



FLOM- OG VANNLINJEBEREGNINGER

Reguleringsplan - Venn oppvekstsenter



RAPPORT – INFORMASJON

DOKUMENT NR.

101195-RAP-HYD-V02

RAPPORT NR. / ANTALL SIDER

34 sider + vedlegg

PROSJEKTLEDER/KONTAKTPERSON KUNDE

Ronja Eline Kåveland

OPPDRAGSLEDER – EFLA

Jón Gunnar Þorkelsson

NØKKELORD

Hydrologi, flom, vannlinje

RAPPORT STATUS

- ☐ Arbeidsversjon
- ☐ Utkast
- ☒ Endelig versjon

RAPPORT GRADERING

- ☐ Åpen
- ☒ Distribuert med kundens tillatelse
- ☐ Konfidensiell

RAPPORT TITTEL

Flom- og vannlinjeberegninger – Reguleringsplan
Venn oppvekstsenter

PROSJEKT

Venn Oppvekstsenter

KUNDE

Skaun kommune

FORFATTER

Casper Lande

SAMMENDRAG

EFLA Rådgivende Ingeniører har i oppdrag fra Skaun kommune blitt bedt om bistand med flomberegninger og kapasitetsvurderinger av bruer og stikkrenner ifm. reguleringsplan for Venn oppvekstsenter. Denne rapporten tar for seg beregninger og vurderinger som er gjort i Vennabekken, Skaugavebekken og Kvenhusdalsbekken rundt Venn oppvekstsenter, med hovedfokus på kulvert ved Vennabekken, senere omtalt som kritisk punkt 1.

VERSJONSHISTORIKK

NR.	FORFATTER	DATO	KONTROLLIERT	DATO	GODKJENT	DATO
01	Casper Lande	09.02.23	Vivian Palani	09.02.23	Jón Gunnar Þorkelsson	09.02.23
02	Casper Lande	29.06.23	Vivian Palani	29.06.23	Jón Gunnar Þorkelsson	29.06.23

SAMMENDRAG

I forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan for Venn oppvekstsenter i Skaun kommune har EFLA AS utført flomberegninger og flommodellering for området. I tillegg er det utført kapasitetsberegninger for én kulvert i området ved Vennabekken, omtalt som kritisk punkt 1. Denne rapporten tar for seg beregninger og vurderinger som er gjort i Vennabekken, Skaugavebekken og Kvenhusdalsbekken.

Venn oppvekstsenter ligger langs Melbyvegen ved Fv. 709. Bekkeløpene rundt Venn er dominert av et terreng med mye stein og vegetasjon. Nedslagsfeltene er stort sett dominert av dyrket mark og noe skog. Langs Fv. 709 renner Vennabekken som får tilstrømming av Skaugavebekken og Kvenhusdalsbekken. Det er til sammen åtte krysninger av bekkene som er vurdert.

Det er kun den første av de tre bekkene som bidrar til vann gjennom kulvert som skal vurderes, men alle tre må analyseres for et helhetlig bilde i en modell. Dimensjonerende flom er derfor beregnet for tre nedslagsfelt av Vennabekken med et gjentakintervall på 200 år. Det er brukt to metoder for flomberegninger for sammenligning: lokal flomfrekvensanalyse ved bruk av målestasjonsdata og nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS). Dimensjonerende flom er ut fra egnethet og gyldighetsintervallet mtp. størrelsen for nedslagsfeltet, samt sikkerhet, basert på høyeste verdi av de to, som er flomanalyse ved hjelp av målestasjon, som ligger på enten **5,8, 7,76 eller 11,2 m³/s** avhengig av hvilken krysning man ser på. Verdiene er inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor.

Fra dimensjonerende flom er det utført kapasitetsberegninger for eksisterende situasjon og tilhørende dimensjon av ny kulvert ved Vennabekken, også kalt kritisk punkt 1. Det er brukt den hydrauliske programvaren HY-8 og GeoHECRAS for kulvertdimensjonering og vannlinjeberegninger.

Fra HY-8 simuleringene viser resultatet at eksisterende kulvert i punkt 1 med 1/3 gjentetting har kapasitet til å håndtere en vannrate på 0.8 m³/s. Hastigheten i utløpet vil her bli på **3,02 m/s**.

Simuleringer for en ny betongkulvert i punkt 1 med dimensjon **2500 mm x 1800 mm** viser at denne har kapasitet til å håndtere dimensjonerende flom med returperiode 200 år, med 0,5 m margin for lysåpning ved innløpet. Hastigheten i utløpet vil her bli på **5,07 m/s**.

Grunnet noe høy hastighet og usikkerhet tilknyttet kvikkleire i området må behov for erosjonssikring vurderes spesielt.

Det er utarbeidet 2D flommodell i GeoHECRAS. Resulterende flomdybde er betydelig lavere enn det HY-8 viser. Dette er trolig på grunn av de simulerte hastighetene inn mot kulvert i GeoHECRAS-modell, der HY-8 simulerer stillestående vann inn i kulvert. HY-8 brukes som dimensjonerende kulvertstørrelse ettersom dette er den mest konservative og sikreste løsningen.

Simuleringer viser at god kapasitet på stikkrenne ved kritisk punkt 1 kan føre til at flommen forskyves lenger nedstrøms til mer bebyggede områder. Det er derfor anbefalt å ikke bytte ut den eksisterende kulverten med en større dimensjon før man kan oppgradere nedstrøms stikkrenner i samme tidsrom.

INNHOOLD

SAMMENDRAG	5
INNLEDNING	9
1 EKSISTERENDE TERRENG OG GJENNOMLØP	10
2 FELTPARAMETERE	16
3 KRAV TIL FLOMBEREGNINGER, KLIMAFAKTOR OG SIKKERHETSFAKTOR	21
4 FLOMBEREGNINGER	23
4.1 Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS)	23
4.2 Lokal flomfrekvensanalyse	24
4.3 Vurdering av flomberegninger	26
5 KAPASITET OG VANNLINJEBEREGNINGER	27
5.1 HY-8	27
5.2 GeoHECRAS	28
5.3 Dimensjonerende kulvert	31
KONKLUSJON	32
REFERANSER	34

Figur 1.1: Kart av området (<i>Finn</i>)	10
Figur 1.2: Satellittbilde av området (<i>Google</i>)	11
Figur 1.3: Oversiktskart over krysninger under veg/bru (NVE). Rød sirkel markerer stikkrenne som vurderes videre i denne rapporten	12
Figur 1.4: Innløp på eksisterende stikkrenne ved kritisk punkt 1A	14
Figur 1.5: Utløp på eksisterende stikkrenner (1 og 2) ved kritisk punkt 1B	14
Figur 1.6: Krysning av Vennabekken ved kritisk punkt 3	15
Figur 1.7: Vegbru over Vennabekken ved kritisk punkt 5 med utløp fra Kvennhusdalbekken	15
Figur 2.1 Nedslagsfelt A	16
Figur 2.2 Nedslagsfelt B	17
Figur 2.3 Nedslagsfelt C	18
Figur 4.1: Oversikt over avstand mellom Venn og Gaua målestasjon (NVE Atlas)	25
Figur 4.2: Oversikt over feltparametere hentet fra Nevina	25
Figur 5.1 Terrengmodell	29

Tabell 1.1 Alle krysninger under veg/bru (NVE)	13
Tabell 2.1 Feltparametere for nedslagsfelt A	19
Tabell 2.2 Feltparametere for nedslagsfelt B	19
Tabell 2.3 Feltparametere for nedslagsfelt C	20
Tabell 3.1: Klimafaktor for ulike fylker	21
Tabell 3.2: Dimensjonerende returperiode etter ÅDT/sikkerhetsklasse	22
Tabell 3.3: Sikkerhetsfaktor etter sikkerhetsklasse	22
Tabell 5.1: Typiske verdier på Mannings tall	27
Tabell 5.2: Parametere brukt i HY-8 beregningene	28

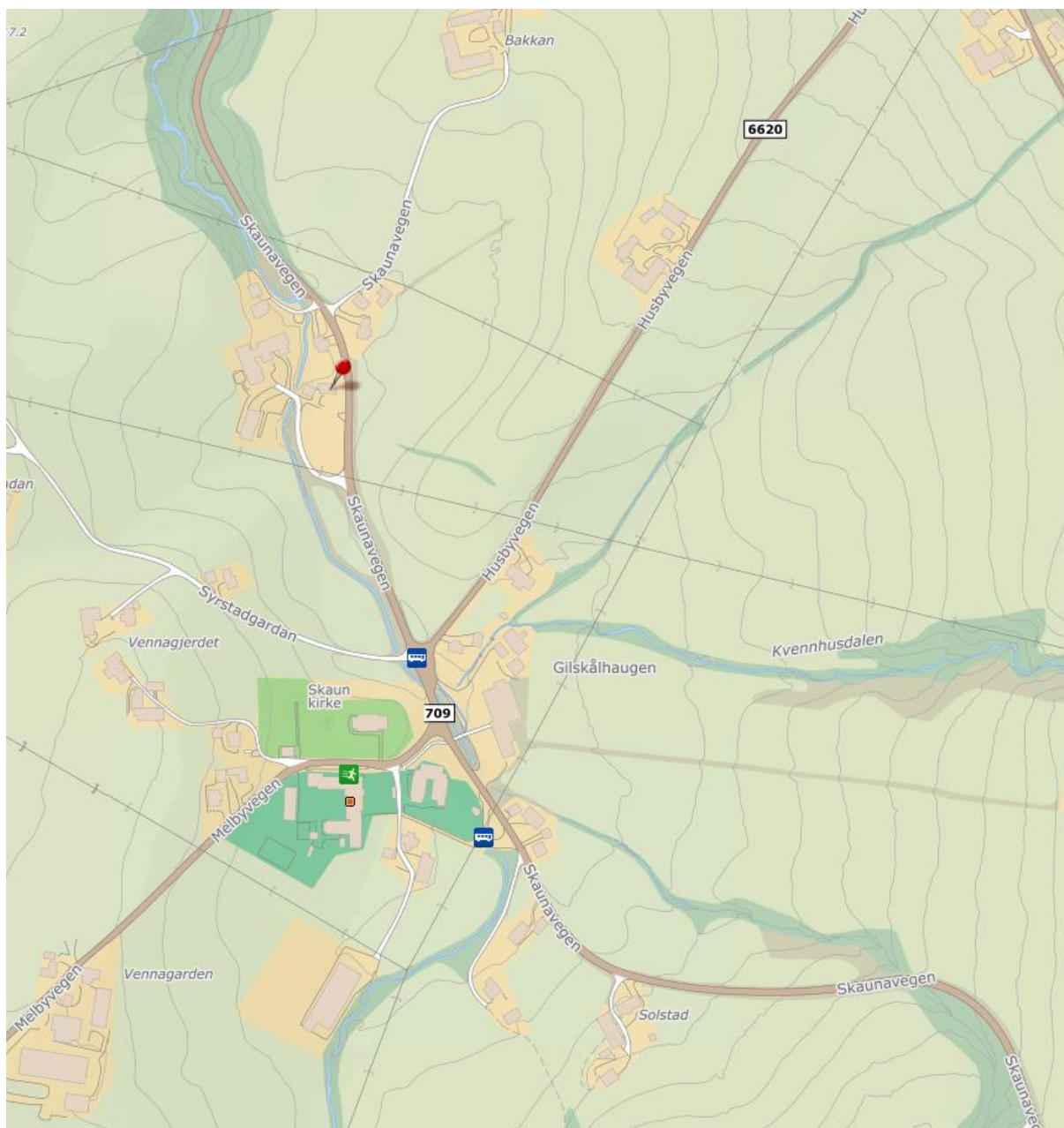
INNLEDNING

EFLA Rådgivende Ingeniører har i oppdrag fra Skaun kommune blitt bedt om bistand med flommodellering og kapasitetsvurderinger av én stikkrenne som skal skiftes ut som del av utarbeidelse av reguleringsplan for Venn oppvekstsenter. Denne rapporten tar for seg beregninger og vurderinger som er gjort i området rundt Venn.

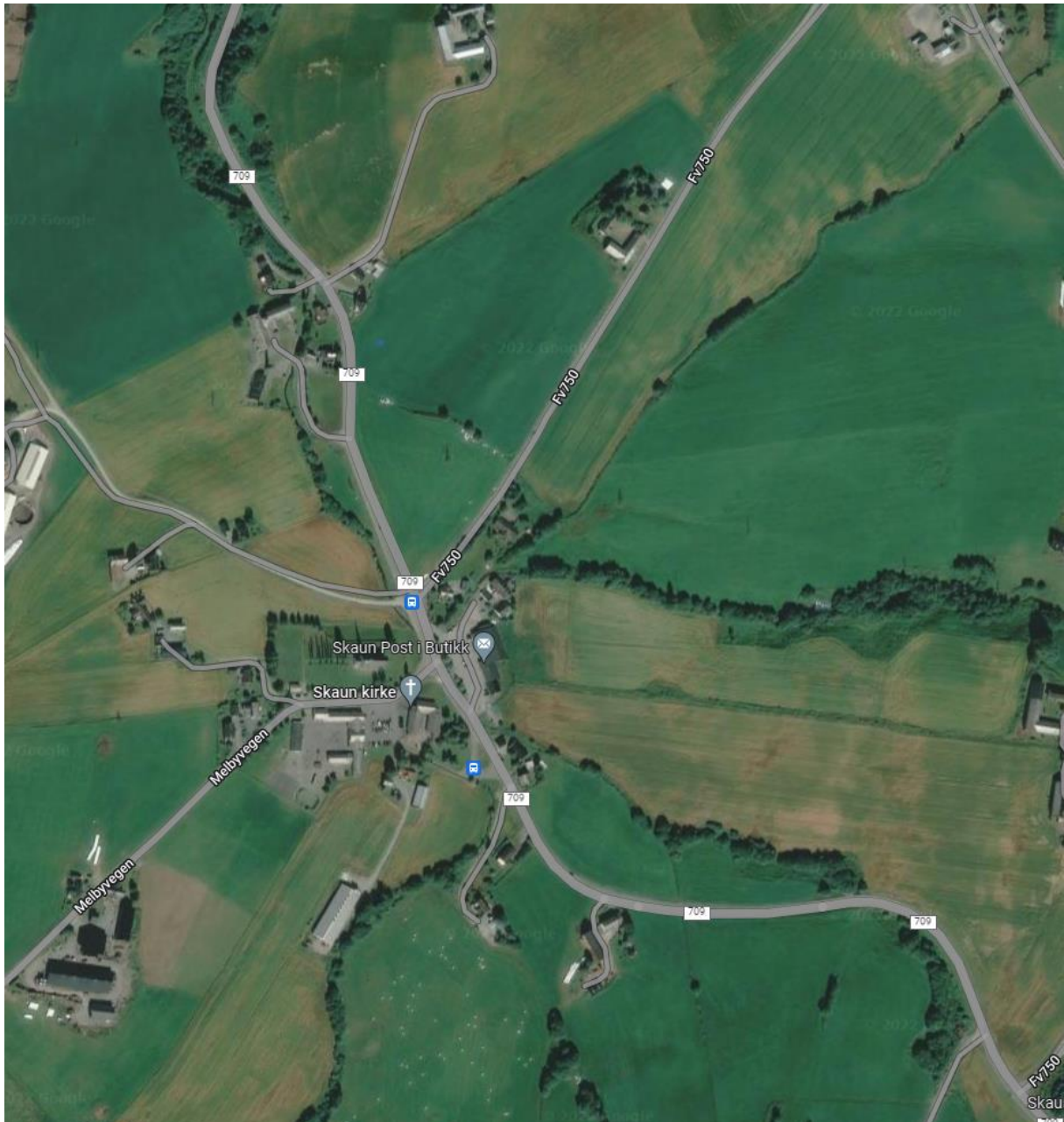
Dimensjonerende flom beregnes for et gjentaksintervall på 200 år. Fra dimensjonerende flom er det utført kapasitetsberegninger for eksisterende kulvert og vurdert dimensjon av ny kulvert. Det brukes programvare HY-8 og GeoHECRAS for kulvertdimensjonering og vannlinjeberegninger.

1 EKSISTERENDE TERRENG OG GJENNOMLØP

Venn oppvekstsenter ligger langs Melbyvegen ved Fv. 709. Bekkeløpene rundt Venn er dominert av et terreng med mye stein og vegetasjon. Nedslagsfeltene er stort sett dominert av dyrket mark og noe skog. Langs Fv. 709 renner Vennabekken som får tilstrømming av Skaugavebekken og Kvennhusdalsbekken.



Figur 1.1: Kart av området (Finn)



Figur 1.2: Satellittbilde av området (Google)

NVE utførte befarings av området 28. mars 2019 og målte inn kulverter og bruer i Venn sentrum, se oversikt i Figur 1.3 der rød sirkel markerer kulvert som skal vurderes videre i denne rapporten. Dette er kritisk punkt 1 bestående av innløp 1A og utløp 1B.



Figur 1.3: Oversiktskart over kryssninger under veg/bru (NVE). Rød sirkel markerer stikkrenne som vurderes videre i denne rapporten

Tabell 1.1 Alle krysninger under veg/bru (NVE)

Kritiske punkt	Nr. på kart	Diameter (m)	Høyde topp kulvert/bru(moh)
Vennabekken, innløp	1A	1.0/2x0.25	110.70
Vennabekken, utløp	1B		110.20
Skaugavegbekken, innløp	2	0.5	110.06
Skaugavegbekken, utløp	1B		109.40
Gangbru ved COOP	3	3.8 m bred	110.50
Kvennhusdalsbekken	4		
Veibru over Vennbekken	5	3.1 m bred	110.16
Syrstadgardenveien innløp	6	2 x 1 m	108.38
Syrstadgardenveien utløp	6		108.18
Kulvert, Vennatunet	7	Ca. 1.2 m	104.47
Bru	8	1.2 x 2	104.24

Data fra innmålingen er gitt i Tabell 1.1. Det var smeltevann og middelflom i bekkene som gjorde innmålingen noe usikker (Bjerke, 2019). Det er ved hver krysning mellom vei og bekk gitt et nummer, se Tabell 1.1.



Figur 1.4: Innløp på eksisterende stikkrenne ved kritisk punkt 1A



Figur 1.5: Utløp på eksisterende stikkrenner (1 og 2) ved kritisk punkt 1B



Figur 1.6: Krysning av Vennabekken ved kritisk punkt 3

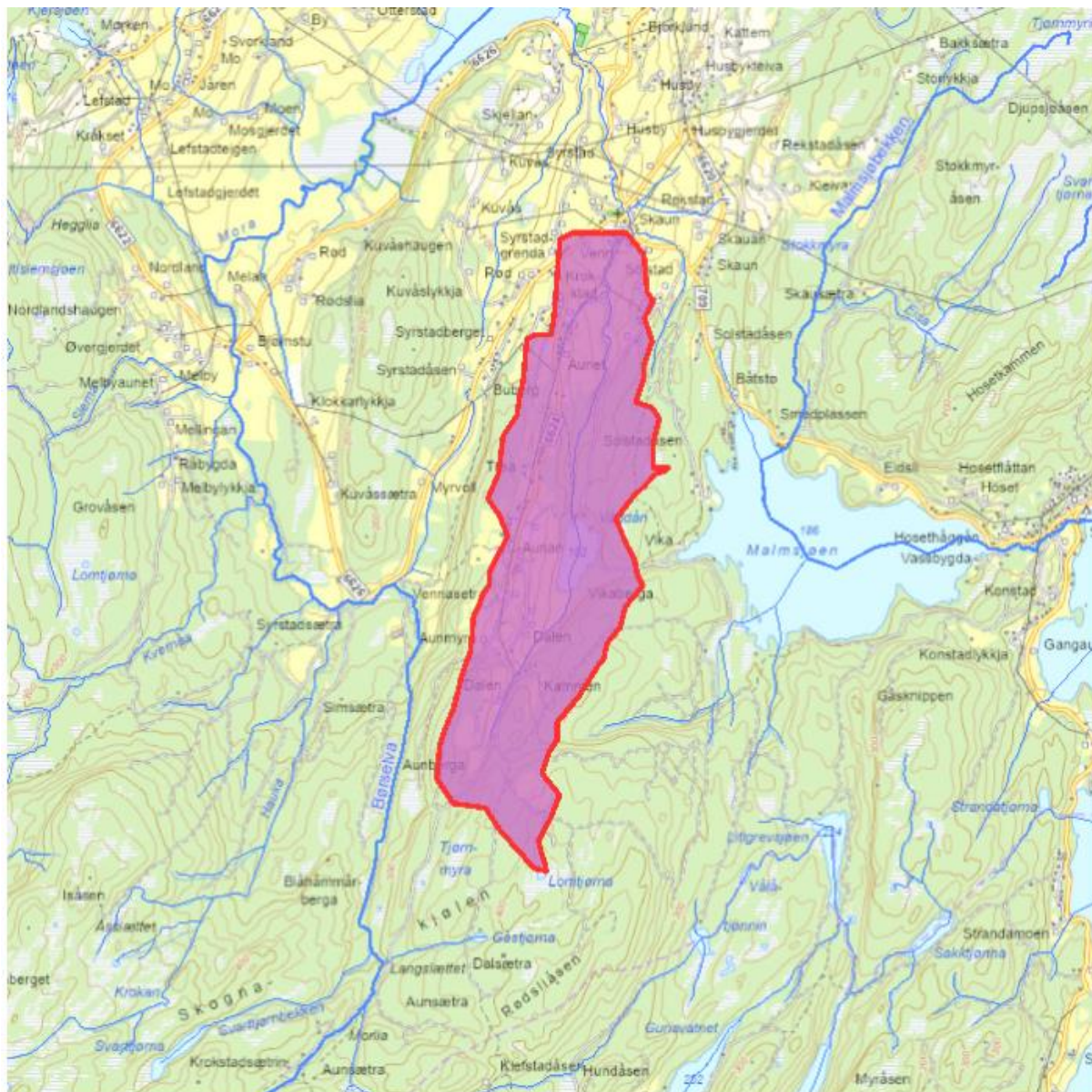


Figur 1.7: Vegbru over Vennabekken ved kritisk punkt 5 med utløp fra Kvennhusdalbekken

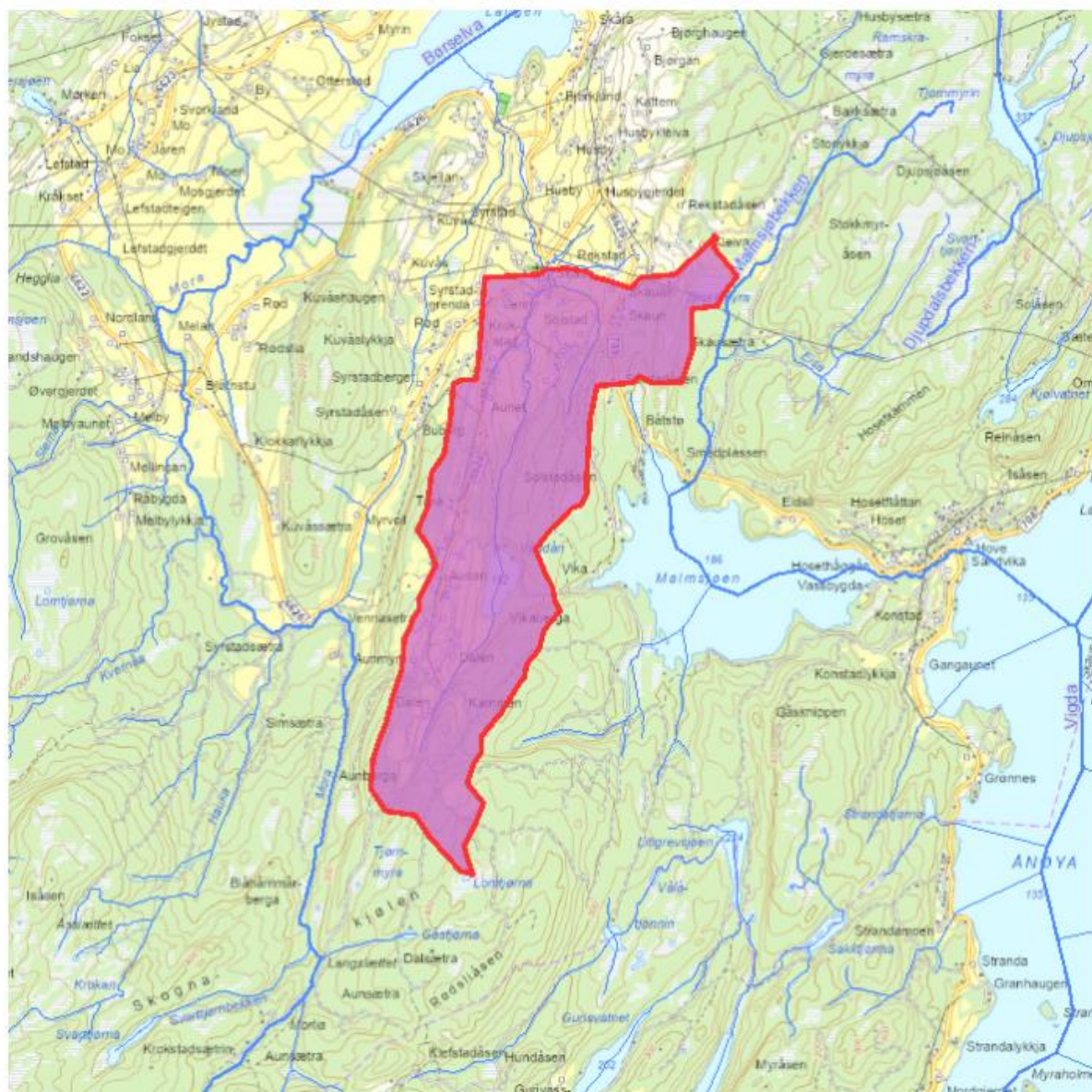
Videre i denne rapporten utføres vannlinjereberegninger og kapasitetsvurdering av kulvert tilsvarende punkt 1 i **Error! Reference source not found.**

2 FELTPARAMETERE

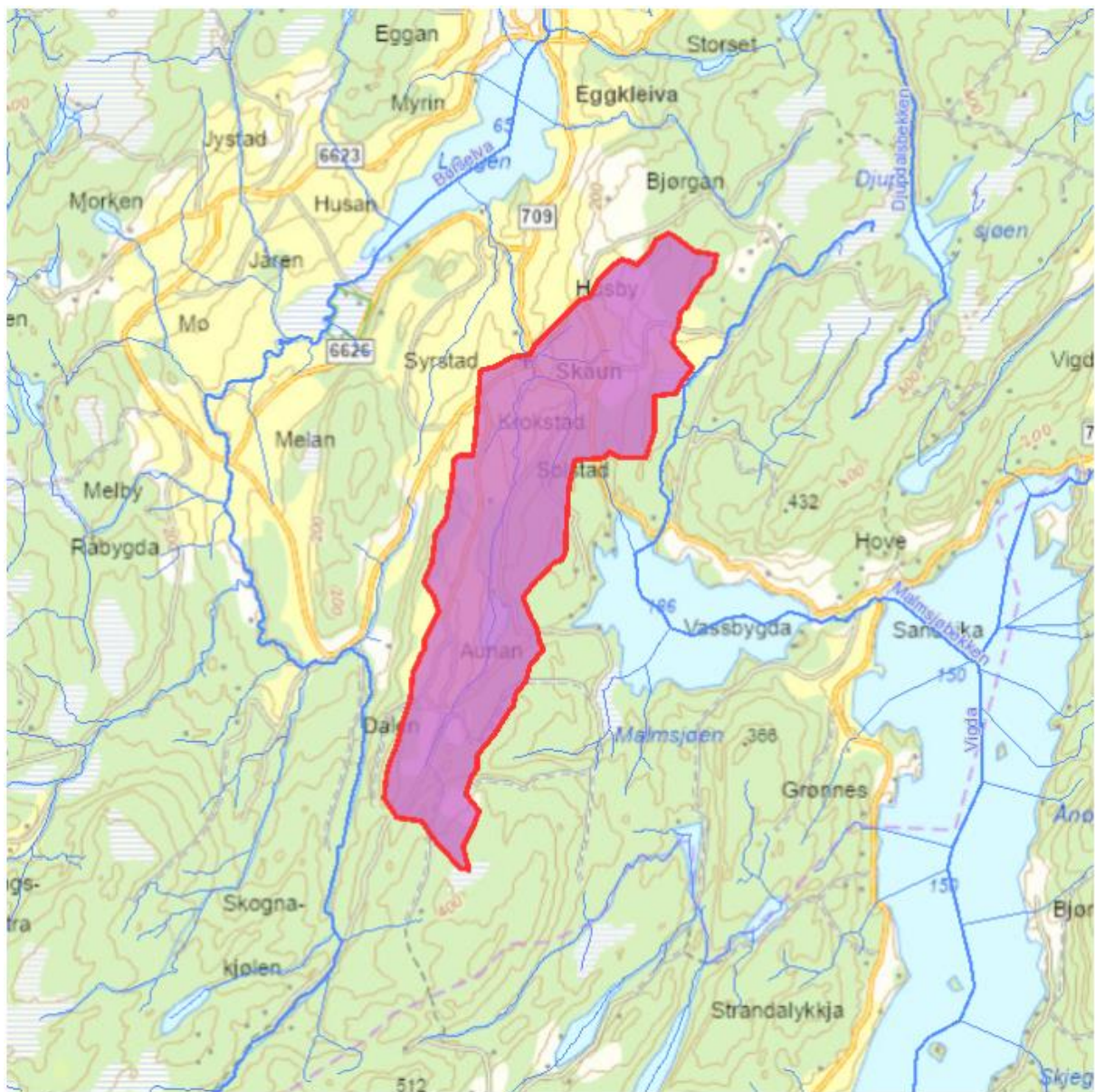
Det er tre elveløp som møtes i området. For å vurdere kulvert ved kritisk punkt 1 må de andre elveløpene vurderes for å få en helhetlig modell i GeoHECRAS. På grunn av dette må det beregnes flom for 3 nedslagsfelt. Nedslagsfelt 1 består av Vennabekken som renner inn ved punkt 1, se Figur 2.1. Nedslagsfelt B består av nedslagsfelt A med tilløp fra Skaugavegbekken som renner inn ved punkt 2, se Figur 2.2. Nedslagsfelt C består av nedslagsfelt A og B samt tilløp fra Kvennhusdalsbekken ved punkt 4, se Figur 2.3.



Figur 2.1 Nedslagsfelt A



Figur 2.2 Nedslagsfelt B



Figur 2.3 Nedslagsfelt C

Nedslagsfeltene består stort sett av skog og dyrket mark med lite effektiv sjø og uten snaufjell, se Tabell 2.1, Tabell 2.2 og Tabell 2.3.

Tabell 2.1 Feltparametere for nedslagsfelt A

Feltparametere		
Areal (A)	4.76	km ²
Effektiv sjø (A_{SE})	1.39	%
Elvleengde uten sjø ($E_{TL,net}$)	4.4	km
Elvegradient (E_G)	38.9	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ ($E_{G,1085}$)	32.1	m/km
Helning	8.0	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.1	km ⁻¹
Feltlengde (F_L)	5.2	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	29.6	%
Myr (A_{MYR})	0.3	%
Leire (A_{LEIRE})	6.8	%
Skog (A_{SKOG})	60.5	%
Sjø (A_{SJO})	2.7	%
Snaufjell (A_{SF})	0	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	6.7	%

Hypsografisk kurve		
Høyde _{MIN}	113	m
Høyde ₁₀	159	m
Høyde ₂₅	186	m
Høyde ₅₀	223	m
Høyde ₇₅	277	m
Høyde _{MAX}	395	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	15.7	l/s*km ²
Nedbør juni	57	mm
Nedbør juli	80	mm
Regn og snøsmelting mai	69	mm
Regn og snøsmelting juni	64	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	68	mm
Regn og snøsmelting november	61	mm
Temperatur februar	-3.7	°C
Temperatur mars	-1.7	°C

Tabell 2.2 Feltparametere for nedslagsfelt B

Feltparametere		
Areal (A)	6.26	km ²
Effektiv sjø (A_{SE})	0.8	%
Elvleengde uten sjø ($E_{TL,net}$)	6.1	km
Elvegradient (E_G)	37.9	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ ($E_{G,1085}$)	31.6	m/km
Helning	7.9	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.1	km ⁻¹
Feltlengde (F_L)	5.3	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	28.7	%
Myr (A_{MYR})	1.8	%
Leire (A_{LEIRE})	7.5	%
Skog (A_{SKOG})	60.7	%
Sjø (A_{SJO})	2.0	%
Snaufjell (A_{SF})	0	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	6.8	%

Hypsografisk kurve		
Høyde _{MIN}	110	m
Høyde ₁₀	154	m
Høyde ₂₅	183	m
Høyde ₅₀	214	m
Høyde ₇₅	260	m
Høyde _{MAX}	395	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	15.5	l/s*km ²
Nedbør juni	57	mm
Nedbør juli	80	mm
Regn og snøsmelting mai	67	mm
Regn og snøsmelting juni	64	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	68	mm
Regn og snøsmelting november	62	mm
Temperatur februar	-3.7	°C
Temperatur mars	-1.6	°C

Tabell 2.3 Feltparametere for nedslagsfelt C

Feltparametere		
Areal (A)	7.76	km ²
Effektiv sjø (A_{SE})	0.52	%
Elvleengde uten sjø ($E_{TL,net}$)	7.6	km
Elvegradient (E_G)	37.7	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ ($E_{G,1085}$)	29.0	m/km
Helning	8.0	°
Dreneringstetthet (D_T)	1.1	km ⁻¹
Feltlengde (F_L)	5.4	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	30.4	%
Myr (A_{MYR})	2.2	%
Leire (A_{LEIRE})	7.8	%
Skog (A_{SKOG})	54.8	%
Sjø (A_{SJO})	1.6	%
Snau fjell (A_{SF})	0	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	10.9	%

Hypsografisk kurve		
Høyde _{MIN}	109	m
Høyde ₁₀	150	m
Høyde ₂₅	180.5	m
Høyde ₅₀	217	m
Høyde ₇₅	268.5	m
Høyde _{MAX}	395	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	16.0	l/s*km ²
Nedbør juni	57	mm
Nedbør juli	80	mm
Regn og snøsmelting mai	68	mm
Regn og snøsmelting juni	64	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	68	mm
Regn og snøsmelting november	62	mm
Temperatur februar	-3.6	°C
Temperatur mars	-1.6	°C

3 KRAV TIL FLOMBEREGNINGER, KLIMAFAKTOR OG SIKKERHETSAKTOR

Etter krav fra Statens vegvesen (2020) må dimensjonerende flom beregnes med flere metoder for å kunne redusere usikkerheten ved beregningene. I tillegg skal dimensjonerende avrenning ved gitt gjentakintervall (Q_T) ha et påslag som tar hensyn til fremtidige klimaendringer (F_k) og en sikkerhetsfaktor (F_u) som bestemmes utfra vegdata. Dette er gitt i SVV håndbøker N200 (2018) og V240 (2020).

$$Q_{dim,T} = Q_T * F_k * F_u \quad \text{Formel 3.1}$$

Klimafaktor for ulike fylker i Norge er gitt i Tabell 3.1. Det aktuelle nedbørsfeltet ligger i tidligere Sør-Trøndelag fylke og klimafaktor bør vurderes ut fra det. Fra feltparametere (ref. Tabell 2.1, Tabell 2.2 og Tabell 2.3) er nedbørsfeltene definert som små nedbørsfelt ($< 10 \text{ km}^2$). Det velges derfor å benytte en klimafaktor på 20%, $F_k = 1,2$ i beregningene.

Tabell 3.1: Klimafaktor for ulike fylker

Fylke	Små nedbørsfelt ($A_f < 10 \text{ km}^2$) F_k	Store nedbørsfelt ($A_f > 10 \text{ km}^2$) F_k
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

Vurdering for dimensjonerende returperiode og sikkerhetsfaktor fra N200/V240 er gitt i Tabell 3.2 og Tabell 3.3. Disse er avhengig av årlig døgntrafikk (ÅDT) og mulighet for omkjøring. ÅDT er utfra Vegkart (vegvesen.no) oppgitt til 1200 for denne veistrekningen. Dette er i intervallet for sikkerhetsklasse V2. Dimensjonerende returperiode vil også avhenge av ÅDT for veg, men skal være på minst 200 år for dimensjonering av bru. Med bru menes kulvert og rør med diameter større eller lik 2,5 m, iht. N400 Bruprosjektering.

200-årsflom blir derfor uansett gjeldene, men sikkerhetsfaktor for V1 blir brukt. Utfra Tabell 3.3 gir dette en sikkerhetsfaktor på 10% og tilsvarende $F_u = 1,1$.

Tabell 3.2: Dimensjonerende returperiode etter ÅDT/sikkerhetsklasse

Sikkerhetsklasse	ÅDT	Returperiode T	
		Med omkjøringsmulighet	Uten omkjøringsmulighet
V1	0 – 500	50 år	100 år
V2	500 – 4000	100 år	200 år
V3	> 4000	200 år	200 år

Tabell 3.3: Sikkerhetsfaktor etter sikkerhetsklasse

Sikkerhetsklasse	F_u
V1	1,0
V2	1,1
V3	1,2

4 FLOMBEREGNINGER

Beregningsmetodene som er valgt i denne rapporten for å beregne dimensjonerende flom for de tre feltene er nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS) og lokal flomfrekvensanalyse ved bruk av målestasjonsdata. Dette oppfyller også kravet fra Statens vegvesen (2020) om at dimensjonerende flom må beregnes med flere metoder for å kunne redusere usikkerheten. Nedbørsfeltet oppfyller ikke kravet for gyldighetsintervallet til den rasjonelle metode ($\leq 2 \text{ km}^2$) og den kan følgelig ikke brukes i dette tilfellet. Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018) er vurdert, men ikke gyldig for dette feltet ($<60 \text{ km}^2$), så vil ikke bli brukt for dimensjonerende flom.

4.1 Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS)

Denne flommodellen baserer seg på flomfrekvensanalyser og brukes for små ($< \text{ca. } 50 \text{ km}^2$), uregulerte felt. Formelverket er basert på et sett med ligninger for å beregne middelflom (Q_M) og vekstkurven (Q_T/Q_M), Formel 4.1 og 4.2, som gjelder for hele Norge. Denne metoden er beskrevet i NVE sin veileder (NVE 7, 2015).

$$Q_M = 18,97 Q_N^{0,864} e^{-0,251 \sqrt{A_{SE}}} \quad \text{Formel 4.1}$$

Der:

Q_N = Middelvannføring (m³/s)

A_{SE} = Effektiv sjøprosent (%)

$$\frac{Q_T}{Q_M} = 1 + 0,308 q_N^{-0,137} [\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}]/k \quad \text{Formel 4.2}$$

Der:

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

Γ = gammafunksjonen

T = Gjentakintervall

Konstanten k er gitt fra formel 4.3:

$$k = -1 + 2/[1 + e^{0,391 + \frac{1,54 A_{SE}}{100}}] \quad \text{Formel 4.3}$$

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.

Fra QM og Q200/QM får vi en flom med returperiode 200 år (Q200) for feltene lik:

$$Q_{200_A} = \mathbf{4,40\ m3/s}$$

$$Q_{200_B} = \mathbf{5,88\ m3/s}$$

$$Q_{200_C} = \mathbf{8,49\ m3/s}$$

Påslag for klimafaktor og sikkerhetsfaktor gir dimensjonerende flom lik:

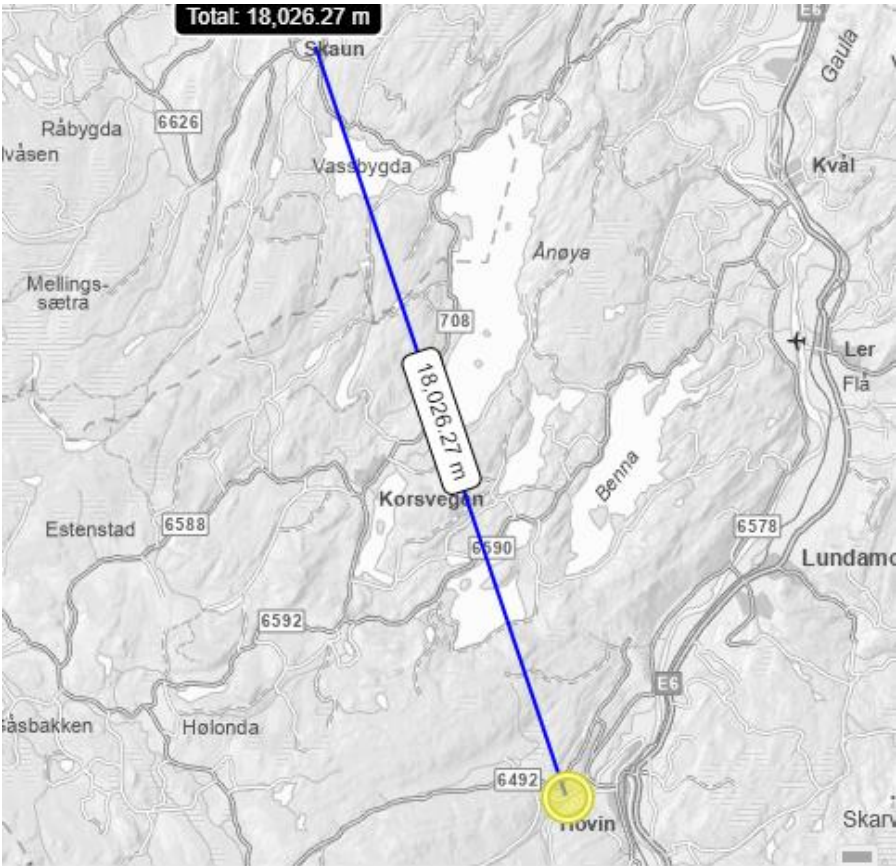
$$Q_{200_dim_A} = \mathbf{5,81\ m3/s}$$

$$Q_{200_dim_B} = \mathbf{7,76\ m3/s}$$

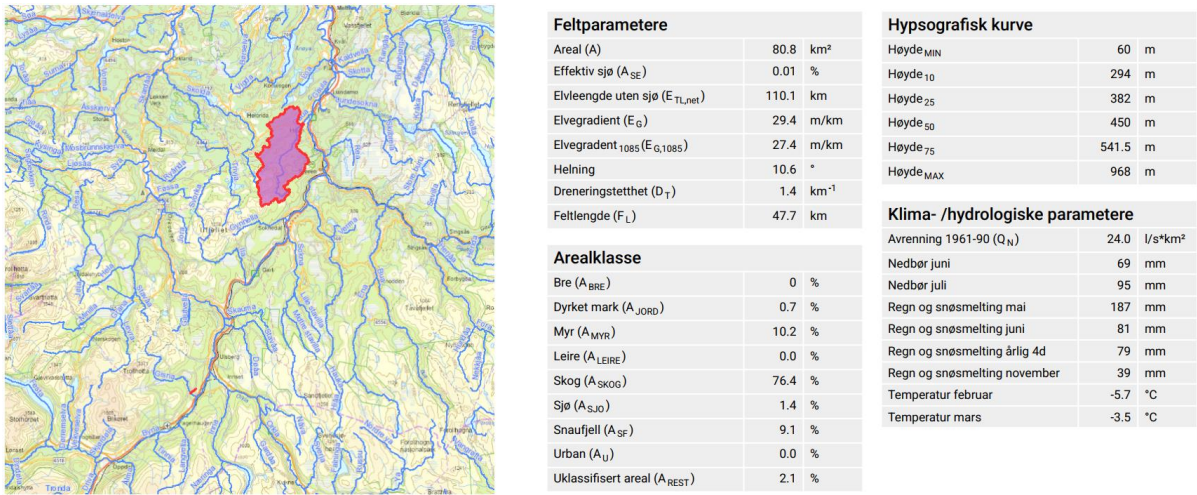
$$Q_{200_dim_C} = \mathbf{11,20\ m3/s}$$

4.2 Lokal flomfrekvensanalyse

Lokal flomfrekvensanalyse baseres på målte vannføringsdata i felt fra målestasjoner lokalt i regionen som vurderes representative for nedslagsfeltet ved Venn. Disse dataene er hentet fra NVE sin database HYDRA II. Data for målestasjoner og feltparametere hentes også fra NVE atlas (atlas.nve.no). Deretter kan dette datagrunnlaget skaleres mot det aktuelle nedslagsfeltet. For dette området er det kun funnet én målestasjon i nærheten som ikke er tilknyttet et regulert felt – Målestasjon Gaua. Feltet er ikke optimalt mtp. lignende feltegenskaper, men mangel på alternativer gjør at stasjonen må brukes. Målestasjonen ligger 18 km fra Skaun. Oversikt over aktuell målestasjon som er brukt er vist i Figur 4.1 og en oversikt over feltparametere hentet fra Nevina er vist i Figur 4.2. Datagrunnlag fra Hydra II er gitt i Vedlegg A



Figur 4.1: Oversikt over avstand mellom Venn og Gausa målestasjon (NVE Atlas)



Figur 4.2: Oversikt over feltparametere hentet fra Nevina

Feltet til Gausa har mindre effektiv sjøprosent, større areal, mindre dyrket mark og mer snaufjell. Målestasjonen velges allikevel på grunn av mangel på alternativer i nærheten av Venn. Skalert med utgangspunkt i disse målestasjonene for nedslagsfeltet ved Venn og inkludert påslag for klimafaktor, sikkerhetsfaktor og kulminasjonsfaktor (døgnverdier fra FINUT) gir dette dimensjonerende flom lik:

$$Q_{200_dim_A} = 4,62 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200_dim_B} = 6,53 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200_dim_C} = 8,72 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.3 Vurdering av flomberegninger

Fra resultatene til de ulike metodene er det grunn til å anta at det er en del usikkerhet i flomberegningene. Skalering fra Gaua gir lavere flomverdier enn NIFS.

Siden skalering fra målestasjon Gaua har et nedslagsfelt veldig ulikt de aktuelle feltene ved Venn, og også gir lavere verdier er verdiene fra NIFS vurdert som både mer korrekte og sikrere. Disse vil derfor bli brukt som dimensjonerende flomverdier:

$$Q_{200_dim_A} = 5,81 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200_dim_B} = 7,76 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{200_dim_C} = 11,20 \text{ m}^3/\text{s}$$

5 KAPASITET OG VANNLINJEBEREGNINGER

For å vurdere kapasiteten til eksisterende stikkrenne og dimensjonering av ny er det brukt hydraulisk programvare HY-8. Programmet tar hensyn til inn- og utløpskontroll. Det er i tillegg laget en 2D flommodell i GeoHECRAS.

Mannings tall, M ($1/n$), er viktig i vannlinjeberegninger og beskriver ruhet. Tabell 5.1 viser typiske verdier basert på Chow (1959) hentet fra SVV (2020). For elveløpet brukes en kombinasjon av *skogbunn* og *steinsatt (grov struktur)*.

Tabell 5.1: Typiske verdier på Mannings tall

Overflate	Typisk steinstørrelse [mm]	Manningstall M [$m^{1/3}/s$]	Kilde
Skogbunn	-	5 - 10	Chow (1959)
Tett gress	-	10 - 20	Chow (1959)
Gress	-	25 - 30	Chow (1959)
Leirig jord	0,1	30 - 50	Chow (1959)
Finsand, silt	0,1 - 1,0	40 - 50	Chow (1959)
Sand-grus	1,0 - 10,0	30 - 40	Chow (1959)
Grus, småstein	10 - 30	20 - 30	Chow (1959)
Lite utviklet erosjonshud	10 - 30	20 - 30	Chow (1959)
Steinete	> 30	10 - 20	Chow (1959)
Steinsatt, grov struktur	> 200	5 - 15	Chow (1959)
Glatt asfalt	-	60 - 80	Chow (1959)
Ru asfalt	-	50 - 60	Chow (1959)
Betong	-	80 - 100	Chow (1959)
Glatt plast	-	70 - 110	Chow (1959)
Glatt metall	-	80 - 100	Chow (1959)
Støpejern	-	70 - 100	Chow (1959)
Glatt steinoverflate	-	50 - 70	Chow (1959)

Ihht. N400 Bruprosjektering skal det dimensjoneres for 0,5 m lysåpning ved innløpet til bru. Med bru menes også kulverter og stikkrenner med diameter større eller lik 2,5 m. For mindre dimensjoner enn dette dimensjoneres det for 1/3 gjentetting i stedet ihht. N200 Vegbygging (SVV, 2018).

5.1 HY-8

Kotehøyder brukt i forbindelse med simulering av kulvert ved kritisk punkt 1 i HY-8 er hentet fra Høydedata. Dette brukes sammen med innmålinger av kulvert ved befaring utført av NVE.

Dimensjonerende flom brukt er Q_{dim} for nedslagsfelt A.

Eksisterende stikkrenner er 3 rør av korrugert stål med innløp og utløp tilpasset grøfteskråningen. Tverrsnittene er sirkulære med diametere på 1,0 m og 2 x 0,25 m.

Fra utløpet er det en relativt slak helning videre i bekkeløpet. Parametere brukt i HY-8 er som vist i Tabell 5.2.

Tabell 5.2: Parametere brukt i HY-8 beregningene

PARAMETER		
Q200dim	5,81	m ³ /s
Kote innløp	110,90	m
Kote utløp	109,20	m
Kote topp vei	112,90	m
Fall på elv utløp	0,0300	m/m
Fall på kulvert	0,0192	m/m
n, elv	0,033	
n, korrugert stål	0,022	
n, betong	0,012	

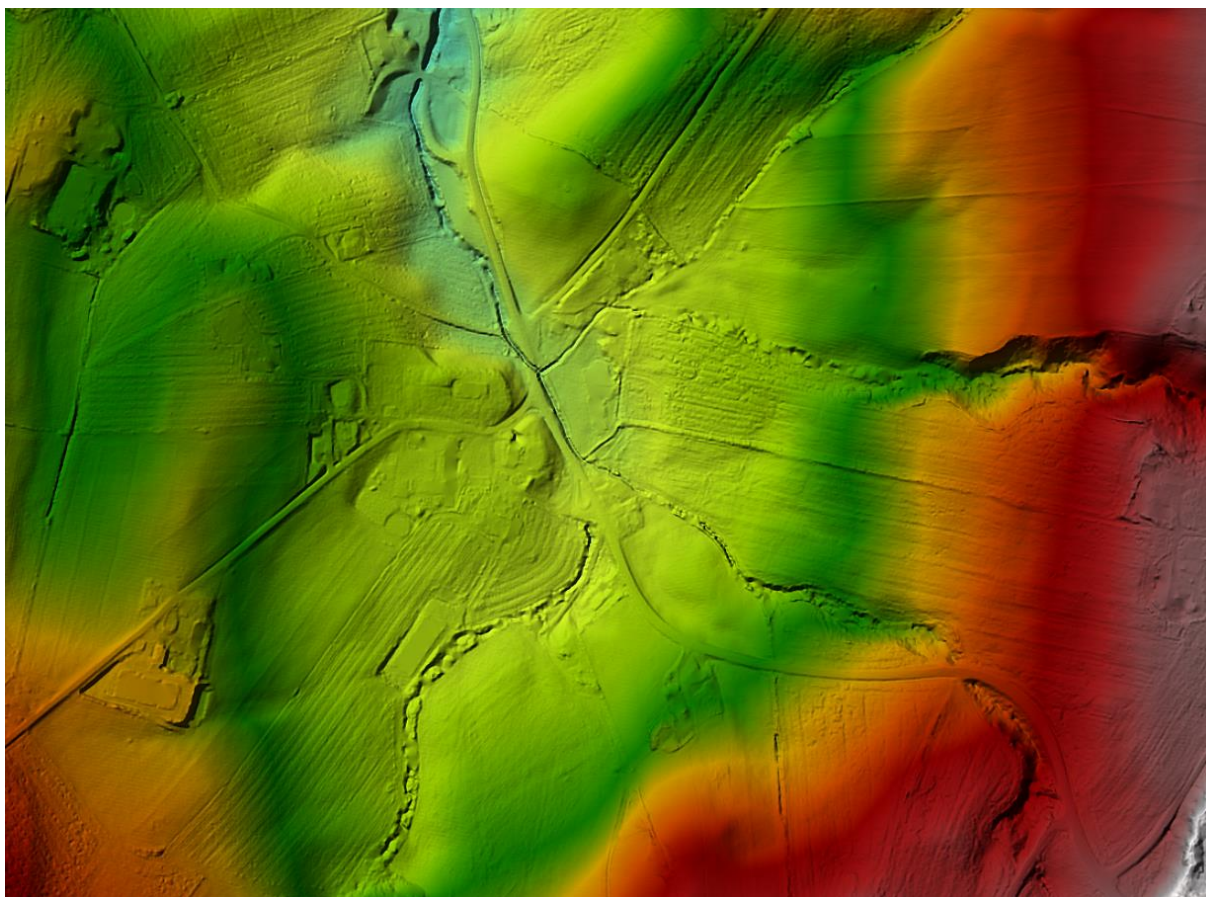
Fra HY-8 beregningene viser resultatet at eksisterende stikkrenne ikke har kapasitet til å ta dimensjonerende flom med returperiode 200 år, 1/3 gjentetting. Profilet for gjennomløpet viser at eksisterende stikkrenne har innløpskontroll med en kapasitet på 0,8 m³/s. Hastigheten i utløpet vil her bli på 4,96 m/s. Se profil for gjennomløp i Vedlegg B .

Det er foreslått å bytte ut eksisterende kulvert med en betongkulvert med rektangulært tverrsnitt. Det er utført itererende simulering for betongkulvert hvor minst dimensjon som kan håndtere dimensjonerende 200-årsflom med 0,5 m lysåpning er **1800 x 2500 mm**. Profilet for gjennomløpet viser at kulverten har innløpskontroll. Hastigheten i utløpet vil her bli på **5,07 m/s**. Se profil for gjennomløp i Vedlegg C .

Grunnet noe høye hastigheter og mulig kvikkleire i området må behov for erosjonssikring vurderes spesielt.

5.2 GeoHECRAS

Det er laget en 2D modell i GeoHECRAS med eksisterende størrelser på kulverter. Terrengmodell er hentet fra høydedata og tilpasset for å ha et gjennomløp ved alle krysningene med vei, se Figur 5.1.



Figur 5.1 Terrengmodell

Parametere brukt i modellen er:

- Mannings koeffisient i elveløp: 0,033
- Mannings koeffisient i gjennomløp (kulvert): 0,011
- Oppstrøms grensebetingelse: Konstruerte hydrografer fra 3 beregningspunkter for flom
- Nedstrøms grensebetingelse: Normaldybde med helling 0.046

Resulterende flomdybdekart og hastighetskart er vist i Vedlegg D. Blått på kartet er her flomvann ved maks flomdybde. Det oppstår noen høye hastigheter der terrenget snevres inn, vist som rødt i hastighetskart Vedlegg D. Dette gjelder spesielt oppstrøms for kulverten der det enkelte steder er markante dropp i terrenget. Dette kan skyldes en grov terrengmodell fra Høydedata.

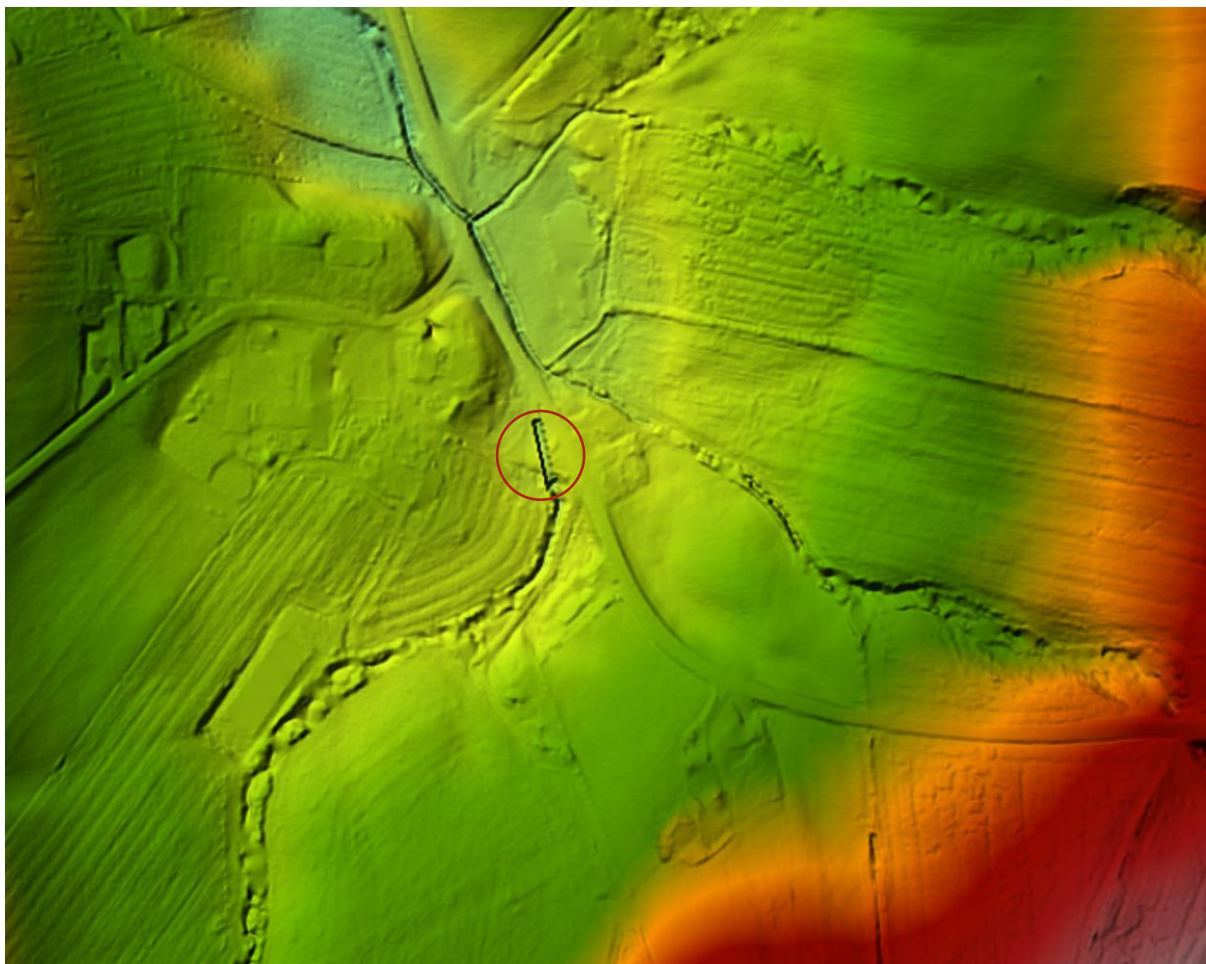
Vannlinje fra GeoHECRAS-modell ligger på kote 112,37 moh, ca. 2,4 meter over bunn kulvert ved kritisk punkt 1. Dette er betydelig lavere enn HY-8 modellen, se tverrsnitt like før innløp og tverrsnitt i gjennomløp (kulvert) i Vedlegg E. Dette er trolig et resultat av de store hastighetene som oppstår i modellen.

Det er utført sensitivitetsanalyse med endring i Mannings koeffisient:

- Mannings koeffisient i elveløp: 0,045
- Mannings koeffisient i kulvert: 0,02

Resultater viser økning i vannlinje med 0,02 m foran kulvert. Tverrsnitt for vannlinje like før innløp og tverrsnitt etter kulvert er vist i Vedlegg F

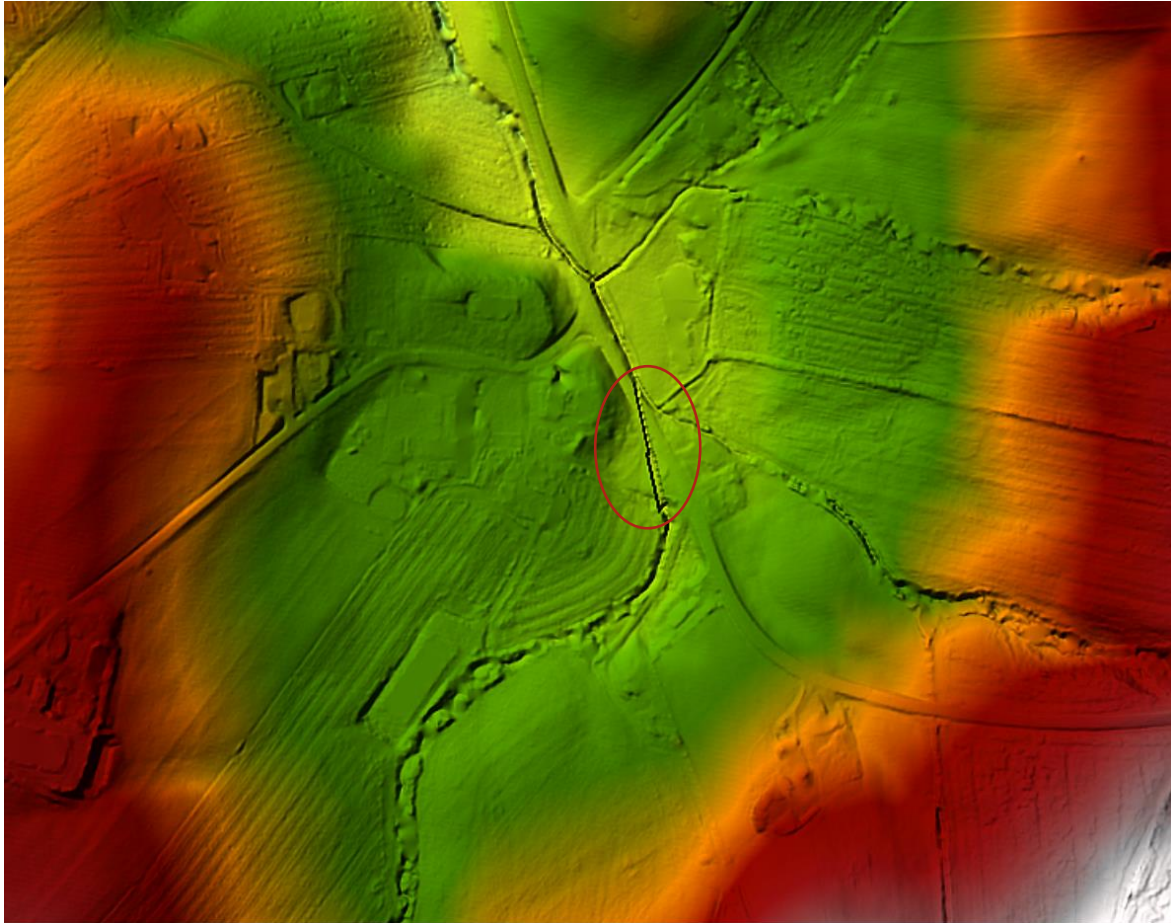
Det er simulert med terrengmodell med foreslått 35 meter åpen løsning før gjennomløpet går over i eksisterende rør, se Figur 5.2.



Figur 5.2 35 meter åpen løsning ved innløp til stikkrenne (kritisk punkt 1) markert med rød sirkel.

Resultater fra denne simuleringen viser at denne løsningen vil redusere mengden flomvann på vestsiden av vegen, se Vedlegg G.

Det er også simulert med en 2,5 meter bred kulvert under veien ved kritisk punkt 1.



Figur 5.3 2,5 meter kulvert under vei markert med rød sirkel.

Resultater fra denne simuleringen viser at etablering av denne kulverten skaper større flomproblematikk både nedstrøms kulvert og vestsiden av veien nær Skaun kirke. Dette skyldes underdimensjonerte gjennomløp nedstrøms i elveløpet. Se Vedlegg H for flomkart.

5.3 Dimensjonerende kulvert

Grunnet de lavere vannstandene fra modell i GeoHECRAS er det valgt dimensjonerende kulvert fra HY-8-modell. Dimensjonerende kulvert blir dermed $H = 1800$ mm og $B = 2500$ mm.

Det er ikke anbefalt å bygge denne kulverten uten simultan oppgradering av nedstrøms gjennomløp.

KONKLUSJON

Flomberegninger og kapasitetsvurderinger er utført for kritisk punkt 1 ved Venn oppvekstsenter.

Dimensjonerende flom er beregnet for et gjentakintervall på 200 år. Det er brukt to gyldige metoder for flomberegninger for sammenligning, nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS) og lokal flomfrekvensanalyse ved bruk av målestasjonsdata. Dimensjonerende flom er ut fra egnethet og gyldighetsintervallet mtp. størrelsen for nedslagsfeltet basert på nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt, og ligger for de tre feltene, inkludert klimafaktor og sikkerhetsfaktor på:

$$\begin{aligned}Q_{200_dim_A} &= \mathbf{5,81\ m^3/s} \\Q_{200_dim_B} &= \mathbf{7,76\ m^3/s} \\Q_{200_dim_C} &= \mathbf{11,20\ m^3/s}\end{aligned}$$

Fra dimensjonerende flom er det utført kapasitetsberegninger for eksisterende situasjon og tilhørende dimensjon av ny kulvert. Det er brukt den hydrauliske programvaren HY-8 og GeoHECRAS for kulvertdimensjonering og vannlinjeberegninger.

Fra HY-8 simuleringene viser resultatet at eksisterende stikkrenne har kapasitet til å ta en flom med opptil 0,8 m³/s. Med dimensjonerende 200-årsflom i eksisterende stikkrenne vil hastigheten i utløpet bli på 5,89 m/s.

Det er utarbeidet 2D flommodell i GeoHECRAS. Resulterende flomdybde er betydelig lavere enn det HY-8 viser ved innløpet av stikkrenne. Dette er trolig på grunn av hastighetene som oppstår på grunn av brattere partier i elveløpet fra terrengmodell. Av sikkerhetsmessige grunner og usikkerhet knyttet til terrengmodell i GeoHECRAS er det valgt å bruke HY-8 på grunn av større dimensjon ved simulering med denne programvaren.

Simuleringer i HY-8 for en ny betongkulvert med dimensjon **1800 x 2500 mm** viser at denne har kapasitet til å ta en flom med returperiode 200 år, med 0,5 m margin for lysåpning ved innløpet. Hastigheten i utløpet vil her bli på **5,07 m/s**.

Flomkart fra GeoHECRAS viser at vann vil krysse over veien ved kritisk punkt 1 ved 200-årsflom. Det er også simulert for foreslått åpen løsning med overgang til lukkede rør under vei. Dette viser en forbedring av flommengder rundt veien med vestre side fri for vann, men det gir fortsatt flomvann over veien på grunn av den lave høydeforskjellen mellom elveløp og terrenget rundt.

Det er også simulert med kulvert med bredde 2,5 meter. Resultatene viser at å gi denne kulverten mer kapasitet kan føre til flomproblematikk lenger nedstrøms i bekkeløpet, hvor oversvømmelse kan være mer kritisk på grunn av bebyggelse. Det er derfor anbefalt å ikke bytte ut dagens kulvert med en større dimensjon før man kan oppgradere flere av stikkrennene nedstrøms i samme tidsrom.

Grunnet noe høy hastighet og mulig kvikkeleire i området må det vurderes behov for erosjonssikring.

REFERANSER

Midttømme et al. (04/2011) *Retningslinjer for flomberegninger*, NVE

Glad et al. (7/2015) *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*, NVE

Statens vegvesen (2020) *Vannhåndtering-Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering*, Håndbok V240

Statens vegvesen (2015) *Bruprosjektering-Prosjektering av bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner*, Håndbok N400

Statens vegvesen (2018) *Vegbygging*, Håndbok N200

Per Ludvig Bjerke (04/2019) *Hydraulisk Analyse for Vennbekken i Skaun*, NVE

NVE Nevina <https://nevina.nve.no/>

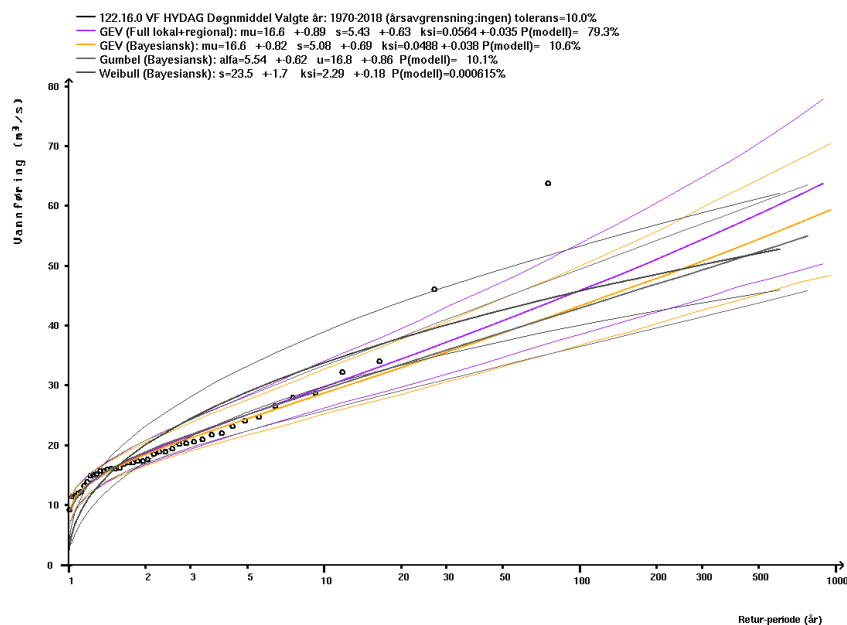
Finn kartjeneste <https://kart.finn.no/>

Google maps <https://www.google.no/maps/>

Vegkart (vegvesen.no) <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/>

VEDLEGG A

Data fra HYDRA II HYDAG (fordelingsgrafer og kvantiler) – 122.16.0 Gava



122.16.0 VF HYDAG Døgnmiddel Valgte år: 1970-2018 (årsavgrensning:ingen) tolerans=10.0%

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflow) : 20.3853

Median maksimalverdi (indeksflow for døgndata) : 17.4231

GEV (Full lokal+regional): $f(x)=1/s \cdot (1.0+(\text{ksi}(x-\mu)/s))^{-1/(\text{ksi}-1)} \exp(-(1.0+(\text{ksi}(x-\mu)/s))^{-1/(\text{ksi})})$ $\mu=16.7$ $+0.88$ $s=5.41$ $+0.64$ $\text{ksi}=0.0563$ $+0.034$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaks- intervall (år)	Måle- verdier	Relative måle- verdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	18.67	0.916	16.82	20.76
5	25.23	1.238	22.31	28.45
10	29.83	1.464	26.01	34.04
20	34.46	1.690	29.54	39.72
50	40.79	2.001	34.25	47.55
100	45.80	2.247	37.83	53.98
200	51.09	2.506	41.29	60.88
500	58.53	2.874	46.07	71.25
1000	64.67	3.173	49.62	80.08

Relativ måleverdi = flowverdi / middelflow.

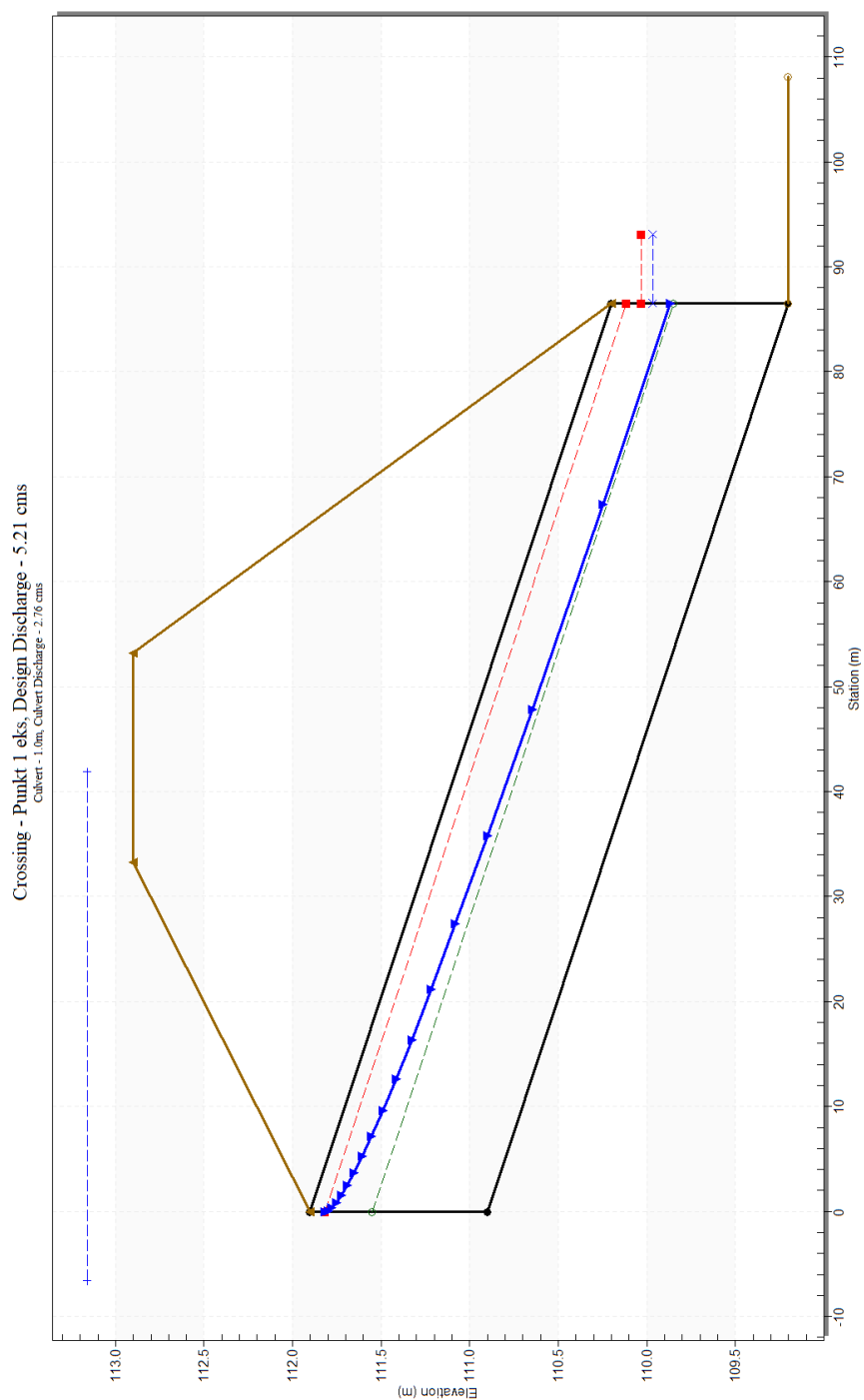
Nedre/øvre estimat angir grensene for å posteriori 95% troverdighetsintervall

Usikkerheten i parameterestimater er her angitt med '+/-' standardavvik (stdev). Under normal-fordelings-
 antagelser for å posteriori-fordelingen til hver parameter, betyr det at et 95% troverdighetsintervall kan lages med
 estimat $\pm 1.96 \cdot \text{stdev}$ som grenser.

VEDLEGG B

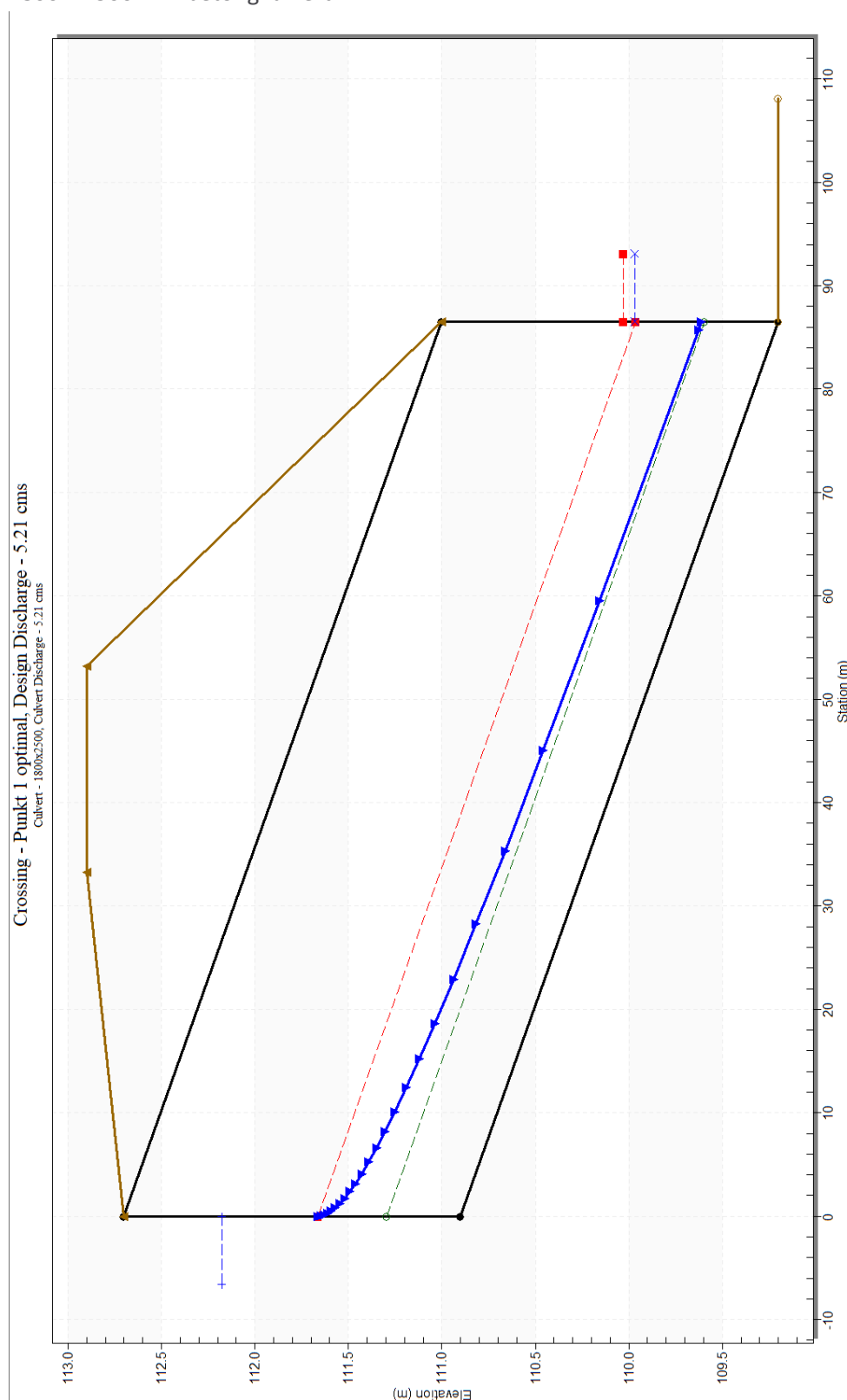
Ø1000 og 2 x Ø250 mm korrugert stålør

Profil viser gjennomløp i Ø1000 røret



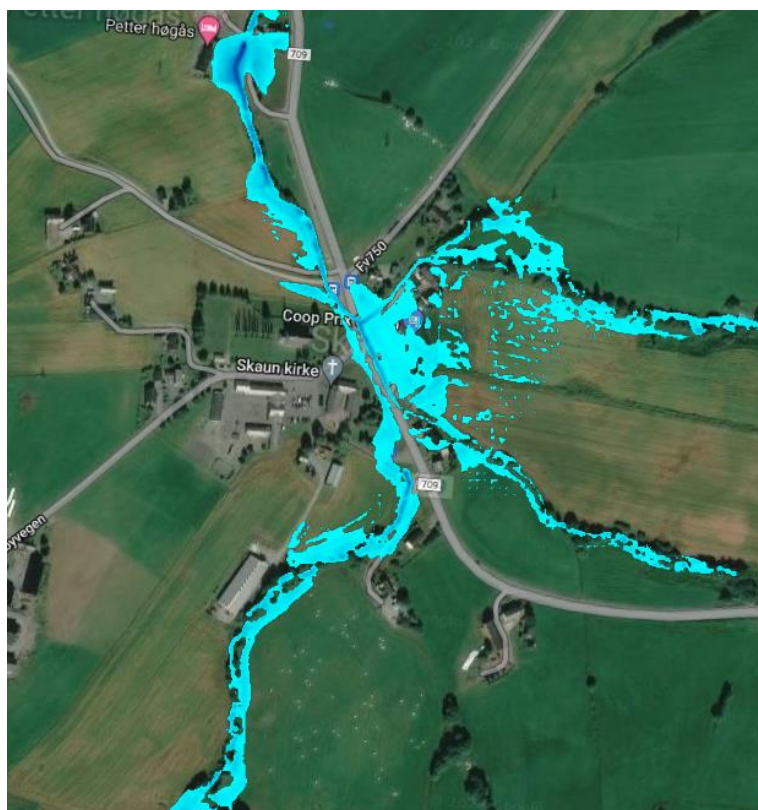
VEDLEGG C

1800 x 2500 mm betongkulvert



VEDLEGG D

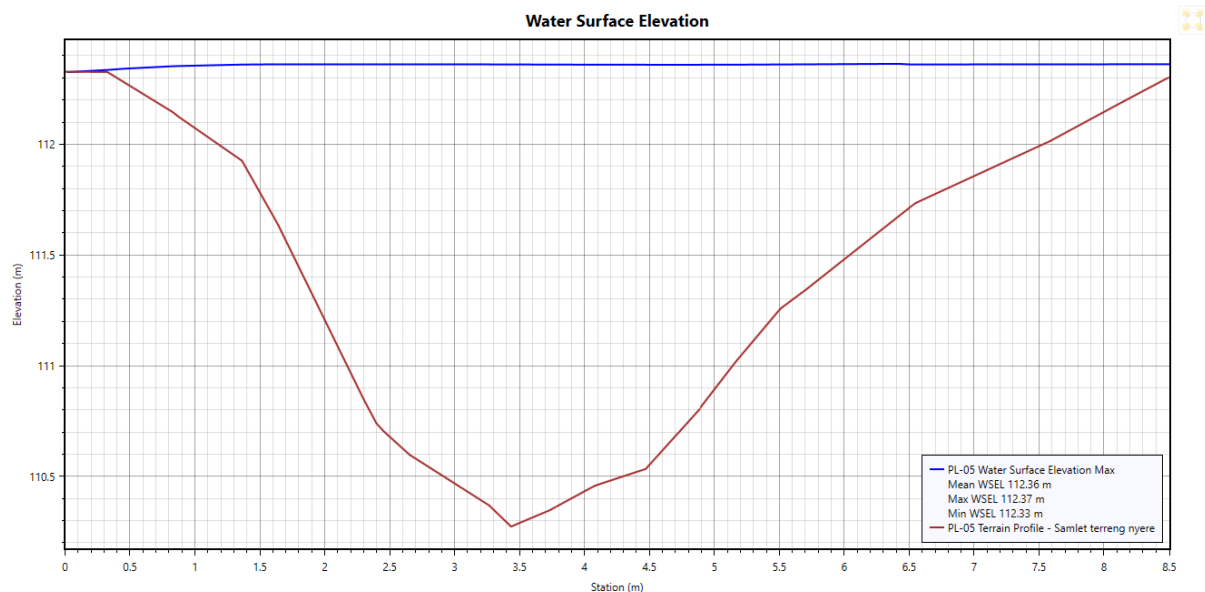
Flomdybdekart [m] og hastighetskart [m/s] med tilhørende fargebeskrivelse fra GeoHECRAS ved eksisterende situasjon. Flomsone i blått på begge kart.



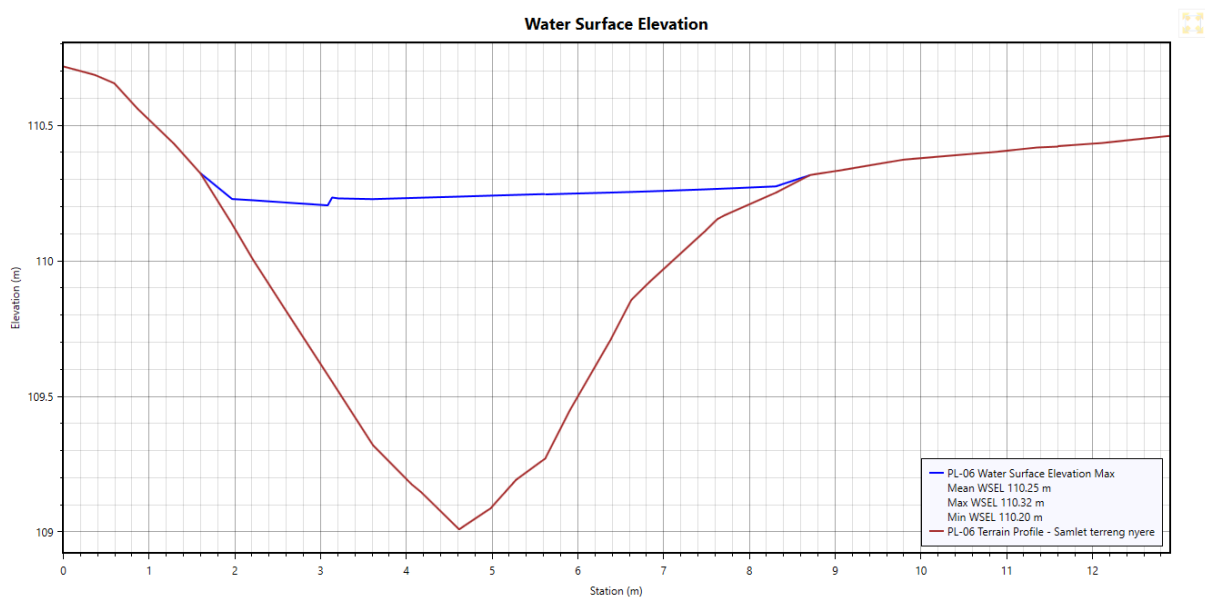
Velocity	Color
6.25	 ▼
5	 ▼
3.75	 ▼
2.5	 ▼
1.25	 ▼

VEDLEGG E

Tverrsnitt av vannstand rett før innløp til punkt 1

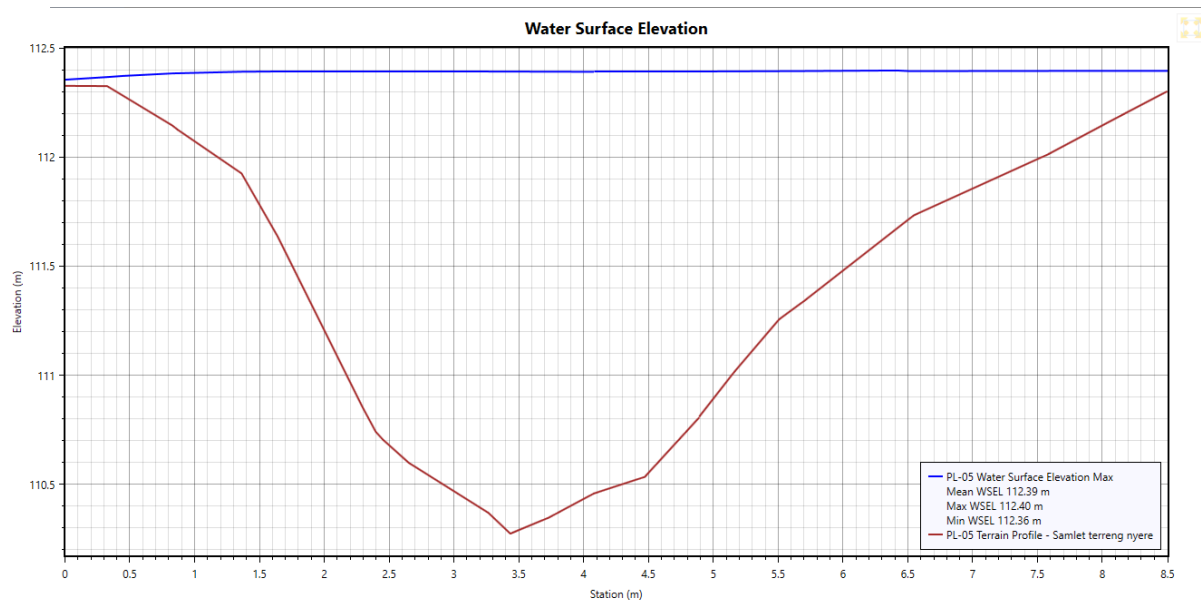


Tverrsnitt av vannstand i gjennomløp til punkt 1

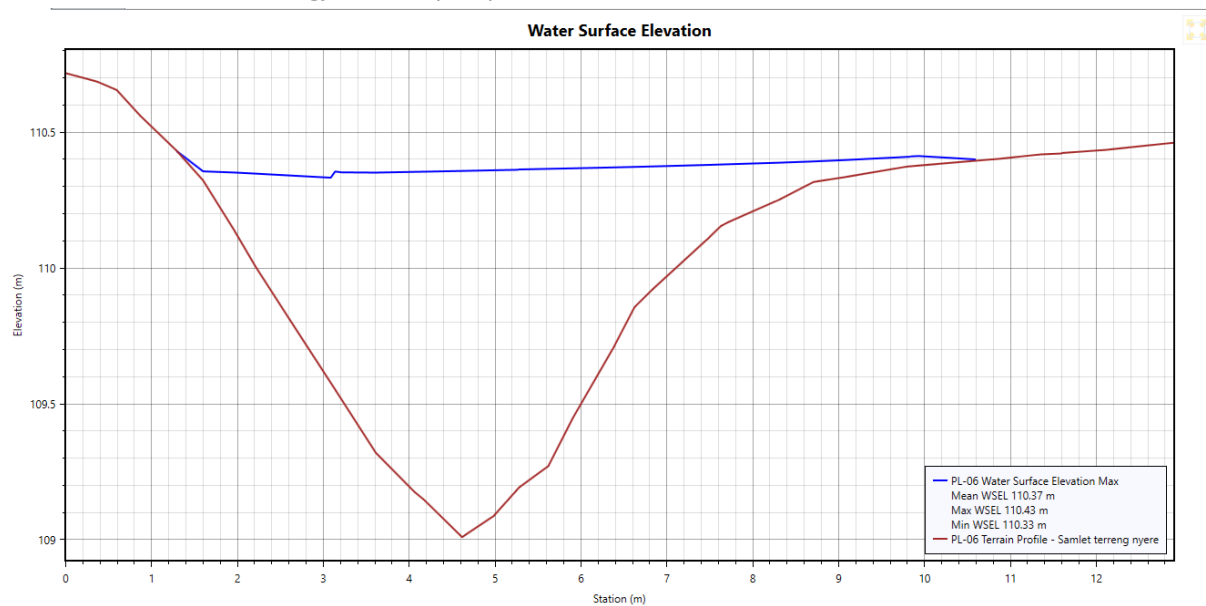


VEDLEGG F

Tverrsnitt av vannstand rett før innløp til punkt 1 (Sensitivitet)



Tverrsnitt av vannstand i gjennomløp til punkt 1 (Sensitivitet)



Vedlegg G

Flomkart etter simulering med foreslått 35 meter åpen løsning ved kritisk punkt 1



Vedlegg H

Flomkart etter simulering med 2,5 meter bred kulvert

