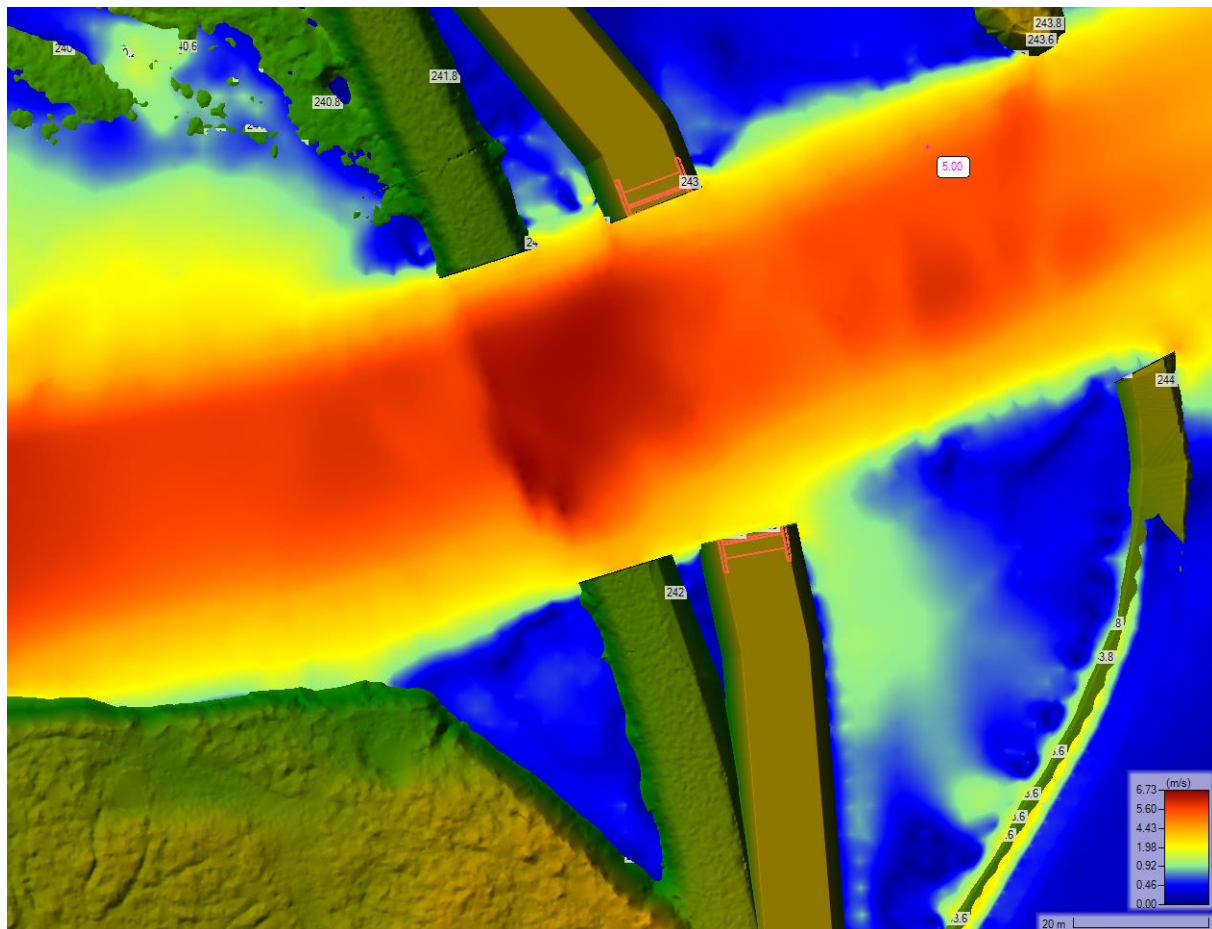
Figur 35. Resultat med 50 m lengde med $Q_{50} \cdot 1,2 \cdot 1,2$.



Figur 36. Flomvannstand rett oppstrøms med 50m lengde og $Q_{50} \cdot 1,2 \cdot 1,2$.



Figur 37. Flomvannstand rett nedstrøms med 50m lengde og $Q_{50} \cdot 1,2 \cdot 1,2$.



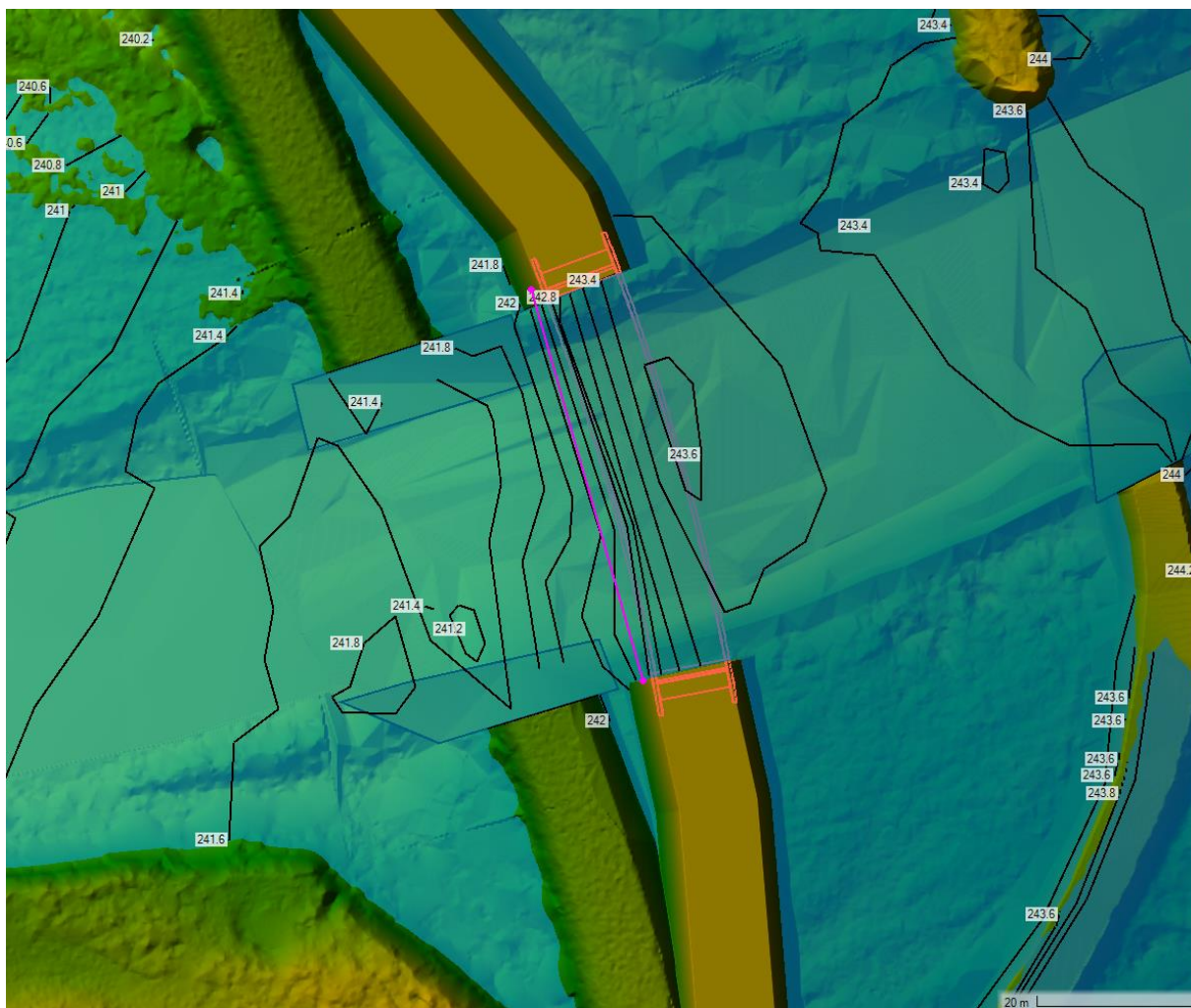
Figur 38. Vannhastigheter med 50 m lengde og $Q50*1,2*1,2$.

5.9 Resultater for $Q50*1,2*1,2$ ($703 \text{ m}^3/\text{s}$) med spunkasse og lengde 50 meter

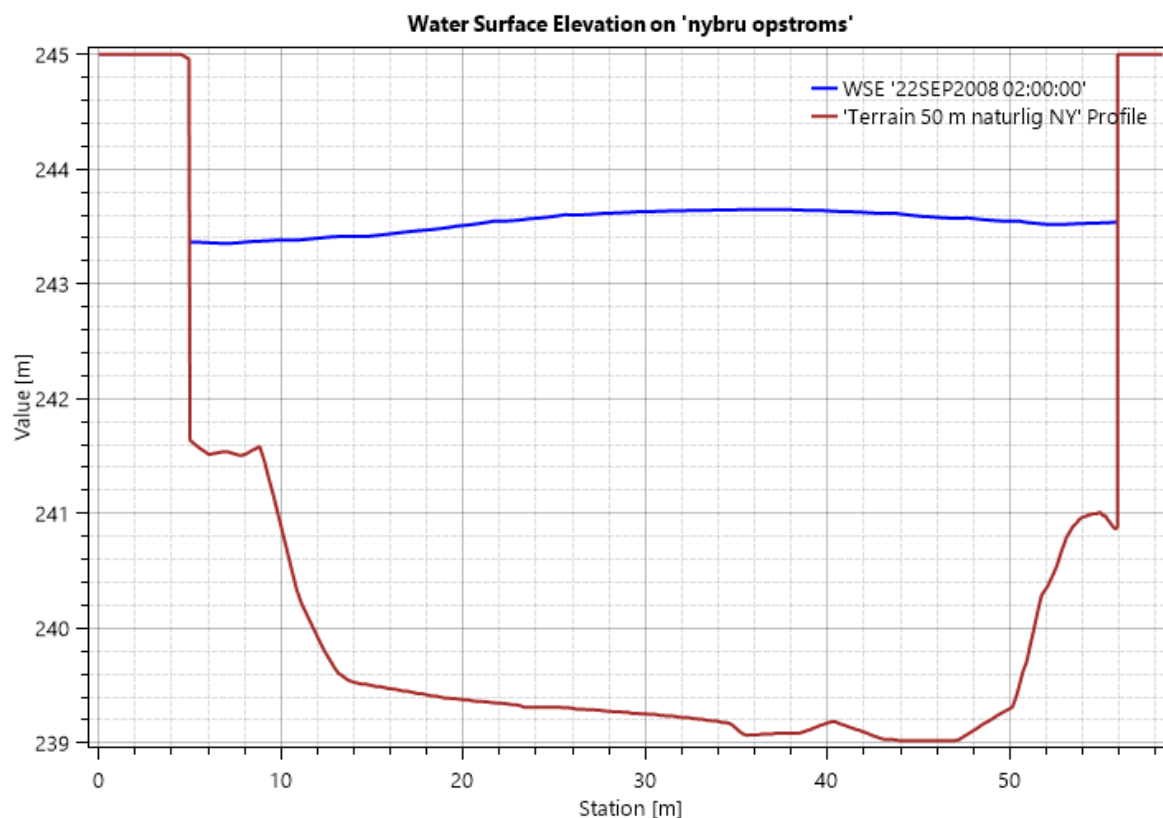
Beregning med en brulengde på 50 m og en spunkasse med bredde 7 m og lengde 13m under bru i pilaraksen/akse 2 er vist i Figur 39 til Figur 42 . Maksimal vannstand rett oppstrøms med sikkerhetsfaktor på 1,2 og klimafaktor på 1,2 er på 243,45.

Maksimal vannstand rett nedstrøms bru er på 242,1.

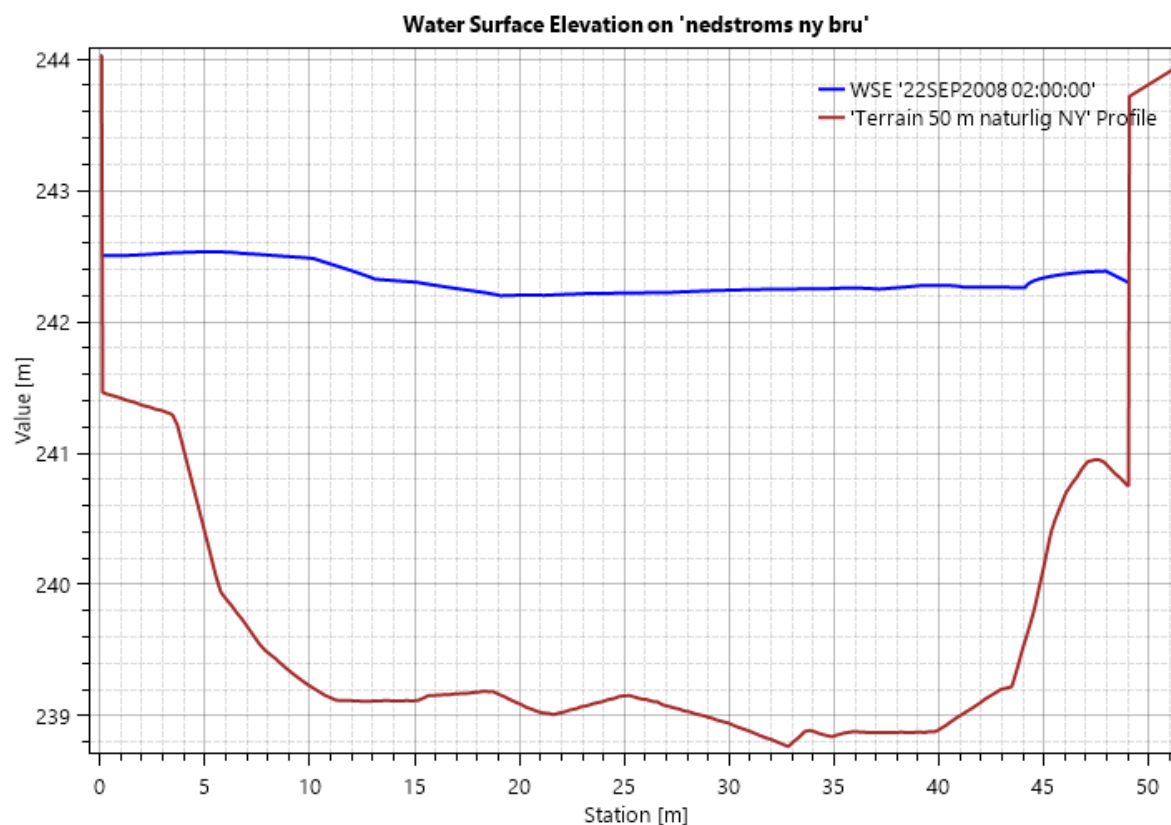
Det er høye vannhastigheter ved bru og hastighetene ligger stort sett i underkant av 6 m/s, noe som er meget høyt. Nedstrøms er hastigheten ca. 6-7 m/s.



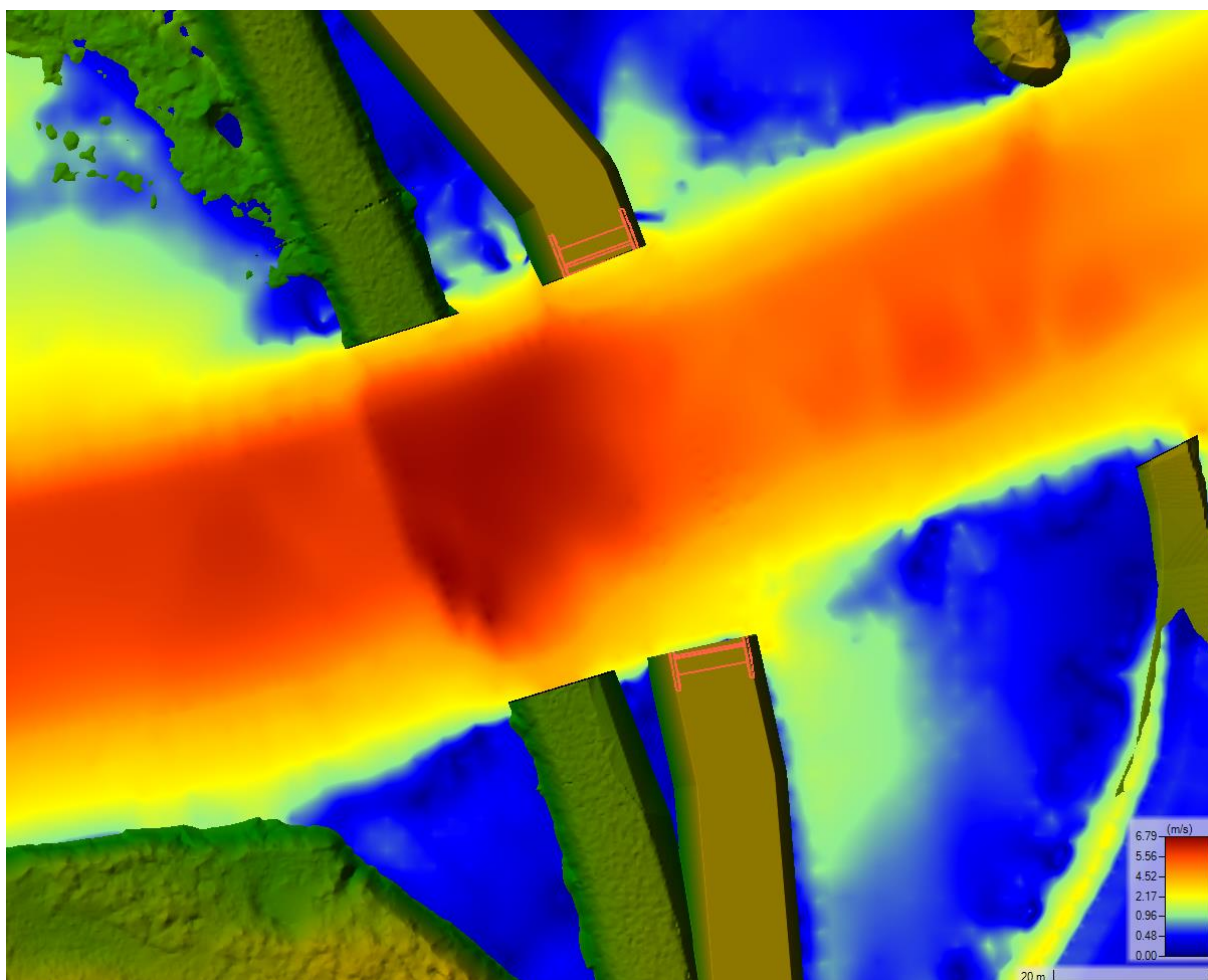
Figur 39. Resultat med 50 m lengde med Q50*1,2*1,2.



Figur 40. Flomvannstand rett oppstrøms med 50m lengde og $Q_{50} \cdot 1,2 \cdot 1,2$.



Figur 41. Flomvannstand rett nedstrøms med 50m lengde og $Q_{50} \cdot 1,2 \cdot 1,2$.

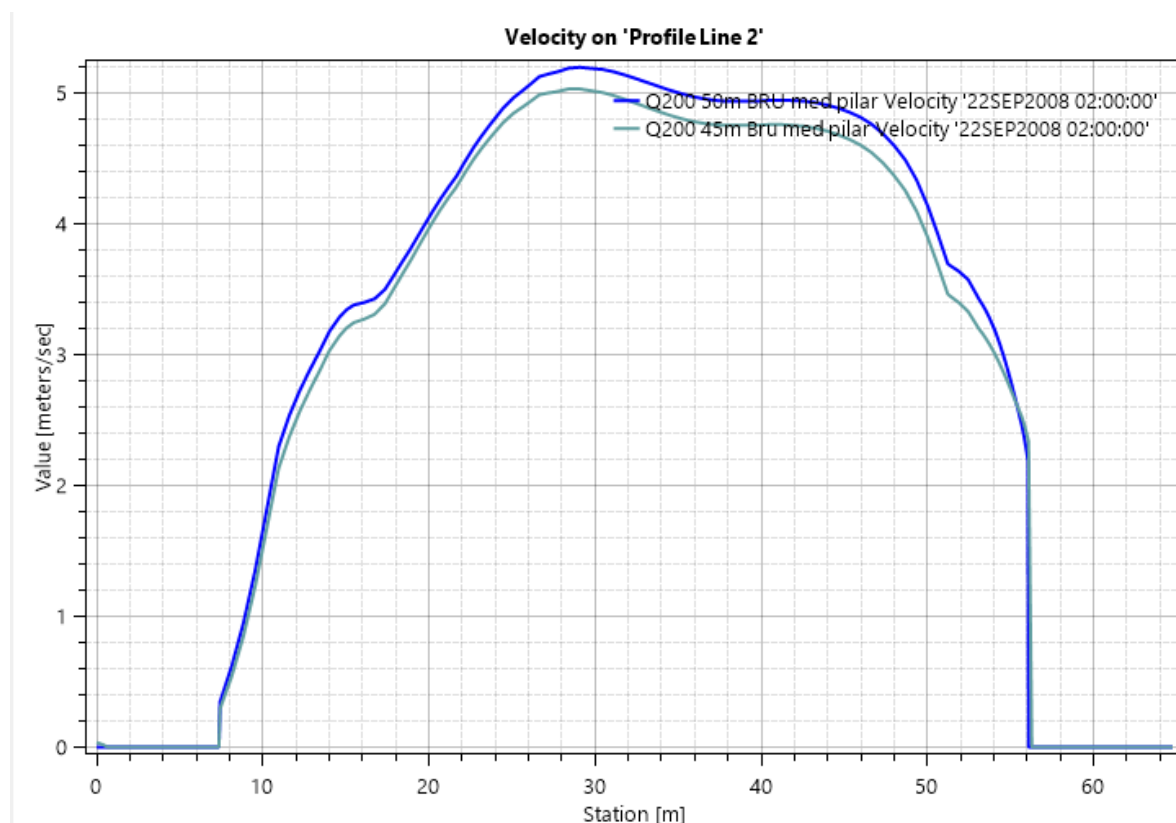


Figur 42. Vannhastigheter med 50 m lengde og Q50*1,2*1,2.

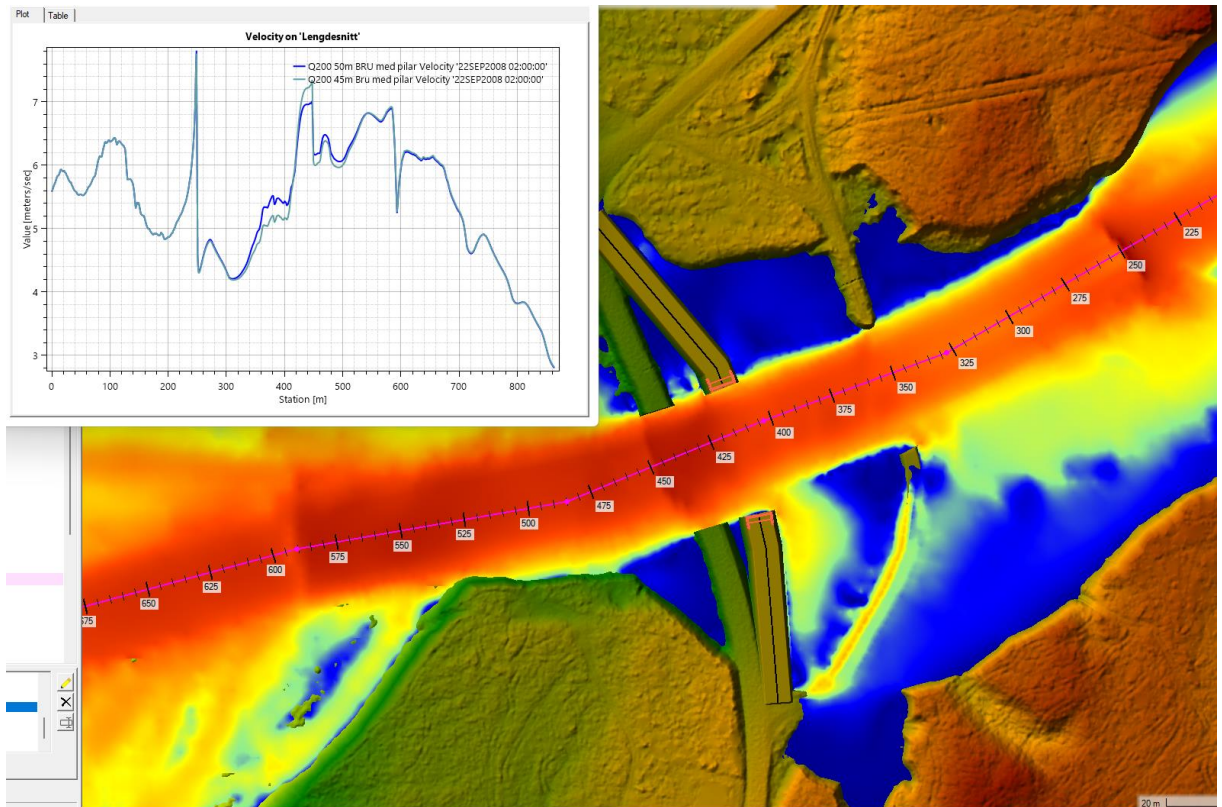
5.10 Endringer i vannhastigheter

Vannhastigheter øker marginalt oppstrøms for Osa bru som følge av å øke brulengden fra 45 til 50m. Ved det gamle brufundamentet 60 m oppstrøms er endringen fra ca. 5,03 m/s til 5,19 m/s som vist i Figur 43. Nedstrøms Osa bru blir vannhastighetene tilnærmet like eller en marginal økning ved å øke brulengden til 50 m. Et lengdesnitt som viser vannhastigheter for en større del av elva, er vist i Figur 44.

Endringer i vannhastighet og vannstand som følge av å øke brulengden til 50 m vurderes til å være neglisjerbar. Risiko for erosjon for 3.part langs vassdraget vurderes til å være uendret som følge av valg av brulengde.



Figur 43. Vannhastigheter ca. 60m oppstrøms Osa bru med 50 m lengde og 45m lengde for Q200*1,2*1,2.



Figur 44. Vannhastigheter for hele lengdeprofilen med 50 m lengde og 45m lengde for Q200*1,2*1,2.

5.11 Erosjonssikring

Ved å øke brulengden til 50 m medfører dette at elvebredden ved eksisterende bru bør utvides slik at tverrsnitts arealet blir minst like stort som for ny Osa bru. Elvebredden bør utvides et stykke oppstrøms og nedstrøms for eksisterende bru og tilpasses mot eksisterende elvebredd. Modellert utvidelse av elvebredden er på totalt ca. 30 m ved eksisterende bru (på begge sider) og dette er også området som bør erosjonssikres etter riving av eksisterende bru og er vist i Figur 7. Det utgjør ca. 10-15m erosjonssikring nedstrøms eksisterende bru. Det vil si at elvebreddens erosjonssikring har en utstrekning på ca. 15 m nedstrøms for eksisterende bru og etableres opp til den møter sikringen av landkarene for ny bru. Sikring oppstrøms for ny bru defineres av sikring for landkarene (minimum 8 m). Området ved restene av den gamle brua oppstrøms bør også erosjonssikres lokalt etter riving av fundamentet på sørsiden i henhold til kapittel 5.11.3.

5.11.1 Landkar

Nødvendig steinstørrelse for sikring av landkar er beregnet ved bruk av Barkdoll formel anbefalt i Nve-veileder [8] ;

$$\frac{D_{50}}{y} = \frac{K}{(s-1)} \left[\frac{V_{kar}^2}{gy} \right]^{0,14}$$

Her er:

- D_{50} = stabil steinstørrelse (m)
- $K = 0,61$ for kjegleformet landkar (-)
- $K = 0,69$ for landkar med vertikal frontvegg (-)
- s = steinens relative tetthet (-)
- g = tyngdens akselerasjon (9,81 m/s²)
- y = vanndybde ved foten av landkaret (m)
- V_{kar} = karakteristisk hastighet, se under (m/s)

K	0.69
y (m)	4
Vkar (m/s)	4
g	9.81
s	2.6
D50 (m)	1.5
Sikringens tykkelse (m)	3.0
Utstrekning (m)	8

Formelverket gir så stor steinstørrelse at sikringen i praksis bør anlegges som en ordnet plastring (stein må låses i hverandre). Steinstørrelser i en ordnet plastring er av mindre betydning da selve utførelsen på plastringen er viktigst. Det anbefales å benytte stein med diameter rundt 1-1,5 m. Det må i tillegg benyttes et filterlag (ca. 20-30cm) av grus under plastringen. Tykkelsen på sikringen vurderes til å være et lag med plastring, dvs. ca. 1.2-1.7 m og med en utstrekning på ca. 8m oppstrøms, nedstrøms og mot senter elv.

Hvis det er hensiktsmessig så kan det vurderes en fullprofil sikring over hele elvetverrsnittet fra landkar til landkar.

5.11.2 Pilar

Nødvendig steinstørrelse for sikring av pilar er beregnet ved bruk av Lagasse formel anbefalt i Nve-veileder [8] ;

$$D_{50} = K_f \frac{0,692V_{\text{lokal}}^2}{2g(s-1)}$$

Her er:

D_{50} = stabil steinstørrelse (m)

K_f = formfaktor

s = steinens spesifikke tetthet (-)

g = tyngdens akselerasjon (9,81 m/s²)

V_{lokal} = hastigheten rett oppstrøms bropilaren (m/s)

Kf	2.9
s	2.6
g	9.8
Vlokal m/s	5.5
D50 (m)	1.9
Sikringstykkelse (m)	5.8
Pilartykkelse	1.5
Utstrekning min (m)	3
Største stein maks	3.9

Formelverket gir så stor steinstørrelse at sikringen i praksis bør anlegges som en ordnet plastring. Steinstørrelser i en ordnet plastring er av mindre betydning da selve utførelsen på plastringen er viktigst. Det anbefales å benytte stein med diameter rundt 1-1,5 m. Det må i tillegg benyttes et filterlag (ca. 20-30cm) av grus under plastringen. Tykkelsen på sikringen vurderes til å være et lag med plastring, dvs 1-1,5 m og med en utstrekning på minst 3 m på alle kanter.

5.11.3 Elvebredd/elvobunn-oppstrøms og nedstrøms

Ved utvidelse av elveløpet oppstrøms og nedstrøms ny Osa bru anbefales det å sikre elvebredden mot erosjon. Nødvendig steinstørrelse for sikring av elveskråninger er beregnet ved bruk av Maynard's formel anbefalt i Nve-veileder [8] ;

$$D_{30} = S_f C_s C_v C_t y_0 \left[\left(\frac{1}{s-1} \right)^{0,5} \frac{U}{\sqrt{K_1 g y_0}} \right]^{2,5}$$

Her er:

- D_{30} = stabil steinstørrelse (m)
- S_f = sikkerhetsfaktor (-)
- C_s = stabilitetskoeffisient (-)
- C_v = koeffisient for vertikal hastighetsfordeling (-)
- C_t = koeffisient for sikringstykkelse (-)
- y_0 = vanddybde samme sted som U (m)
- s = steinens spesifikke tetthet (-)
- U = lokal hastighet midlet over dybden (m/s)
- K_1 = koeffisient for skråningshelling (-)
- g = tyngdens akselerasjon (9,81 m/s²)

Parameter	Diameter (m)
D15	0.25
D30	0.28
D50	0.34
D85	0.47
Dmaks	0.51
Tykkelse (min)	0.51

Formelverket forutsetter sikring med samfengte masser. Kornfordelingen er basert på relativt ensgraderte masser med gradering $1,5 < D85/D15 < 2,5$. Massene fungerer normalt som et filterlag og ytterligere filterlag under sikringen benyttes normalt ikke.

Ved bruk av ensgradert rauset stein så er D50 beregnet til 0,35 m ved bruk av Robinson's formel. Det anbefales å benytte steinstørrelse med D50 på 0,4 m for denne typen sikring og en sikringstykkelse på minimum $2 \cdot D50$, dvs. 0,8m. Det må i tillegg benyttes et filterlag av grus under sikringen på rundt 20-30cm.

6 Konklusjon

Flomberegningen er vurdert til å være i klasse 1 med godt hydrologisk grunnlag. Det forventes ikke en økning i flomstørrelser som følge av klimaendringer i store felt som er dominert av snøsmelting for området. Ut fra krav i håndbok N200 skal det benyttet et klimapåslag på 20%. Modellen som er benyttet er imidlertid følsom for endringer i vannføring og det er derfor valgt å benytte en klimafaktor på 1,2. Det er derfor benyttet flomstørrelsen $Q_{200} \cdot 1,2 (\text{klimafaktor}) \cdot 1,2 (\text{sikkerhetsfaktor})$ som dimensjonerende flomstørrelse.

Dagens dimensjon på 45 m brulengde gir en betydelig innsnevring i elveløpet og beregninger viser at kapasiteten er noe knapp med en brulengde på 45 m inkludert en pilar.

Det anbefales å benytte en brulengde på 50 m selv om beregnet vannstand ikke blir mer enn 19 cm lavere. Det er usikkerheter rundt den hydrauliske modellen og spesielt mangel på kalibrerte data gjør at beregnede vannstander er usikre. Det er høye vannhastigheter i elva og dette i kombinasjon med sterk turbulens kan medføre en betydelig luftinnblanding i vannmassene som vil heve vannstanden. Det anbefales derfor at ny bru får 50m bredde og med minimum fri høyde på 0,5m. Det er derfor prosjektert en ny bru med 50 m lengde og en fri høyde på 0,66m (underkant bru på 244).

Risiko for erosjon er vurdert til å være høy på grunn av meget høye vannhastigheter. En plastring med stor stein rundt pilar og landkar vurderes til å være nødvendig. Erosjonssikring av elvebredder hvor det utføres tiltak bør også etableres. Konsekvenser for 3.part med hensyn til flomvannstand og erosjonsfare vurderes til å være neglisjerbare som følge av tiltaket.

7 Kilder

- [1] Norconsult – Flomberegning Kvernfallet og Osfallet, 2016.
- [2] Norconsult – Flomberegning Løpet i Rena, 2010.
- [3] Statens Vegvesen – Vegnormal N200 Vegbygging (Digitale vegnormaler). Vegdirektoratet 2024.
- [4] Statens Vegvesen – Håndbok N400, Bruprosjektering, (Digitale vegnormaler). Vegdirektoratet 2024.
- [5] NVE, Jernbaneverket, Statens vegvesen–Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt, NIFS rapport 13,2015.
- [6] Håndbok N-V240 Vannhåndtering. (Digitale vegnormaler). Vegdirektoratet 2023.
- [7] Veileder for flomberegninger, NVE nr 1 /2022
- [8] Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein, NVE nr 4/2009