



FLOM- OG VANNLINJEBEREGNINGER

Rv.7 - Solheimselv

19.04.2023



RAPPORT – INFORMASJON

DOKUMENT NR.

100972-RAP-HYD-002-V01

RAPPORT NR. / ANTALL SIDER

21 + Vedlegg

PROSJEKTLEDER/KONTAKTPERSON KUNDE

Simen Aastorp Haga

OPPDRAKSLEDER – EFLA

Eivind Aase

NØKKELOD

Hydrologi, flom,
vannlinjeberegninger

RAPPORT STATUS

- Arbeidsversjon
- Utkast
- Endelig versjon

RAPPORT GRADERING

- Åpen
- Distribuert med kundens tillatelse
- Konfidensiell

RAPPORT TITTEL

Flom- og vannlinjeberegninger – Rv.7 - Solheimselv

PROSJEKT

Rv.7 Lindelien-Kittilsviki

KUNDE

Statens vegvesen

FORFATTER

Vivian Palani

SAMMENDRAG

I forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan for ny rv.7 mellom Kittilsviki og Lindelien er EFLA AS engasjert i prosjektering av to bruer på strekningen. Bruene krysser elvene Solheimselva og Trommaldselva. For å verifisere om bruspen er tilstrekkelig mht. gjeldende krav fra Statens vegvesen til klarering i underkant bru er det utarbeidet to hydrologiske rapporter. Denne rapporten tar for seg flom- og vannlinjeberegninger for bru som krysser Solheimselv.

VERSJONSHISTORIKK

<u>NR.</u>	<u>FORFATTER</u>	<u>DATO</u>	<u>KONTROLLIERT</u>	<u>DATO</u>	<u>GODKJENT</u>	<u>DATO</u>
01	VP	25.02.23	CL	27.02.23	EAA	27.02.23

SAMMENDRAG

I forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan for ny rv.7 mellom Kittilsviki og Lindelien er EFLA AS engasjert i prosjektering av to bruer på strekningen. Bruene krysser elvene Solheimselva og Trommaldselva. For å verifisere om bruspen er tilstrekkelig mht. gjeldende krav fra Statens vegvesen til klarering i underkant bru er det utarbeidet to hydrologiske rapporter. Denne rapporten tar for seg flom- og vannlinjebergninger for bru som krysser Solheimselv.

Solheimselv er oppdemmet to steder i nedslagsfeltet. Disse oppdemmingene har sannsynligvis ikke veldig stor effekt på flomsituasjon i elven. Det er brukt nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt, flomfrekvensanalyse med målestasjoner og RFFA-2018 for å beregne 200-årsflom. Flom beregnet fra målestasjoner ansees som for lave. Det er brukt et gjennomsnitt av NIFS og RFFA-2018. Med klimafaktor og sikkerhetsfaktor resulterer dette i en dimensjonerende 200 årsflom $Q_{200dim} = 104,82 \text{ m}^3/\text{s}$.

Det er brukt GeoHEC-RAS for å lage 2D flommodell. Terrengmodell er hentet fra Høydedata og brupilarer og landkar er lagt til i modellen. Resulterende vannlinje under bru viser at spennvidde på bru er tilstrekkelig mht. krav til klarering i underkant av bru. Flomdybde under bru havner på omtrent 2,4 m fra bunn elv.

Hastighet ved ny bru er svært høy på GS-veien grunnet mye lavere ruhet her sammenlignet med elveløpet, tilsvarende omtrent 9,3 m/s. I elveløpet under brua havner hastigheter på litt under 4 m/s.

Sensitivitetsanalyser for Mannings n, øvre og nedre grensebetingelser viser ubetydelig påvirkning i vannstand ved bru.

INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	5	
FIGURLISTE	8	
TABELLISTE	8	
1	INNLEDNING	9
2	EKSISTERENDE TERRENG OG FELTPARAMETERE	10
3	FLOMBEREGNINGER	14
3.1	Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt	14
3.2	Flomfrekvensanalyse med nærliggende målestasjon	15
3.3	RFFA-18 fra Nevina	16
3.4	Vurdering av flomberegninger	16
3.5	Normalvannføring	17
4	VANNLINJEBEREGNINGER	18
4.1	Parametere	18
4.2	Resultater	18
4.3	Sensitivitetsanalyser	19
5	KONKLUSJON	20
6	REFERANSER	21

FIGURLISTE

Figur 2.1 Kart (t.v.) og satellittbilde ved utløp (t.h.) av Solheimselv (<i>Finn</i>). Rød sirkel markerer beregningspunkt. _____	10
Figur 2.2 Høydekart av elveløp (<i>Høydedata</i>) _____	11
Figur 2.3 Nedslagsfelt. Skardselv munner ut i Soleheimselv (<i>NEVINA</i>) _____	12
Figur 2.4 Dammer i nedslagsfeltet (<i>NVE Atlas</i>) _____	13
Figur 4.1 Vannlinje ved ny bru _____	18

TABELLISTE

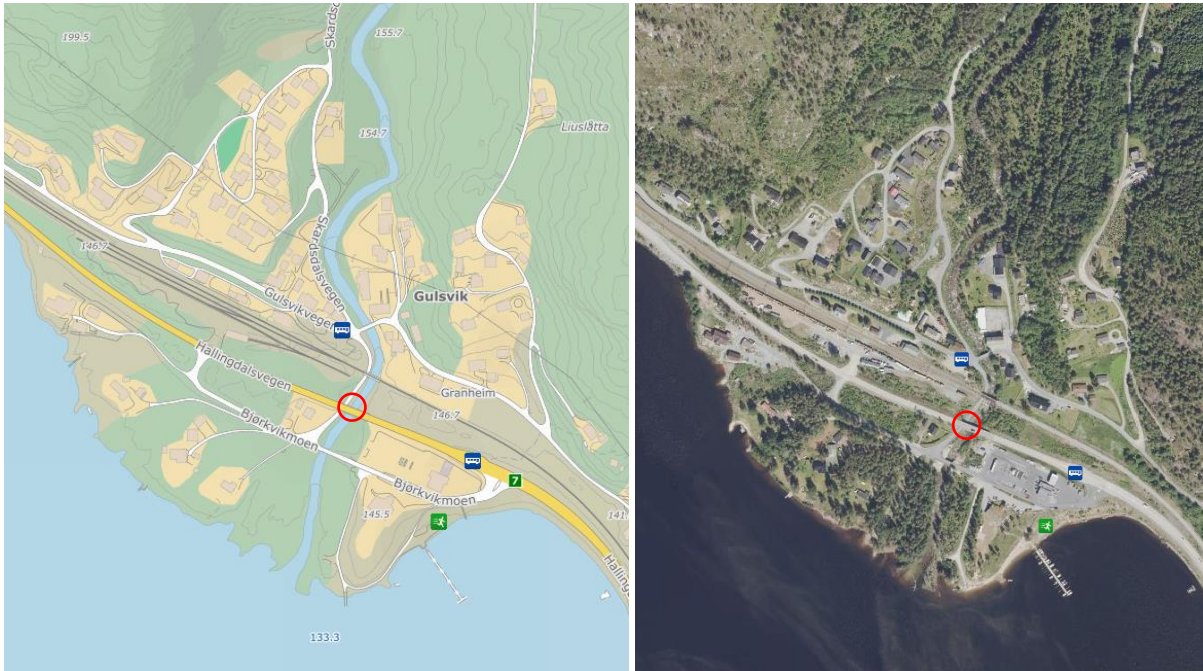
Tabell 2.1 Feltparametere for Solheimselv (<i>NEVINA</i>) _____	12
Tabell 3.1 Feltparametere for Solheimselv og målestasjoner _____	15
Tabell 3.2 Resultat fra flomfrekvensanalyse for målestasjonene _____	16
Tabell 3.3 Resulterende flomberegninger _____	17

1 INNLEDNING

I forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan for ny rv.7 mellom Kittilsviki og Lindelien er EFLA AS engasjert i prosjektering av to bruer på strekningen. Bruene krysser elvene Solheimselva og Trommaldselva. For å verifisere om bruspen er tilstrekkelig mht. gjeldende krav fra Statens vegvesen til klarering i underkant bru er det utarbeidet to hydrologiske rapporter. Denne rapporten tar for seg flom- og vannlinjebergninger for bru som krysser Solheimselv.

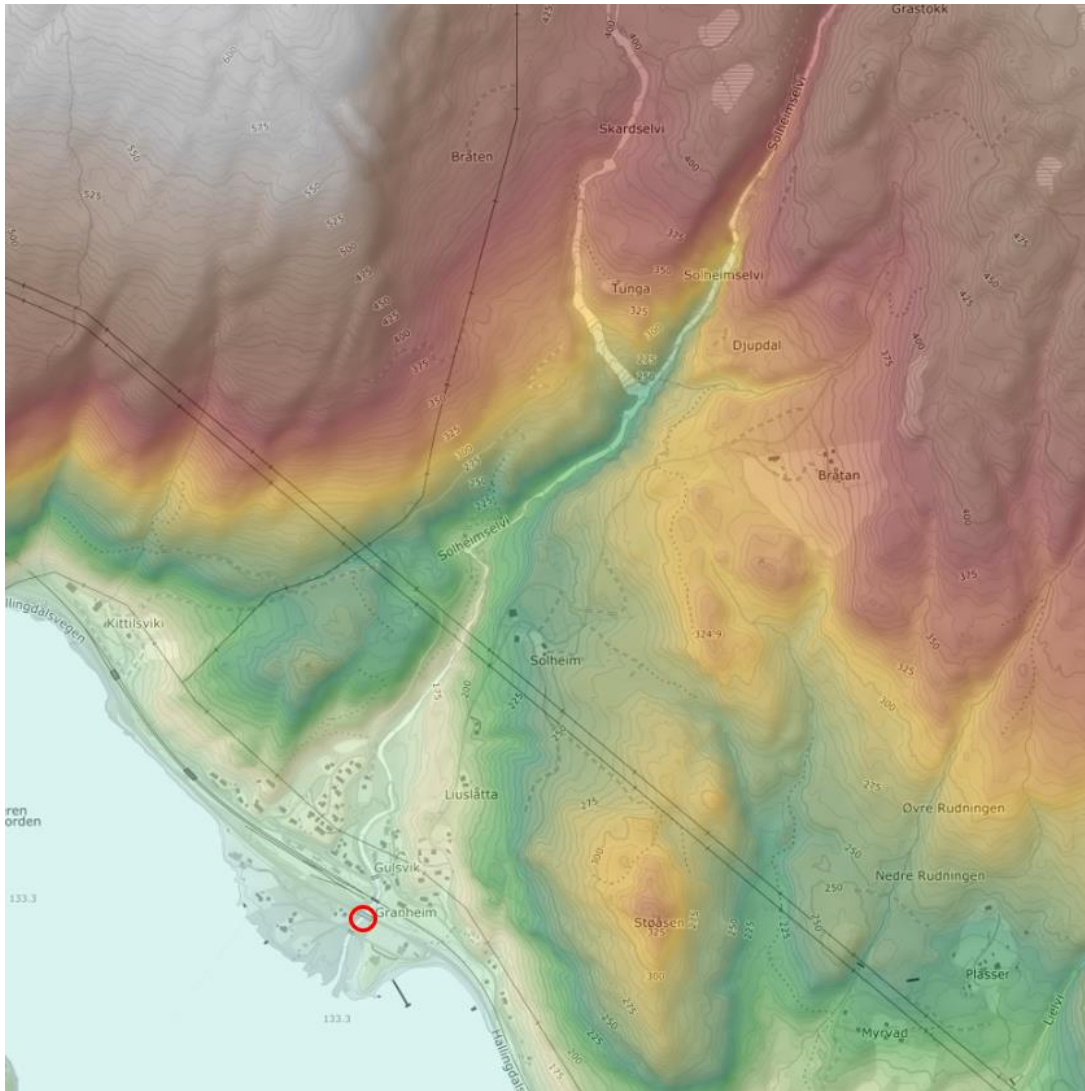
2 EKSISTERENDE TERRENG OG FELTPARAMETERE

Solheimselv renner gjennom Gulsvik i Flå kommune og ut i innsjøen Krøderen. Like ved utløpet er det fire bruer med relativt kort avstand seg imellom. Figur 2.1 viser kart og satellittbilde ved utløpet til Solheimselv. Rød sirkel markerer beregningspunkt/aktuell bru.



Figur 2.1 Kart (t.v.) og satellittbilde ved utløp (t.h.) av Solheimselv (Finn). Rød sirkel markerer beregningspunkt.

Elveløpet består av to hovedløp som møtes omtrent 1,5 km oppstrøms beregningspunkt. Høydekart av elveløpet er vist i Figur 2.2.



Figur 2.2 Høydekart av elveløp (Høydedata)

Nedslagsfelt er vist i Figur 2.3. Skardselv munner ut i Solheimselv.

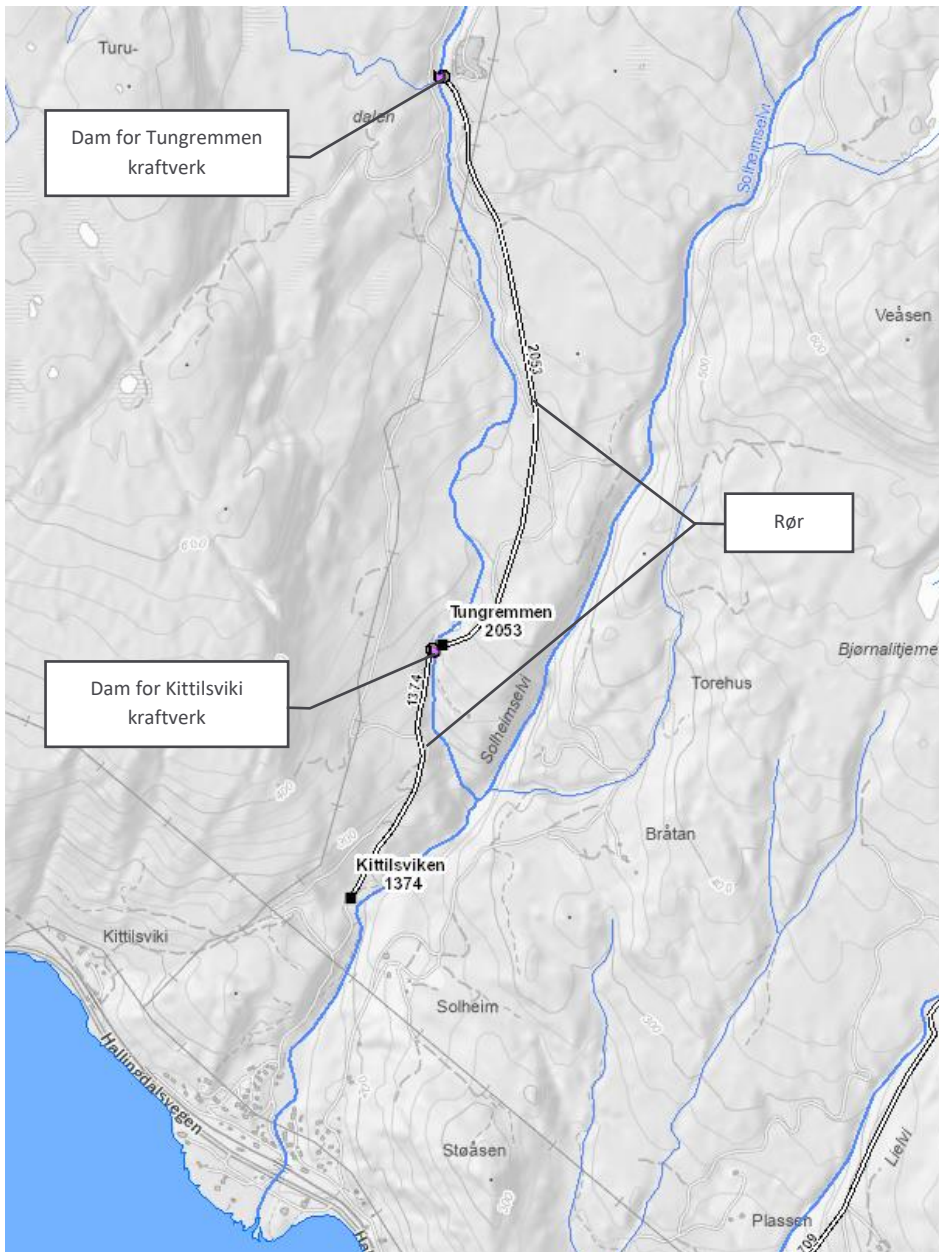


Figur 2.3 Nedslagsfelt. Skardselv munner ut i Soleheimselv (NEVINA)

Tabell 2.1 Feltparametere for Solheimselv (NEVINA)

FELT/MÅLESTASJON	A [KM ²]	QN [L/S KM ²]	ASE [%]	ASF [%]	ASKOG [%]	ELVEGRADIENT [M/KM]
Solheimselv	56.7	30.1	0.02	41.8	52.7	61.4

Det ligger to dammer i nedslagsfeltet, begge i Skardselv, for Tungremmen kraftstasjon og Kittilsviken kraftstasjon. Figur 2.4 viser plassering av dammene, samt rør.



Figur 2.4 Dammer i nedslagsfeltet (NVE Atlas)

NVEs vurdering i *Bakgrunn for vedtak-Tungeremmen kraftverk* (NVE, 2015, s.15) er det formulert følgende «De store flomvannføringerne blir i liten grad påvirket av utbyggingen». Kittilsviki kraftverk er under småkraftverk og ble vedtatt konsesjonsfritt (NVE konsesjonssak, hentet 25.02.2023). Det antas derfor at Kittilsviki kraftverk også har liten effekt på vannføring under en flomsituasjon.

3 FLOMBEREGNINGER

Beregningsmetodene som er valgt i denne rapporten for å beregne dimensjonerende flom er nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS), lokal flomfrekvensanalyse ved bruk av målestasjonsdata og regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018). Dette oppfyller også kravet fra Statens vegvesen (N200, 2022) om at dimensjonerende flom må beregnes med flere metoder for å kunne redusere usikkerheten.

Klimafaktor er satt til 1,3 for Buskerud fylke, i dag en del av Viken fylke, iht. V240 (2022). Sikkerhetsfaktor er satt til 1,2 iht. V240 (2022) da ÅDT på veien er på 5500 ifølge Vegkart.no.

3.1 Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt

Flommodellen baserer seg på flomfrekvensanalyser og brukes for små (< ca. 50km²), uregulerte felt. Formelverket er basert på et sett med ligninger for å beregne middelflom (Q_M) og vekstkurven (Q_T/Q_M), Formel 3.1 og 3.2, som gjelder for hele Norge.

$$Q_M = 18,97Q_N^{0,864} e^{-0,251\sqrt{A_{SE}}} \quad \text{Formel 3.1}$$

Der:

Q_N = Middelvannføring (m³/s)

A_{SE} = Effektiv sjøprosent (%)

$$\frac{Q_T}{Q_M} = 1 + 0,308q_N^{-0,137} [\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}]/k \quad \text{Formel 3.2}$$

Der:

q_N = spesifikk middelvannføring, i periode 1961-90 (l/s*km²)

Γ = gammafunksjonen

T = Gjentakintervall

Konstanten k er gitt fra formel 4.3:

$$k = -1 + 2/[1 + e^{0,391 + \frac{1,54A_{SE}}{100}}] \quad \text{Formel 3.3}$$

Formelsettet er gyldige for nedbørsfelt med:

- Areal: 0,2-53 km²
- Normalavrenning: 9-163 l/s*km²

- Effektiv sjøprosent: 0-21 %

Den største usikkerheten ved bruk av dette formelverket kommer fra middelflomregresjon. I tillegg er det stor usikkerhet knyttet til spesifikk middelvannføring da denne har vist seg å være mer eksakt for noen områder enn andre.

Nedslagsfeltet for Solheimselv er noe mindre enn gyldighetsintervallet for NIFS. Med klimafaktor og sikkerhetsfaktor blir dimensjonerende 200-års flom:

$$Q_{200dim} = 123.12 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2 Flomfrekvensanalyse med nærliggende målestasjon

Det er utført flomanalyse ved hjelp av målinger hentet fra FLOM_ANALYSE. Verdi for Q_M og relative måleverdier til Q_{200} vil bli hentet fra nærliggende målestasjoner.

Q_M for de aktuelle feltene blir regnet ut ved å multiplisere forholdstall fra **Formel 4.4** med arealet til aktuelt nedslagsfelt. Q_M for feltet blir dermed funnet ved formel:

$$Q_{M_felt} = \frac{Q_{M_målestasjon}}{A_{målestasjon}} A_{felt} \quad \text{Formel 3.4}$$

Verdien fra **Formel 3.4** blir så multiplisert med den relative måleverdien, Q_{200}/Q_M fra flomfrekvensanalyser for målestasjonen, for å finne Q_{200} .

De fleste målestasjoner i nærheten er regulerte. Det er gjort en flomfrekvensanalyse med ulike målestasjoner 12.212.0 Hangtjern, 15.530.0 Borgåi og 16.128.0 Austbygdåi. Ingen av målestasjonene er regulerte. Feltparametere for målestasjonen er vist i Tabell 3.1.

Tabell 3.1 Feltparametere for Solheimselv og målestasjoner

FELT/MÅLESTASJON	A [KM ²]	QN [L/S KM ²]	ASE [%]	ASF [%]	ASKOG [%]	ELVEGRADIENT [M/KM]	
Solheimselv	56.7	30.1	0.02	41.8	52.7	61.4	Regulert
12.212.0 Hangtjern	10.8	22	0.73	4	80.19	48.04	Uregulert
15.530.0 Borgåi	94	16.5	0.44	28.78	45.84	21.3	Uregulert
16.128.0 Austbygdåi	343.4	25.49	0.14	53.67	33.23	24.73	Uregulert

12.212.0 Hangtjern har relativt lik elvegradient, men har betydelig mindre nedslagsfelt og høyere sjøprosent. Spesifikk normalavrenning er og noe lavere. Det forventes av den grunn lavere spesifikk flom i Hangtjern sammenlignet med Solheimselv. 15.530.0 Borgåi har betydelig høyere areal og noe

høyere sjøprosent sammenlignet med Solheimselv. Spesifikk normalavrenning og elvegradient er betydelig lavere. Av den grunn forventes det lavere spesifikk flom i Borgåi sammenlignet med Solheimselv. Austbygdai har mye større nedslagsfelt, omtrent seks ganger så stort som for Solheimselv. Effektiv sjø er litt høyere, og elvegradient er betydelig lavere. Spesifikk normalavrenning er noe likt. Det forventes lavere spesifikk flom for Austbygdai sammenlignet med Solheimselv.

Ulike fordelingskurver for de tre stasjonene er vist i Vedlegg B . Det er valgt å bruke Weibull fordeling for alle stasjonene da denne passer best med måledata. Tabell 3.2 viser resultat fra flomfrekvensanalyse for de tre målestasjonene.

Tabell 3.2 Resultat fra flomfrekvensanalyse for målestasjonene

MÅLESTASJON	QM [L/S KM2]	Q200/QM	FORDELING
12.212.0 Hangtjern	225,63	1,921	Weibull
15.530.0 Borgåi	242	2,106	Weibull
16.128.0 Austbygdai	236,97	1,677	Weibull

Kulminasjonsfaktor, $Q_{mom}/Q_{døgn}$, brukt er hentet fra Nevina for Solheimselv og er på 1,39. Dimensjonerende 200-årsflom skalert fra de tre stasjonene med klimafaktor og sikkerhetsfaktor:

$$Q_{200dim-Hangtjern} = 53,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200dim-Borgåi} = 62,7 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200dim-Austbygdai} = 48,9 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.3 RFFA-18 fra Nevina

RFFA-18 generert i Nevina gir en 200 årsflom på 39,9 m³/s. Metoden brukes for feltstørrelser over 60 km², og Solheimselv er derfor noe på grensen. Med justering for momentanflom og påslag av klimafaktor og sikkerhetsfaktor blir dimensjonerende 200-årsflom lik:

$$Q_{200dim} = 86,52 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.4 Vurdering av flomberegninger

Tabell 3.3 viser resulterende flomberegninger. Flomfrekvensanalyser med målestasjoner gir lavere flomverdier sammenlignet med NIFS og RFFA-2018. Grunnet store ulikheter i feltparametere for målestasjonene sammenlignet med Solheimselv ansees beregnet flom fra flomfrekvensanalysene som

for lave. Siden feltarealet er på grensen til gyldighetsintervallet både for NIFS og RFFA-2018 er det valgt å bruke et gjennomsnitt av disse to, tilsvarende Q200dim = **104,82 m³/s**.

Tabell 3.3 Resulterende flomberegninger

FELT	NIFS [M ³ /S]	FFA 12.212.0 HANGTJERN [M ³ /S]	FFA 15.530.0 BORGÅI [M ³ /S]	FFA 16.128.0 AUSTBYGDÅI [M ³ /S]	RFFA-2018 [M ³ /S]	VALGT Q200DIM [M ³ /S]
Solheimselv	123.12	53.29	62.66	48.86	86.52	104.82

3.5 Normalvannføring

Normalvannføring er beregnet fra q_N i NEVINAs feltparametere og tilsvarer $Q_N = \mathbf{1,71\ m^3/s}$.

4 VANNLINJEBEREGNINGER

Det er brukt 2D modellering i HEC-RAS for å finne vannlinje/flomvannstand.

4.1 Parametere

Terrengmodell er hentet fra Høydedata og er vist i Vedlegg C . Landkar og brupilarer er lagt inn i modellen. Måleverdier for vannstand i Krøderen er hentet fra målestasjon 12.170.0 Krøderen, se Vedlegg D . Fra målte verdier vises en maksimal vannstand på omtrent 135 moh., mens normal vannstand ligger nær 133 moh.

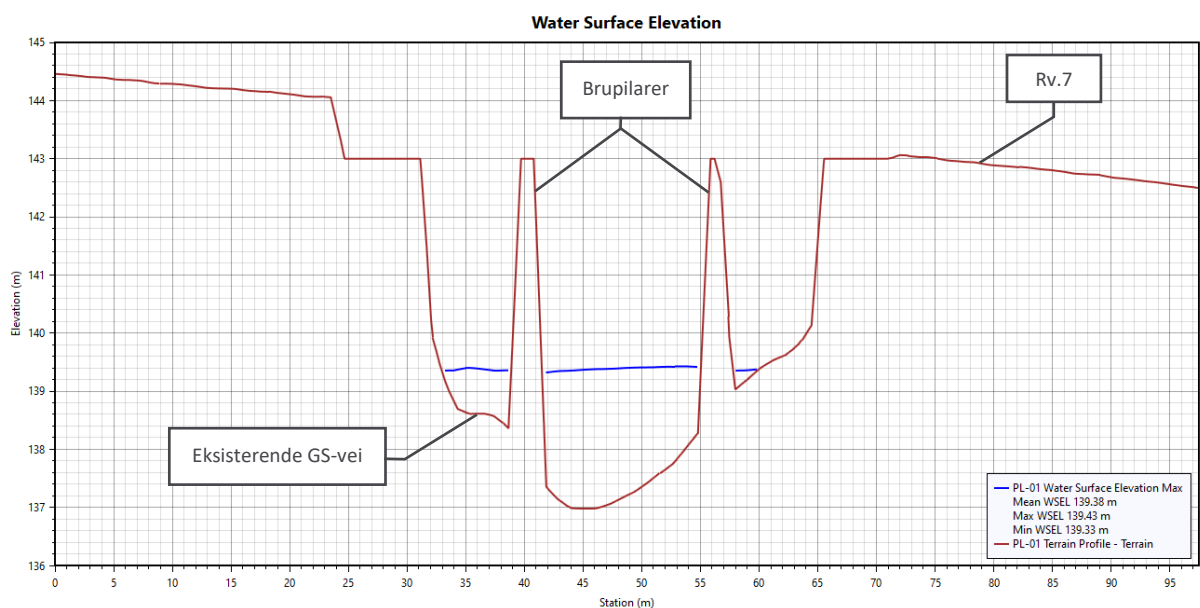
Parametere brukt i modell:

- Mannings n i elv: 0.1 (svært store steiner)
- Mannings n i skog/gressområder: 0.06
- Mannings n i veg: 0.02
- Øvre grensebetingelse: Hydrograf, helning 0.053
- Nedre grensebetingelse: fast vannstand satt til 135 moh

Det er laget modell for Q200dim og Qn. I modell for Qn er nedre grensebetingelse satt til 133 moh da det fra målestasjon

4.2 Resultater

Resulterende flomdybder og lengdeprofil for vannlinje ved Q200dim er vist i Vedlegg E . Figur 4.1 viser vannlinje ved ny bru, tilsvarende en maksimal flomdybde på omtrent 2,4 m fra bunn elv. Bruen har tilstrekkelig spennvidde iht. krav om 0,5 m klarering fra underkant bru (N400, 2023).



Figur 4.1 Vannlinje ved ny bru

Resulterende hastigheter er vist i Vedlegg F . På grunn av svært ru elvebunn øker hastighetene mye når vannet når GS-veien lokalt ved bruene, da veien har lav ruhet. Maksimal hastighet ved bruene blir da på omtrent 9,3 m/s og dette oppstår i GS-veien. I elven under bruene oppstår hastigheter på litt under 4 m/s.

Ved normalvannføring er vannstand omtrent 30 cm over bunn elv, se Vedlegg G .

4.3 Sensitivitetsanalyser

Det er utført tre separate sensitivitetsanalyser med endring i Mannings n, øvre grensebetingelse og nedre grensebetingelse.

- Mannings n i elv: 0.08
- Øvre grensebetingelse: Hydrograf, helning 0.1
- Nedre grensebetingelse: fast vannstand satt til 133

Endring i Mannings i elveløpet endrer vannstand i ved ny bru med 10 cm lavere. Vel å merke synker hastigheten ved GS-veien ved bruene og som et resultat av at avrenning går raskere i selve elveløpet med lavere ruhet. Modellen ansees ikke som veldig sensitiv for endring i Mannings. Endring i øvre og nedre grensebetingelse har ingen effekt på vannlinje under ny bru.

5 KONKLUSJON

I forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan for ny rv.7 mellom Kittilsviki og Lindelien er EFLA AS engasjert i prosjektering av to bruer på strekningen.

Solheimselv er oppdemmet to steder i nedslagsfeltet. Disse oppdemmingene har sannsynligvis ikke veldig stor effekt på flomsituasjon i elven. Det er brukt nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt, flomfrekvensanalyse med målestasjoner og RFFA-2018 for å beregne 200-årsflom. Flom beregnet fra målestasjoner ansees som for lave. Det er brukt et gjennomsnitt av NIFS og RFFA-2018. Med klimafaktor og sikkerhetsfaktor resulterer dette i en dimensjonerende 200 årsflom $Q_{200dim} = 104,82 \text{ m}^3/\text{s}$.

Det er brukt GeoHEC-RAS for å lage 2D flommodell. Terrengmodell er hentet fra Høydedata og brupilarer og landkar er lagt til i modellen. Resulterende vannlinje under bru viser at spennvidde på bru er tilstrekkelig mht. klarering i underkant av bru. Flomdybde under bru havner på omtrent 2,4 m fra bunn elv.

Hastighet ved ny bru er svært høy på GS-veien grunnet mye lavere ruhet her sammenlignet med elveløpet, tilsvarende omtrent 9,3 m/s. I elveløpet under brua havner hastigheter på litt under 4 m/s.

Sensitivitetsanalyser for Mannings n, øvre og nedre grensebetingelser viser ubetydelig påvirkning i vannstand ved bru.

6 REFERANSER

NVE (07.10.2015), Bakgrunn for vedtak-Tungremmen kraftverk-Flå kommune i Buskerud fylke

NVE, Kittilsviken småkraftverk (konsesjonssak, hentet 25.02.2023)

<https://www.nve.no/konsesjon/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=4237&type=V-1>

SVV (2023), *Bruprosjektering-Prosjektering av bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner*, Håndbok N400

SVV (2022), *Vegbygging*, Håndbok N200

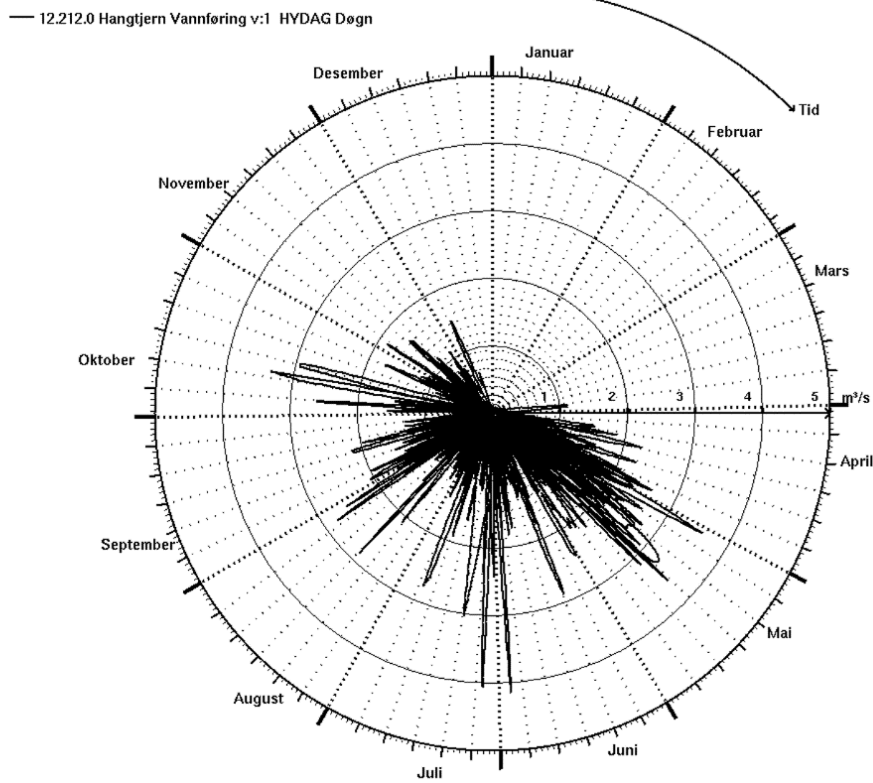
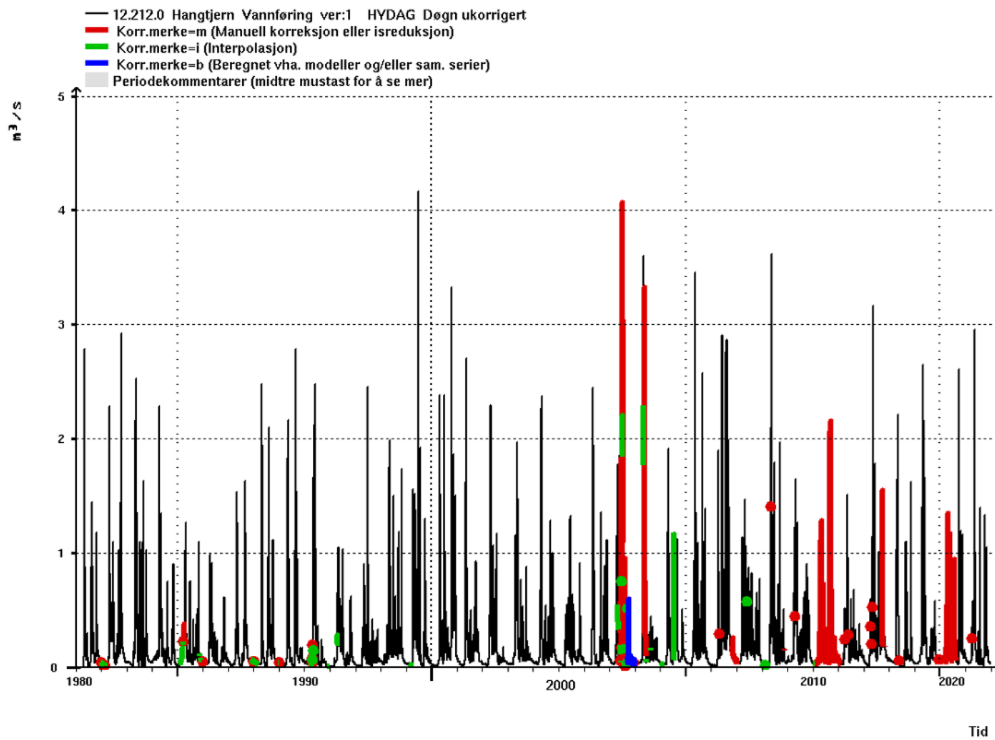
SVV (2022), *Vannhåndtering – Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering*, Håndbok V240

Vegkart, trafikkmengde

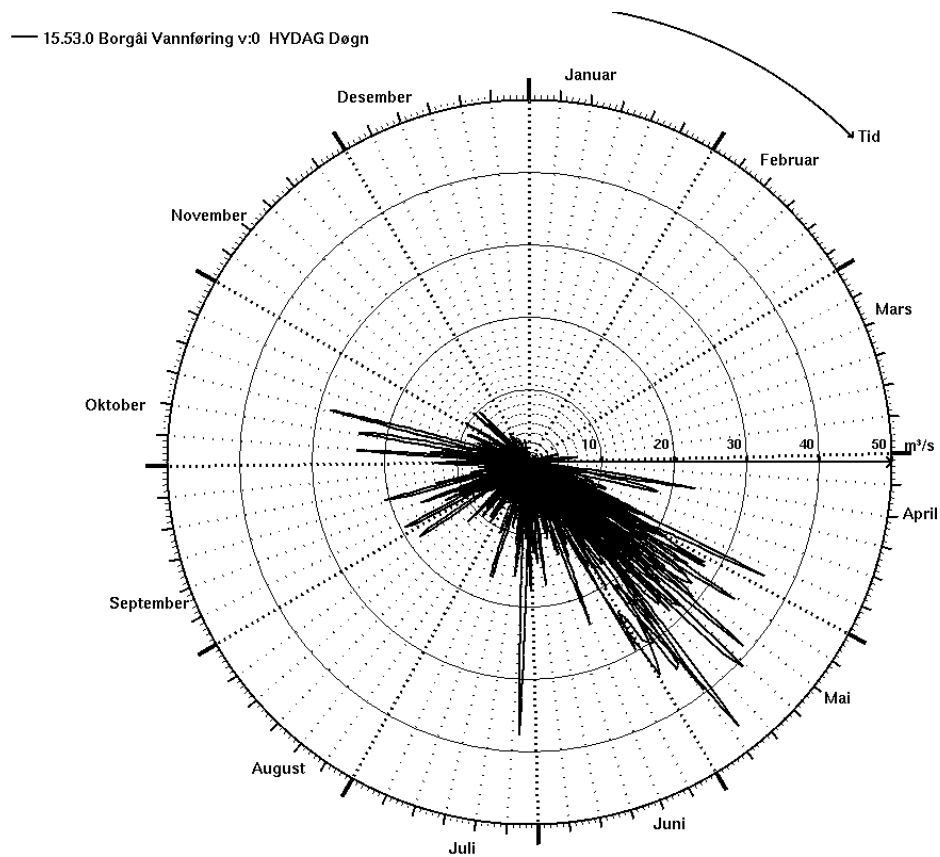
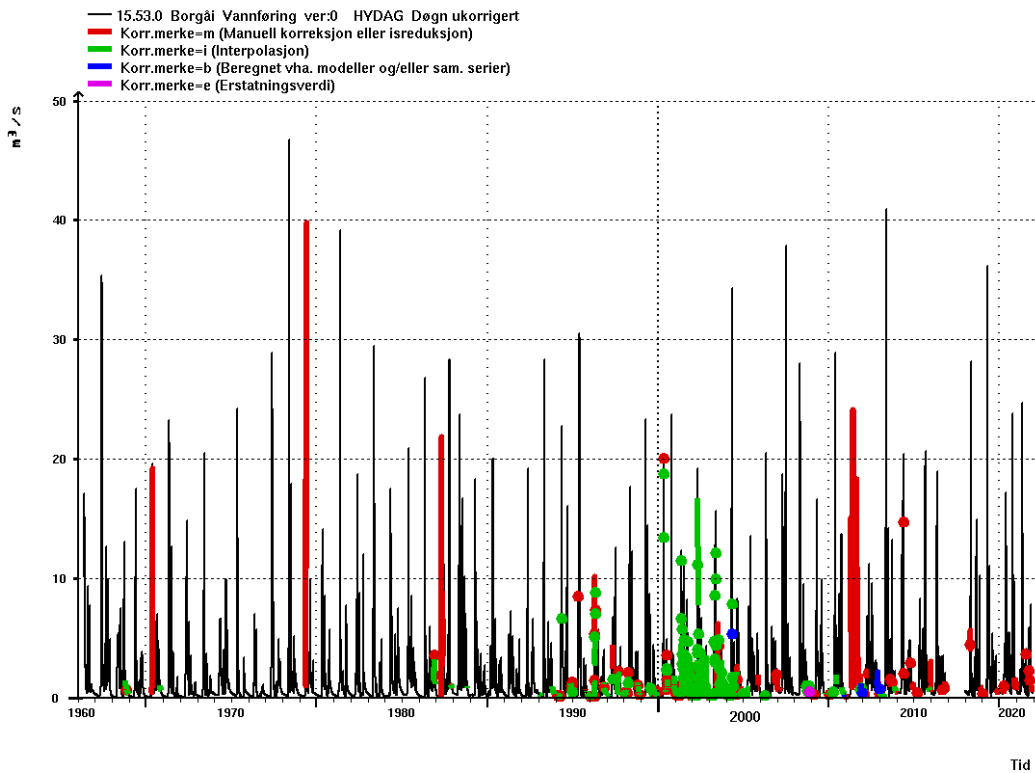
[https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@203140,6706227,15/hva:!\(id~540\)~/valgt:1017255669:540](https://vegkart.atlas.vegvesen.no/#kartlag:geodata/@203140,6706227,15/hva:!(id~540)~/valgt:1017255669:540)

VEDLEGG A

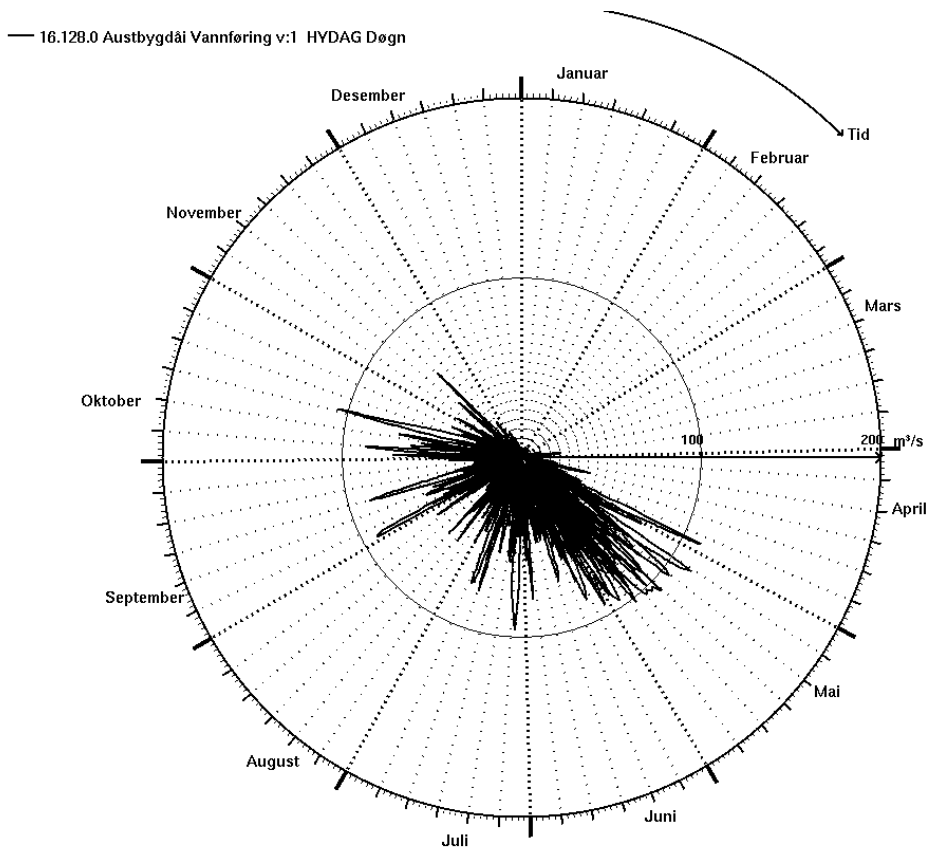
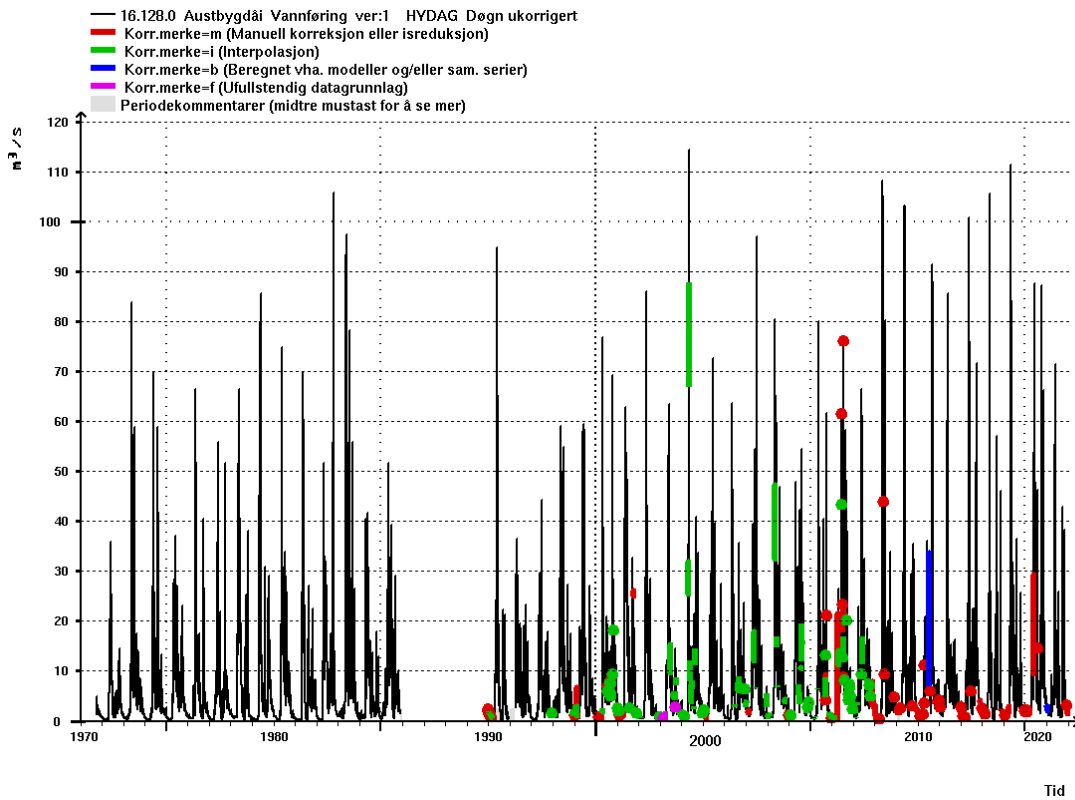
A.1 Plott av døgnerverdier og polarplott for 12.212.0 Hangtjern



A.2 Plott av døgnerverdi og polarplott for 15.530.0 Borgåi

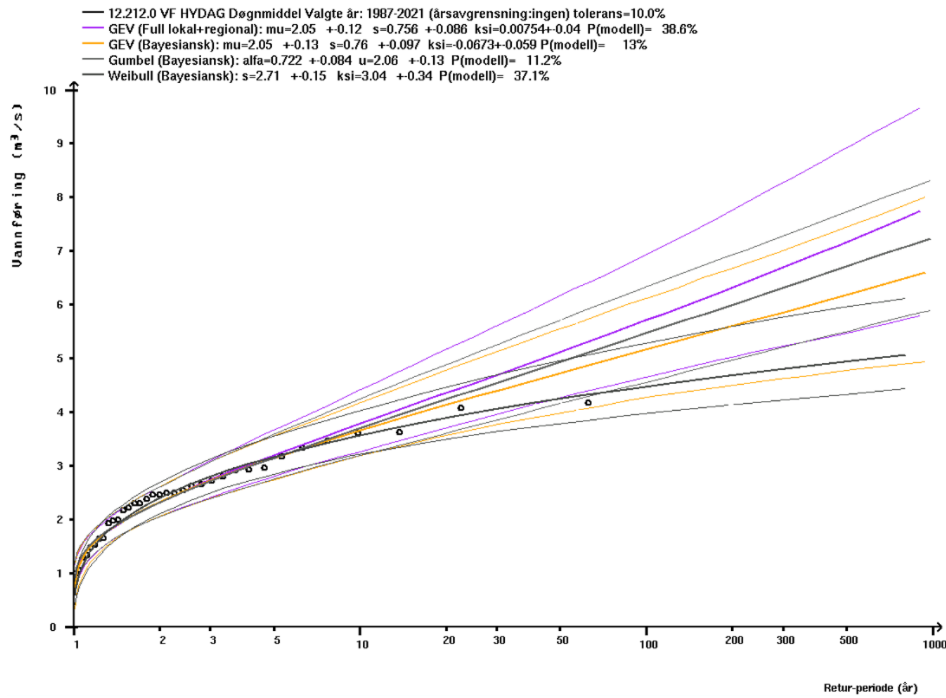


A.3 Plott av døgnerverdier og polarplott for 16.128.0 Austbygdåi

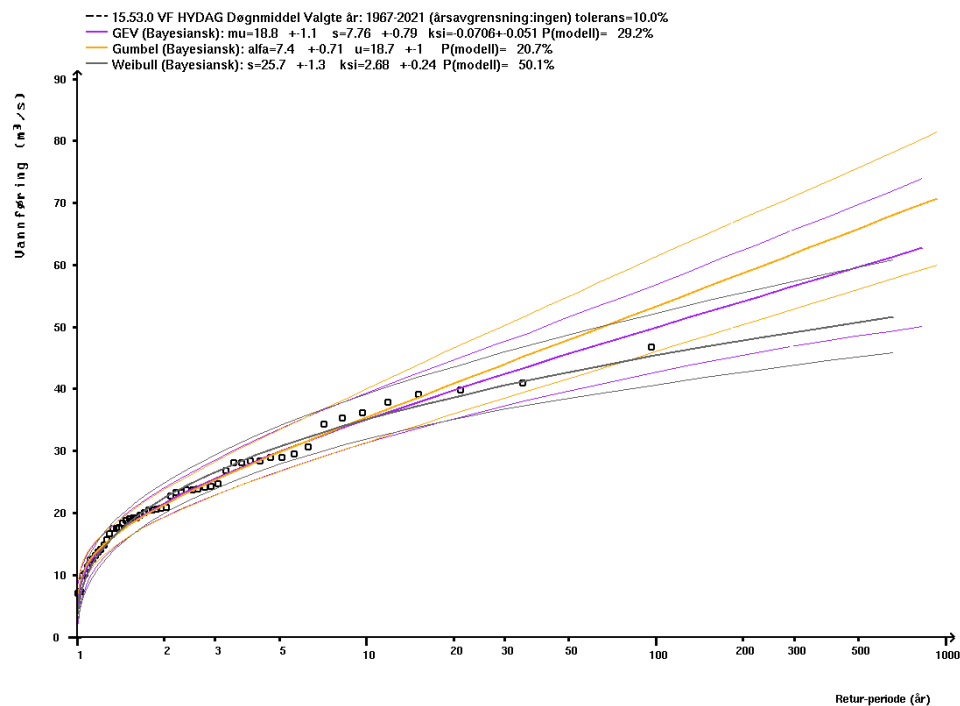


VEDLEGG B

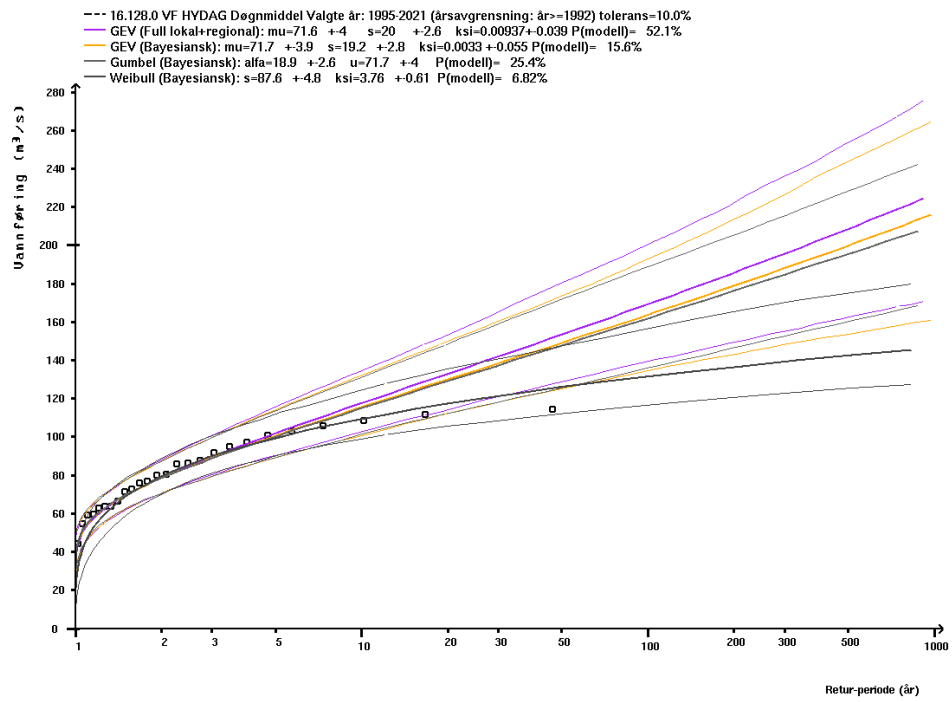
B.1 Fordelingskurve - 12.212.0 Hangtjern



B.2 Fordelingskurve - 15.530.0 Borgåi

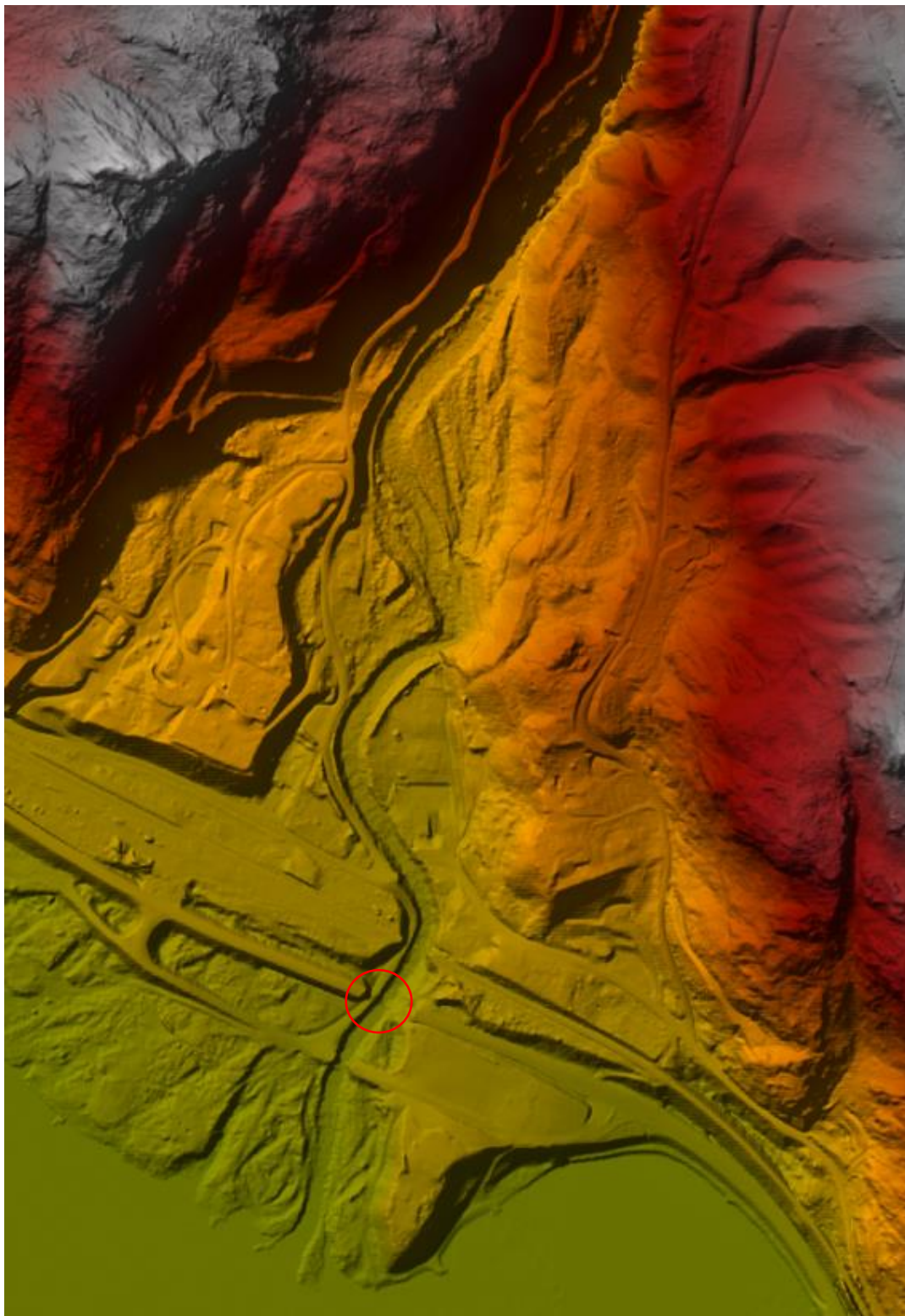


B.3 Fordelingskurve - 16.128.0 Austbygdåi



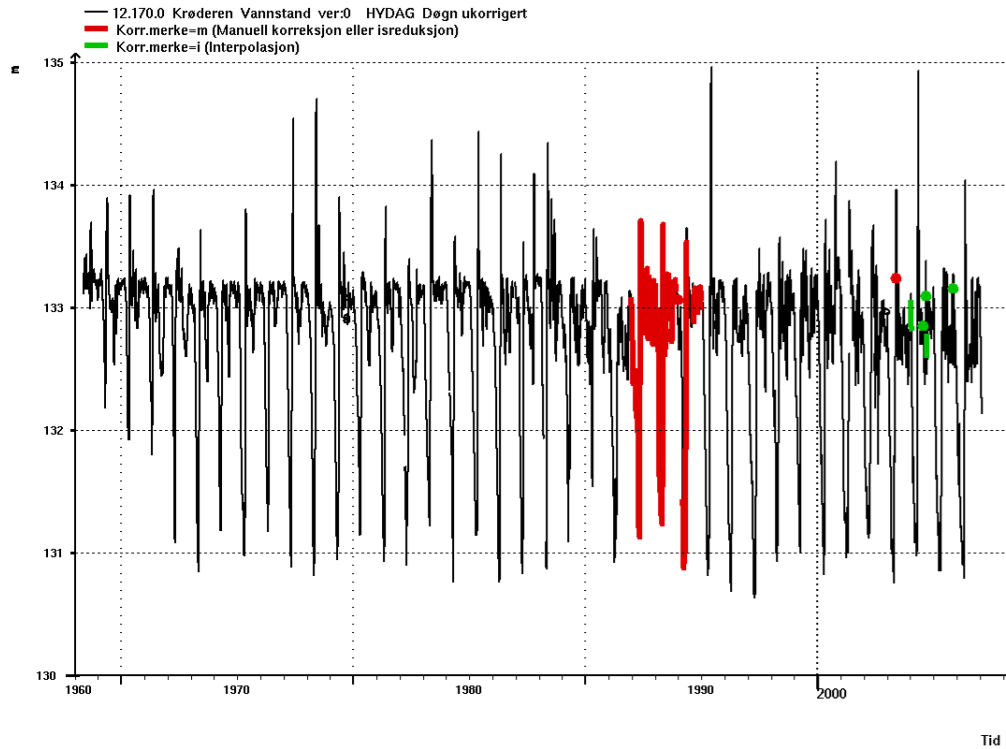
VEDLEGG C

Terrengmodell i HEC-RAS modell

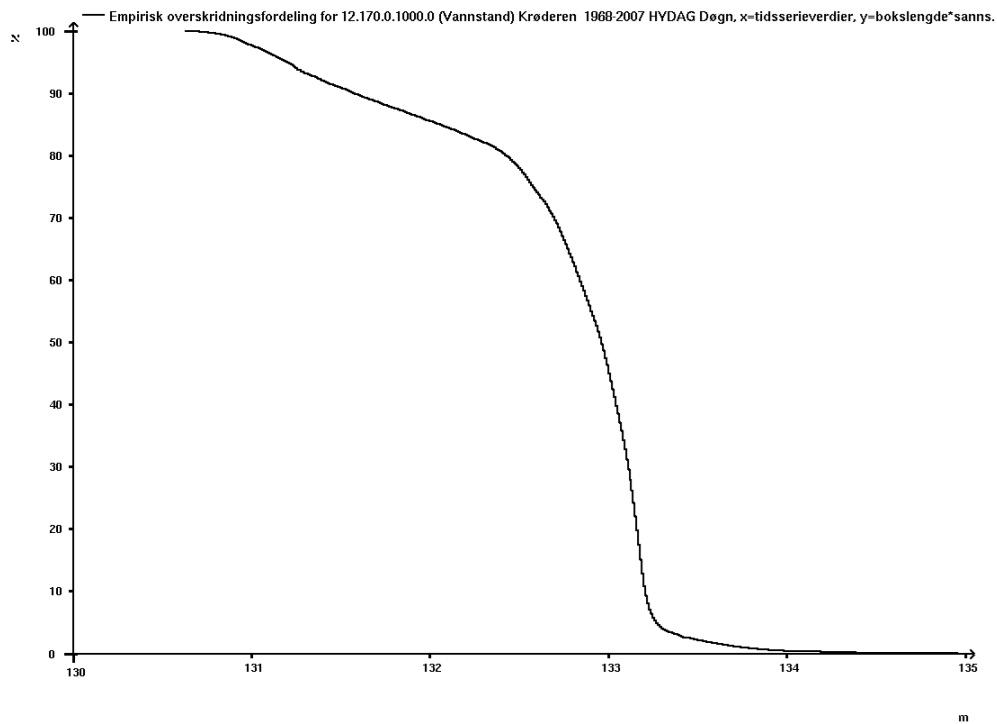


VEDLEGG D

Målinger fra stasjon 12.170.0 Krøderen

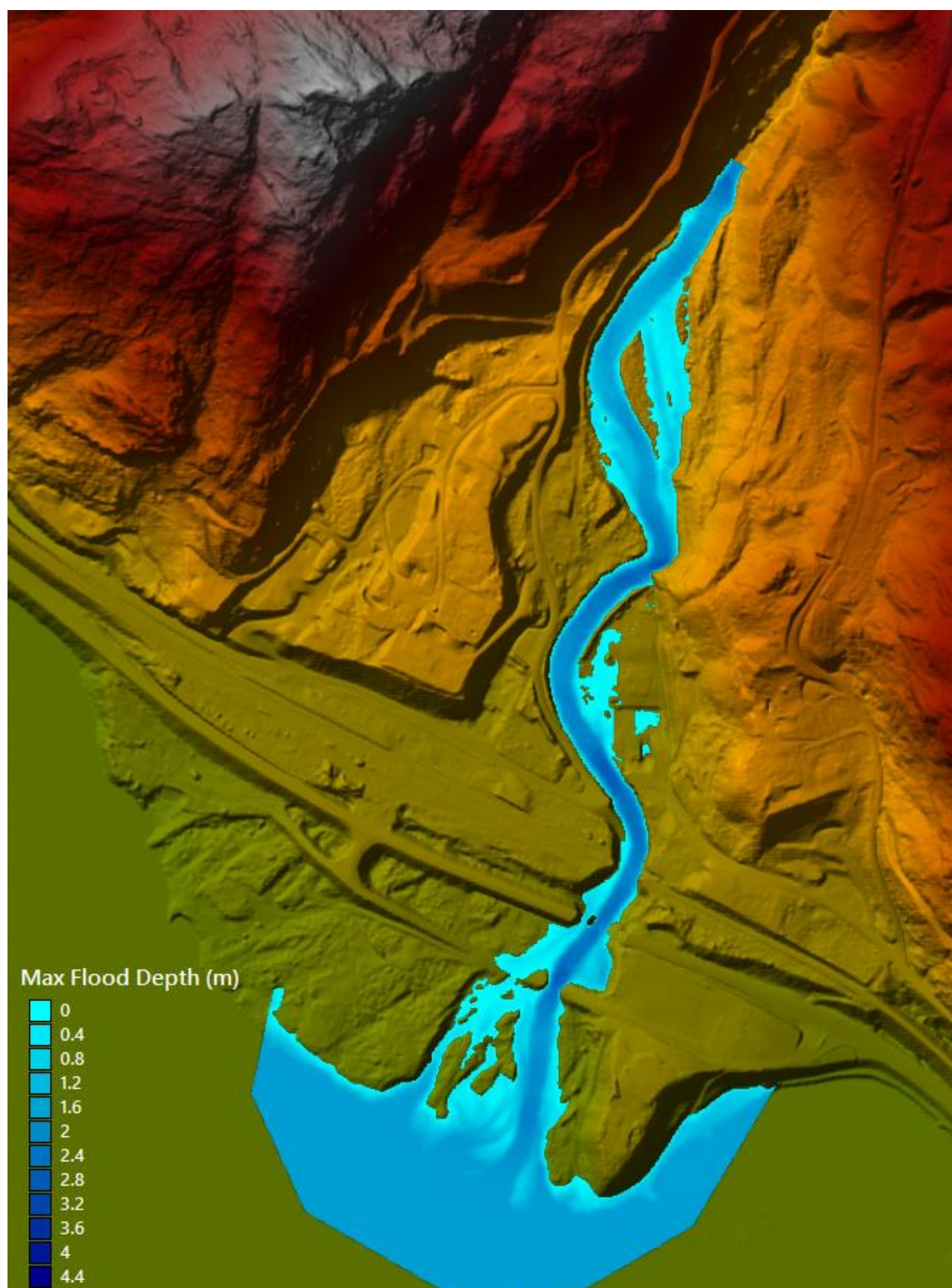


Overskridelsesfordeling for 12.170.0 Krøderen

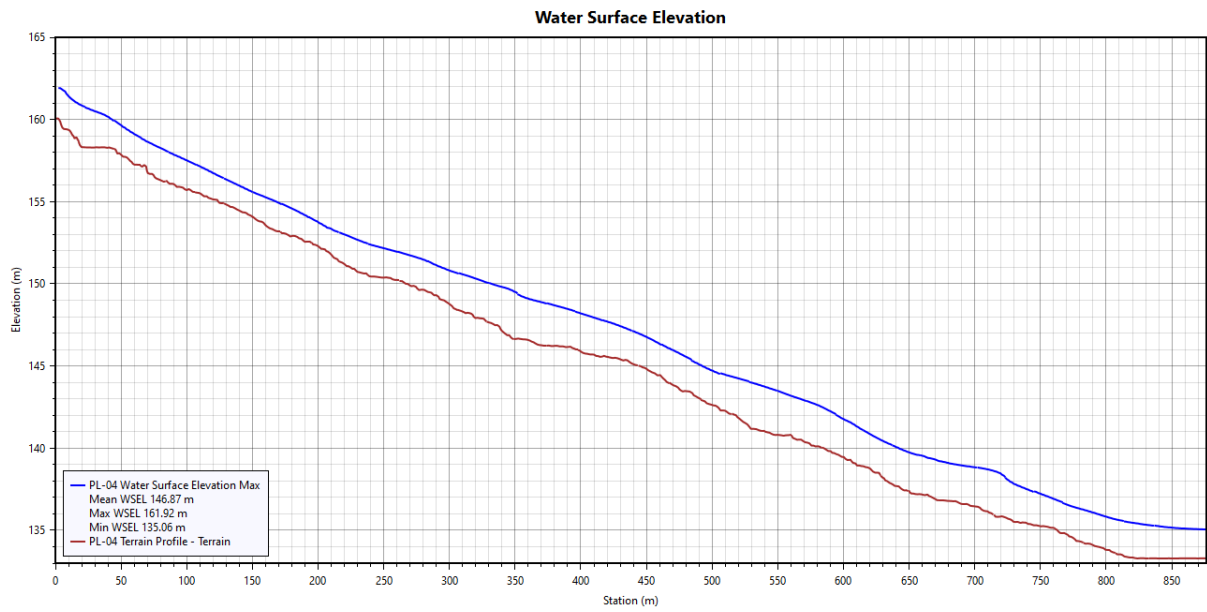


VEDLEGG E

E.1 Flomdybder – Q200dim

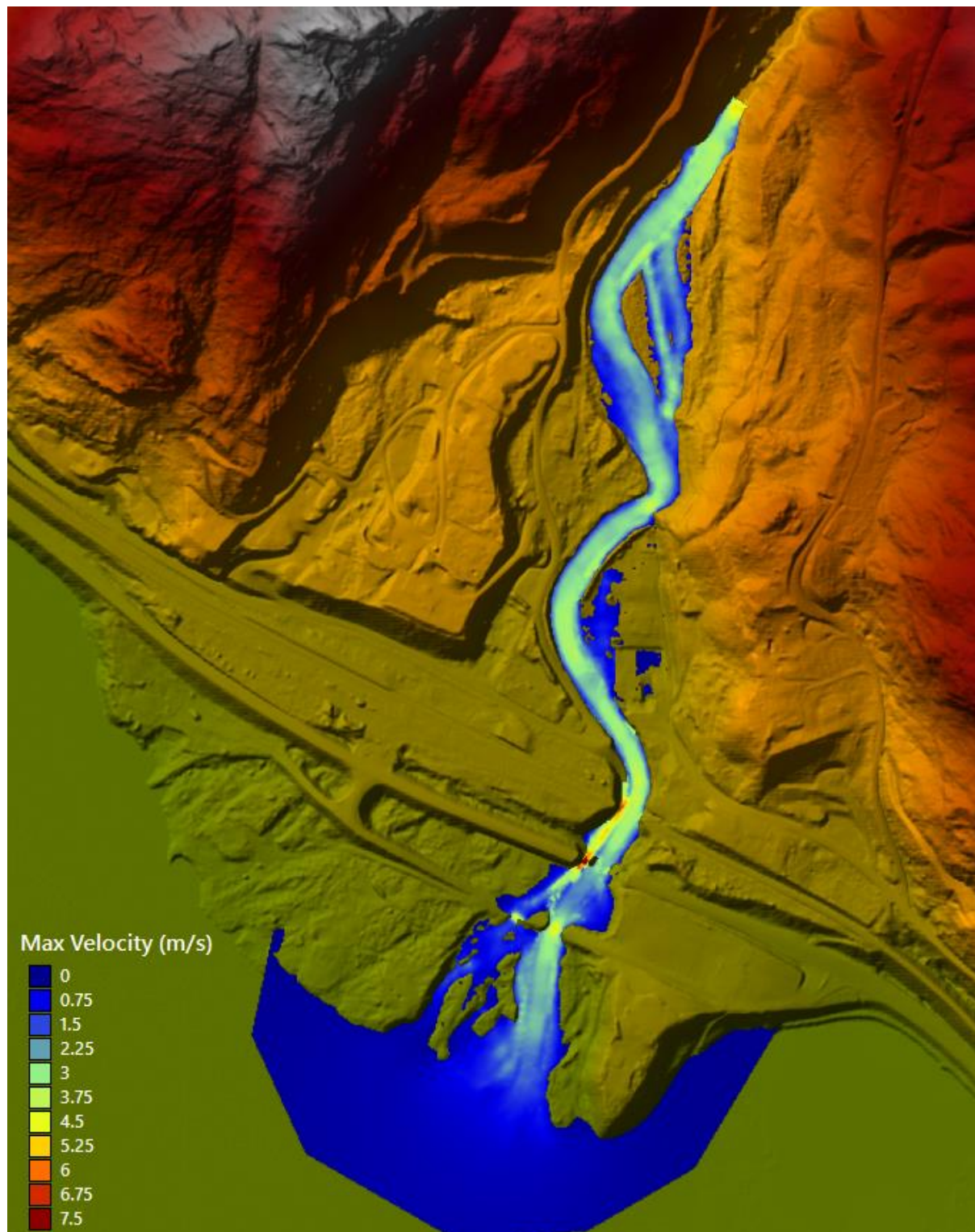


E.2 Lengdeprofil av vannlinje – Q200dim



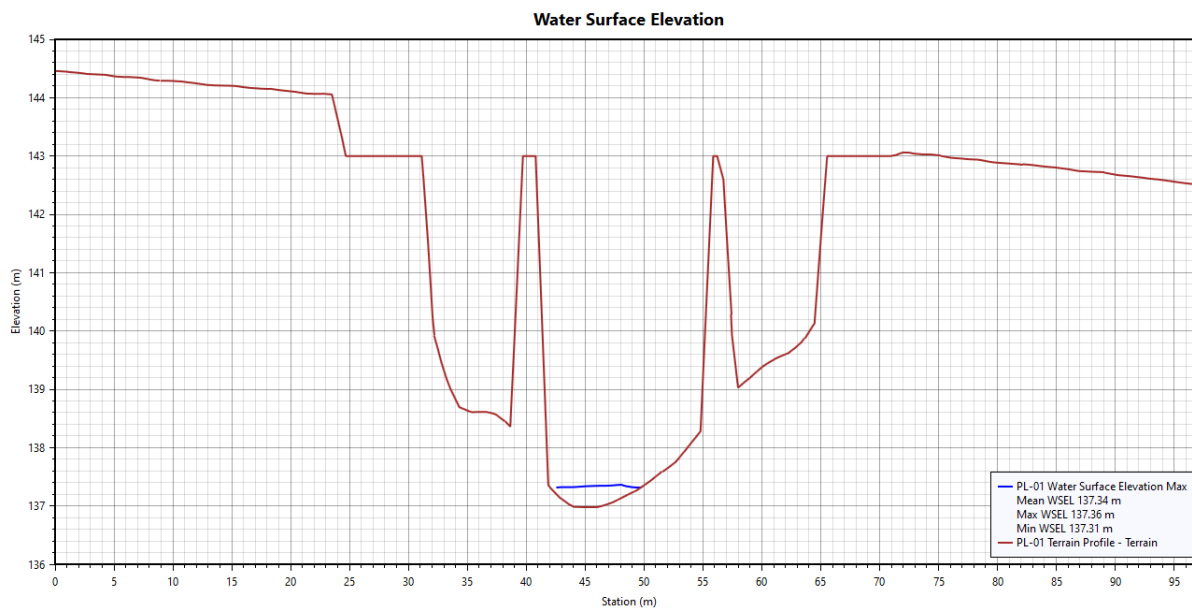
VEDLEGG F

Hastigheter – Q200dim



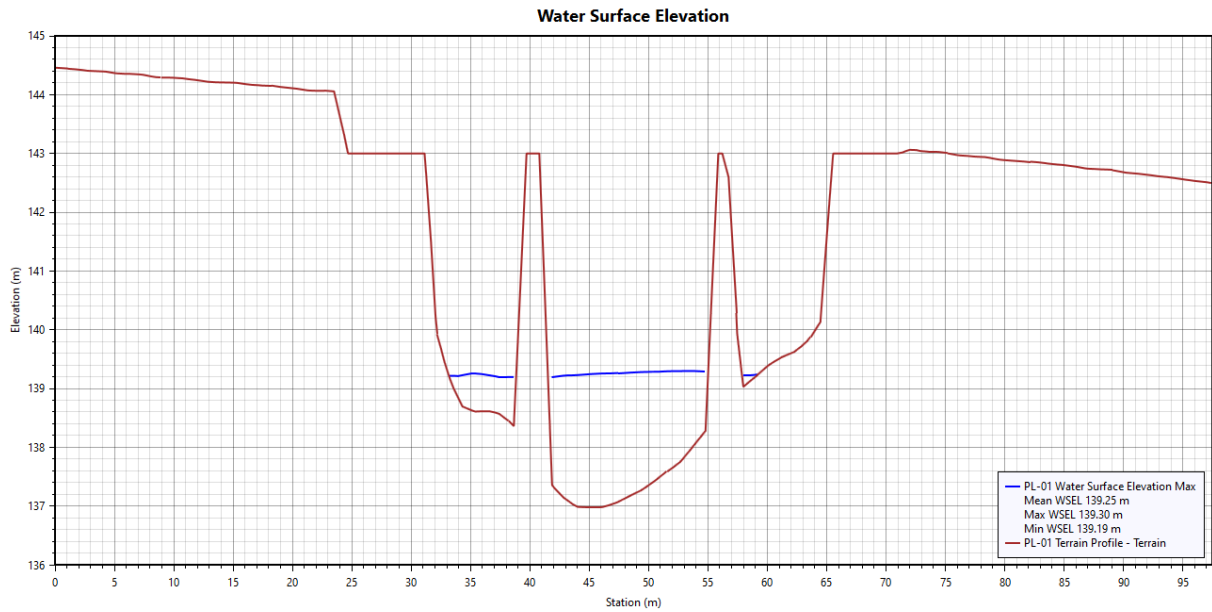
VEDLEGG G

Vannlinje ved bru for Qn.

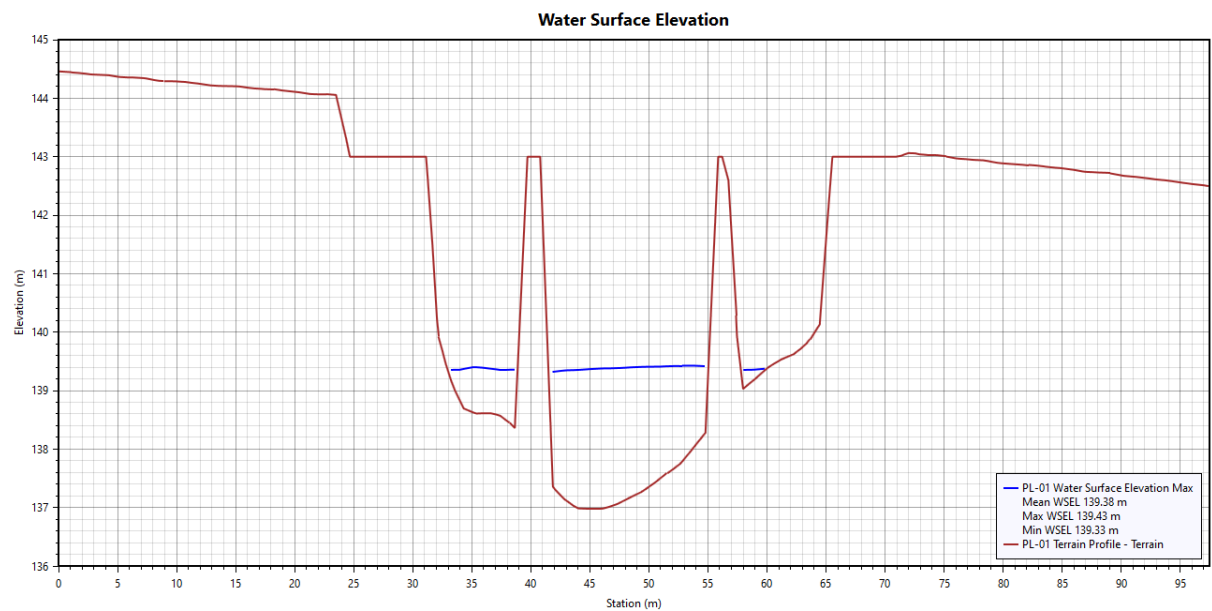


VEDLEGG H

H.1 Vannlinje – Sensitivitetsanalyse Mannings n



H.2 Vannlinje – Sensitivitet øvre grensebetingelse



H.3 Vannlinje – Sensitivitet nedre grensebetingelse

