

► Flomfarevurdering Opo, Lofthus

Sammendrag

Norconsult Norge AS er engasjert av Ullensvang kommune for å utarbeide flomfarevurdering for elven Opo ved Lofthus. Denne rapporten avklarer reell flomfare fra Opo, i henhold til krav gitt i Byggeteknisk forskrift (TEK17) § 7-2.

Det er utført flomberegning for Opo som fastsetter flomvannføring ved middelflom, 20-, 200-, og 1000-årsflom inkl. 40 % klimapåslag. Videre er det utformet en vannlinjemodell som viser flomvannstand og flomsone ved beregnet flomvannføring.

Resultatene viser at vannhastighet nedstrøms Dalsbrua vil være ca. 7 – 9 m/s. Det vil dermed være fare for erosjon, og det bør vurderes om elven skal erosjonssikres.

Hydraulisk simulering viser at vann vil renne ut av bekkeløpet ved Bråstein, Dalsbrua og nedstrøms Rv. 13 ved høy vannføring.

J02	2025-05-12	For bruk	Cecilie Kvangarsnes	Torbjørn Kirkhorn	Maria E. Ordemann
D01	2025-02-20	For godkjenning hos oppdragsgiver	Cecilie Kvangarsnes	Torbjørn Kirkhorn	Maria E. Ordemann
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.

Innhold

1	Introduksjon og beskrivelse av oppdrag	4
1.1	Beskrivelse av oppdrag	4
1.2	Dimensjoneringskriterier og høydesystem	5
2	Flomberegning	6
2.1	Nedbørfeltet og flomregime	6
2.2	Representative målestasjoner	7
2.3	Vurdering av middelvannføring	8
2.4	Flomfrekvensanalyse	9
2.5	Regionalt formelverk	10
2.6	Nasjonalt formelverk	11
2.7	Erfaringstall	11
2.8	Valg av dimensjonerende vannføring	11
3	Stormflo	13
4	Hydraulisk vannlinjemodell	14
4.1	Beskrivelse av beregningsmodell	14
4.2	Terrenggrunnlag	14
4.3	Infrastruktur og redigering av terrenggrunnlag	15
4.4	Kalibrering av modellen	17
4.5	Grensebetingelser og friksjonsforhold	17
5	Resultater	18
5.1	Sikkerhetsklasse F1 – 20-årsflom	18
5.2	Sikkerhetsklasse F2 – 200-årsflom	18
5.3	Sikkerhetsklasse F3 – 1000-årsflom	19
5.4	Fare for erosjon	20
5.5	Sensitivitet og vurdering av usikkerhet	21
5.6	Fastsettelse av sikker byggehøyde	22
6	Konklusjon og anbefalinger	23
7	Referanser	24
8	Vedlegg	24
	Vedlegg 1 – Nevina-rapport	25
	Vedlegg 2 – Frekvensplott	26

Vedlegg 3 – Stormflo	29
Vedlegg 4 – Flomsone F1 – 20-årsflom inkl. klimapåslag	31
Vedlegg 5 – Flomsone F2 – 200-årsflom inkl. klimapåslag	32
Vedlegg 6 – Flomsone F3 – 1000-årsflom inkl. klimapåslag	33
Vedlegg 7 – Vannhastighet 200-årsflom inkl. klimapåslag	34

1 Introduksjon og beskrivelse av oppdrag

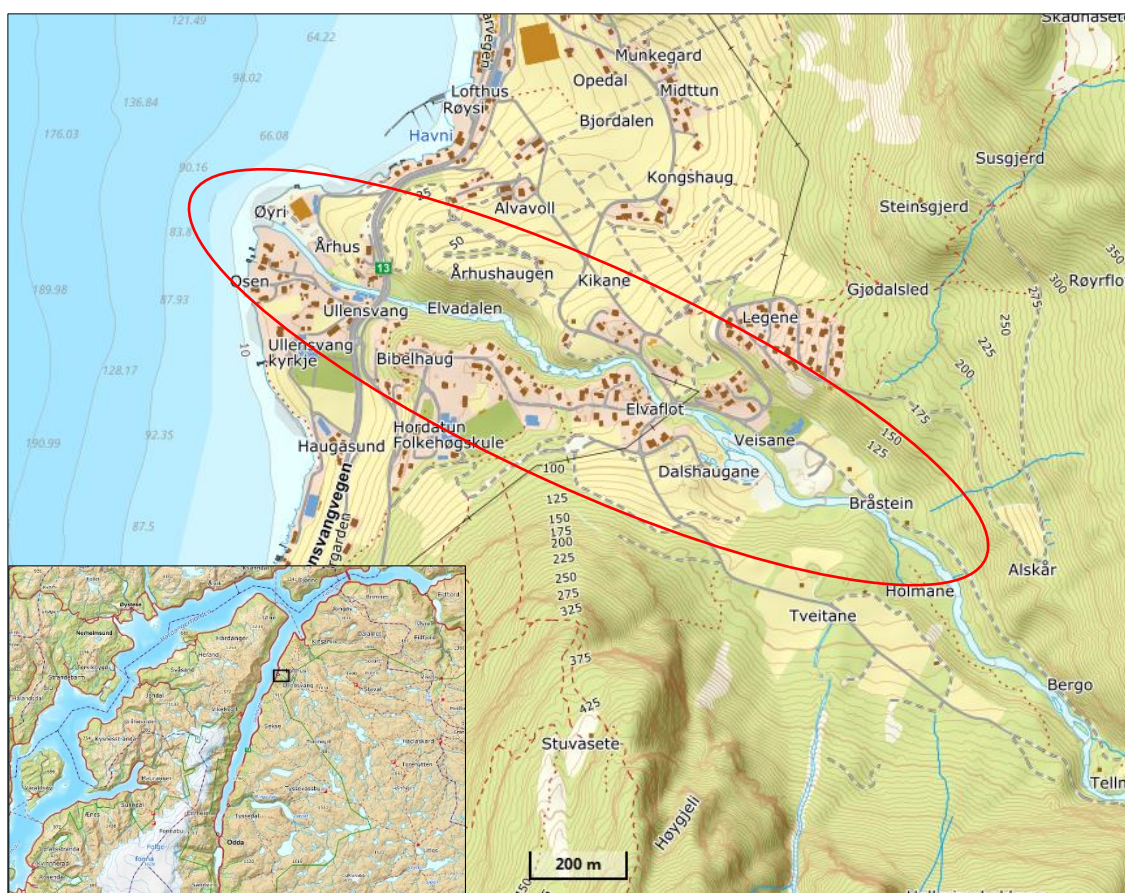
1.1 Beskrivelse av oppdrag

Norconsult har på oppdrag fra Ullensvang kommune, utført en flomvurdering for Opo i Lofthus, mellom Bråstein og utløp i Sørfjorden (Figur 1).

Ekstremværet «Jakob» som traff Vestlandet 31. oktober 2024, førte til evakuering av flere eiendommer langs Opo, grunnet erosjon og massetransport i elveløpet. Det ble i ettertid utarbeidet et notat «Vurdering i forbindelse med ekstremværet «Jakob» - Opo, Lofthus» [4], der bakgrunnen for evakueringen er omtalt. I notatet anbefales det å gjøre videre vurderinger av fare for erosjon og stabilitet i elveløpet, samt at eventuelle sikringstiltak vurderes.

Denne rapporten avklarer reell flomfare etter krav gitt i TEK17 § 7-2. Vurderingen er todelt, og består av en flomberegning og en vannlinjeberegning. Flomberegningen fastsetter flomvannføring ved dimensjonerende gjentaksintervall. Vannlinjeberegningen fastsetter vannstand ved den aktuelle flomvannføringen, og gir grunnlag for å fastsette sikker byggehøyde. Vurderingen inkluderer også vannhastighet for videre vurdering av erosjonssikring av elveløpet.

Beregningene er utført i henhold til gjeldende praksis for denne typen flomvurderinger.



Figur 1 Opo ligger ved Lofthus i Ullensvang kommune.

1.2 Dimensjoneringskriterier og høydesystem

Krav i TEK17

De fleste bygninger beregnet for personopphold omfattes av sikkerhetsklasse F2 i TEK17 § 7-2, der 200-årsflom er dimensjonerende. Byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser vil omfattes av sikkerhetsklasse F1, der 20-årsflom er dimensjonerende. Byggverk for særlig sårbare grupper, byggverk for beredskap og avfallsdeponier faller inn under sikkerhetsklasse F3, der 1000-årsflom er dimensjonerende.

Byggverk skal enten plasseres, sikres eller dimensjoneres mot en flomhendelse med dimensjonerende flomstørrelse. Tiltaket skal ikke påføre økt flomrisiko for andre eiendommer eller infrastruktur langs vassdraget.

Klimafremskrivninger

I «Klimaprofil Hordaland» oppgis det at det forventes at gjennomsnittlig årlig vannføring i vassdragene vil øke noe, fordi nedbøren og temperaturen øker. Det anbefales et klimapåslag for flomvannføring på mellom 20 – 40 %. NVE anbefaler klimapåslag i henhold til de fylkesvise klimaprofilene.

I denne flomvurderingen er dimensjonerende flomvannføring økt med 40 % for å ivareta økt vannføring grunnet klimaendringer.

Høydesystem

Alle høyder som er lagt til grunn i denne flomsonekartleggingen refererer til høydegrunnlaget NN2000.

2 Flomberegning

2.1 Nedbørfeltet og flomregime

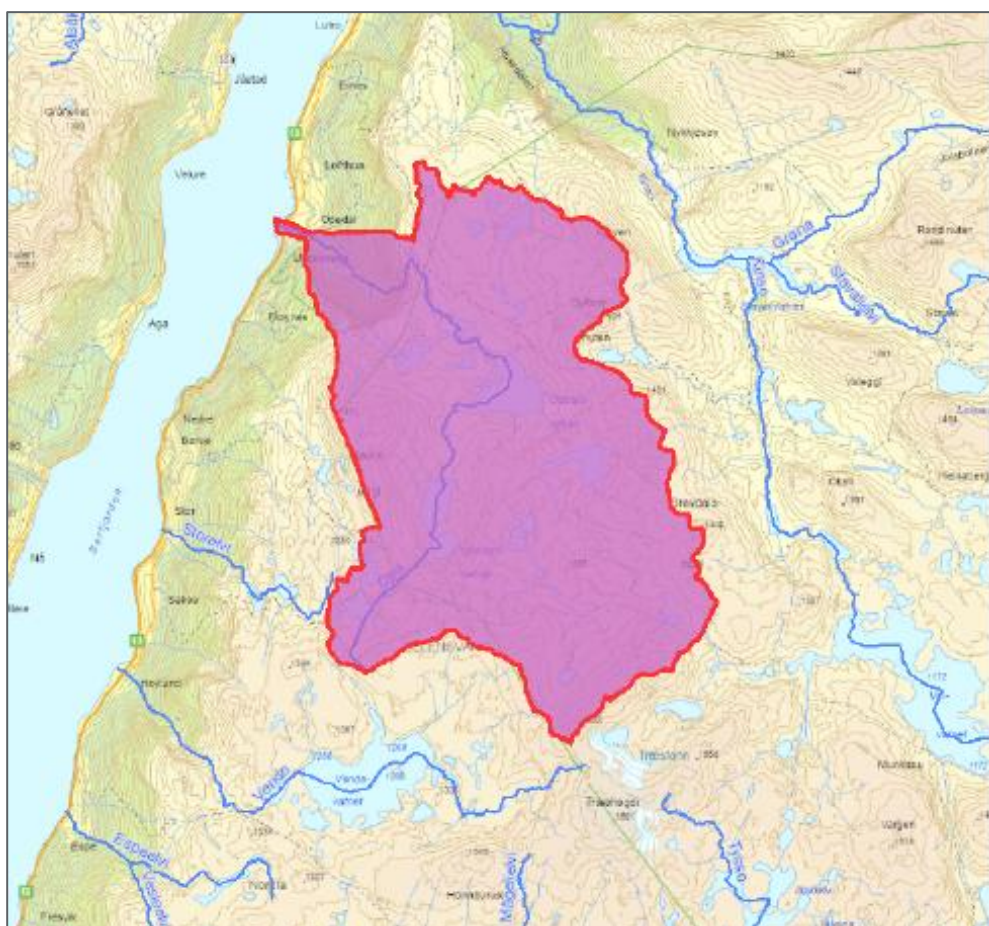
Opo i Lofthus ligger i Ullensvang kommune i Vestland fylke.

Nedbørfeltarealet er beregnet i Nevina/Scalgo til 65,5 km² (Figur 2). Feltet er et naturlig felt som består for det meste av snauffell og noe vegetasjon. Feltet er veldig bratt i nedre del, før det flater ut over ca. 1000 moh., se hypsografisk kurve i Figur 3. Nedre deler av nedbørfeltet er utbygget med spredt bebyggelse.

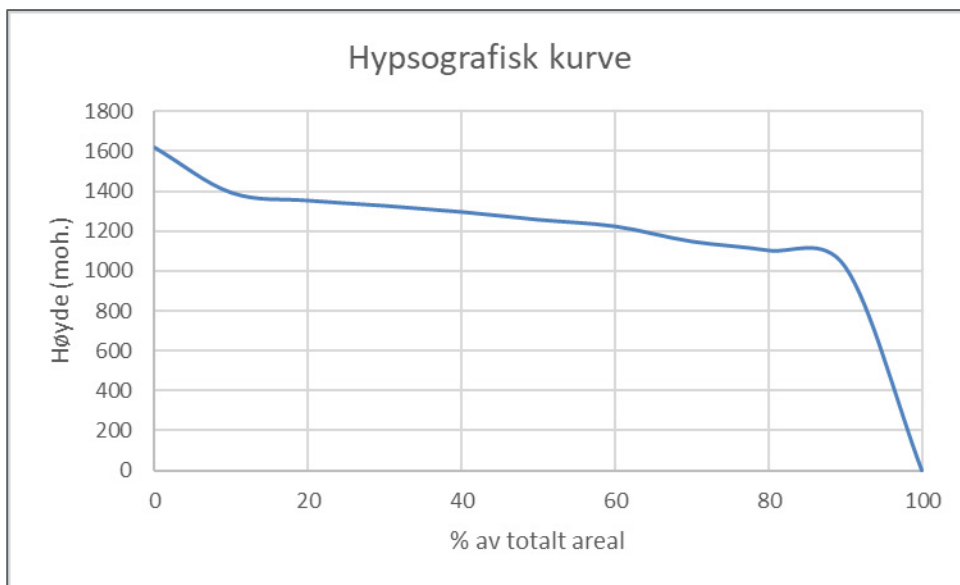
Nøkkeldata for nedbørfeltet er gitt i Tabell 1.

Tabell 1 Nøkkeldata nedbørfelt.

	Areal km ²	Eff.sjøandel %	Høyde	Normaltilsig l/(s*km ²)	Elvelengde km
Opo i Lofthus	65,5	2,5	1-1256-1617	66	16,9



Figur 2 Nedbørfelt til Opo ved Lofthus.



Figur 3 Hypsografisk kurve.

2.2 Representative målestasjoner

Utvalgte målestasjoner er benyttet i en regional flomfrekvensanalyse. En oversikt over stasjonene er gitt i Tabell 2 og vist på kart i Figur 4. Målestasjonene er valgt ut fra geografisk nærhet og sammenfallende feltegenskaper. Normaltilsig er for perioden 1991 – 2020.

Tabell 2 Målestasjoner vurdert i flomberegning.

Nr.	Nedbørfelt	Areal (km ²)	Periode	Antall år	Normaltilsig (l/s*km ²)	Høyde	Ase (%)	Asf (%)	Bre (%)
36.13	Grimsvatn	34,4	1973-2023	51	96	563-834-1535	1,2	80,8	0,0
62.14	Slondalsvatn	41,9	1983-2024	42	84	752-1211-1602	2,8	81,2	0,0
48.5	Reinsnosvatn	120,5	1917-2023	104	72	595-1232-1635	3,3	76,4	0,0
50.1	Hølen	231,4	1923-2023	101	51	123-1277-1686	2,0	88,2	0,3
41.8	Hellaugvatn	27,5	1981-2023	43	118	271-904-1263	2,0	82,1	0,0
	Opo	65,5			66	1-1256-1617	2,5	84,4	0,0



Figur 4 Kart med markering av målestasjoner.

2.3 Vurdering av middelvannføring

Tabell 3 viser en oversikt over middelvannføring ved målestasjonene som er vurdert i denne analysen. Oversikten viser at avrenningskartet til NVE stemmer godt med observerte verdier.

Middelvannføring i Opo er estimert til 65,5 l/s*km² ved bruk av NVE sin kartapplikasjon NEVINA (1991-2020).

Tabell 3 Sammenligning av estimert og målt middelvannføring ved utvalgte målestasjoner.

Nedbørfelt	Målt verdi (hele perioden) (l/s*km ²)	Avrenningskartet (1991-2020) (l/s*km ²)	Målt verdi / Avrenningskart
Grimsvatn	96,3	96,3	1,00
Slondalsvatn	84,1	82,1	1,02
Reinsnosvatn	72,4	82,1	0,88
Hølen	51,3	57,2	0,90
Hellaugvatn	118,3	119,0	0,99
Gjennomsnitt			0,96
Opo	-	65,5	

Et spesifikt årsmiddeltilsig på 66 l/s*km² legges til grunn i videre beregning.

2.4 Flomfrekvensanalyse

Det er utført flomfrekvensanalyse for representative målestasjoner. Tabell 4 viser en oversikt over estimert middelflom, 20-, 200- og 1000-årsflom. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremveridianalyse, DAGUT, ved bruk av Gumbel- og GEV-fordeling.

NVE anbefaler generelt at fordelingsfunksjonen GEV brukes dersom det finnes over 50 år med måledata, og Gumbel ved 25-50 år med tilgjengelige måledata.

Tabell 4 Flomfrekvensanalyse på utvalgte målestasjoner (døgnverdier).

Nr.	Nedbørfelt	Areal (km ²)	Antall år	Fordeling	q _M (l/s*km ²)	q ₂₀ /q _M	q ₂₀ (l/s*km ²)	q ₂₀₀ /q _M	q ₂₀₀ (l/s*km ²)	Q ₁₀₀₀ /q _M	Q ₁₀₀₀ (l/s*km ²)
36.13	Grimsvatn	34,4	51	GEV	959	1,57	1505	2,03	1946	2,31	2212
62.14	Slondalsvatn	41,9	42	Gumbel	585	1,65	966	2,28	1336	2,72	1592
48.5	Reinsnosvatn	120,5	104	GEV	449	1,43	642	1,58	710	1,63	732
50.1	Hølen	231,4	101	GEV	330	1,51	497	1,94	639	2,21	728
41.8	Hellaugvatn	27,5	43	Gumbel	896	1,50	1342	1,98	1775	2,32	2076
	Gjennomsnitt				644	1,5	990	2,0	1281	2,2	1468

200-årsflom varierer mellom 639 – 1946 l/s*km² for de ulike målestasjonene.

- Grimsvatn har lavere effektiv sjøprosent (1,2 %) enn de andre feltene og omtrent halvparten så stort feltareal som Opo. Grimsvatn vil dermed trolig ha raskere avrenning, og høyere flomverdier enn Opo.
- Hølen er den nærmeste målestasjonen til Opo, men har over 3 ganger større feltareal og dermed bedre selvreguleringsevne enn Opo.
- Slondalsvatn og Hellaugvatn har representative feltegenskaper, men begge feltene er mindre, og har høyere normalavrenning enn Opo. Flomverdier for Opo vil dermed trolig ligge lavere enn for de to målestasjonene. Hellaugvatn ligger en del lenger mot vest, noe som gir høyere flomverdier enn for tilsvarende felt med lengre avstand til kyst.
- Reinsnosvatn har også representative feltegenskaper for Opo. Målestasjonen ligger i utløpet av et vann, og har dermed stor demping. Feltarealet er omtrent dobbelt så stort som for Opo.
- Flomverdiene til Opo vil trolig ligge et sted mellom Reinsnosvatn og Slondalsvatn.
- Vekstfaktor ved de ulike målestasjonene er relativt lik med et gjennomsnitt på 1,5 for Q₂₀/Q_M, 2,0 for Q₂₀₀/Q_M og 2,2 for Q₁₀₀₀/Q_M.

Kulminasjonsfaktor

Sammenheng mellom kulminasjon- og døgnmiddelflom for Opo ved Lofthus er beregnet ut fra gammelt formelverk med forholdstall på henholdsvis 1,4 og 1,7 for vår og høst. Formler er oppgitt i Figur 5, og er hentet fra NVE sine Retningslinjer for flomberegninger (04/2011). Formelverket er utdatert, men er tatt med likevel for sammenligning.

Vårflom: $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{dogn}} = 1,72 - 0,17 \cdot \log A - 0,125 \cdot A^{0,5}$
Høstflom: $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{dogn}} = 2,29 - 0,29 \cdot \log A - 0,270 \cdot A^{0,5}$

Figur 5 Forholdstall fra formelverk.

Fra RFFA-2018 er det for nedbørfeltet til Opo oppgitt en kulminasjonsfaktor på 1,14, se også Vedlegg 1.

Observerte forholdstall mellom timesverdier og døgnverdier for de 10 største observerte flommene ved de mest representative målestasjonene for Opo, er vist i Tabell 5 (hentet fra NVEs hydrologiske database Hydra II). I gjennomsnitt er forholdet 1,3 for de utvalgte målestasjonene. Største observerte forholdstall er 1,8.

Tabell 5 Forhold mellom times- og døgnverdier for de 10 største observerte døgnflommene. Også kulminasjonsfaktor fra RFFA-2018 er tatt med.

Hellaugsvatn		Reinsnosvatn		Slondalsvatn	
Dato	Time/Døgn	Dato	Time/Døgn	Dato	Time/Døgn
26.10.1983	1,24	28.10.2014	1,33	11.11.2022	1,53
28.10.2014	--	08.07.1973	--	28.10.2014	1,48
06.11.2006	1,22	21.06.2020	1,08	14.10.2018	1,31
14.09.2005	1,33	03.11.1996	--	26.06.1989	1,33
23.12.2017	1,81	02.07.1958	--	14.09.2005	1,43
15.11.2004	1,47	07.10.2010	1,18	31.08.1984	--
27.11.2011	1,42	21.07.1995	1,10	21.06.2020	1,18
31.12.2016	1,24	15.10.2018	1,29	01.10.1985	--
14.12.1991	1,55	12.11.2022	1,17	29.06.2011	1,36
03.01.1992	1,49	07.06.1972	--	01.11.2024	1,44
Snitt	1,4		1,2		1,4
Max	1,8		1,3		1,5
Min	1,2		1,1		1,2
	Kulm		Kulm		Kulm
<i>RFFA-2018</i>	1,32		1,10		1,72

Observasjoner fra representative målestasjoner, har forholdstall mellom Qtime/Qdøgn på mellom 1,1 og 1,8, og i gjennomsnittlig 1,3. Gjennomsnittlig kulminasjonsfaktor er noe høyere enn fra RFFA-2018 for Hellaugsvatn og Reinsnosvatn, og noe lavere for Slondalsvatn. Fra formelverk er kulminasjonsfaktor beregnet til 1,4 og 1,7.

Basert på formelverk og observerte forholdstall mellom timesverdier og døgnverdier, velges en kulminasjonsfaktor på 1,5.

2.5 Regionalt formelverk

NVE har utviklet et formelverk for flomstørrelser i mellomstore og større felt (RFFA-2018). Verdier beregnes i Nevina, se Vedlegg 1. Merk at oppgitt Q_M er medianflom, og ikke middelflom.

200-årsflom (døgnmiddel) er beregnet til $63,6 \text{ m}^3/\text{s}$, tilsvarende $974 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Det er oppgitt en kulminasjonsfaktor på 1,14 som gir en kulminasjonsflom (Q_{200}) på $72,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Flomberegning for ulike gjentakintervall fra regionalt formelverk (RFFA-2018) er vist i Tabell 6.

Tabell 6 Flomberegning fra regionalt formelverk.

	Q_M	Q_{20}	Q_{200}	Q_{1000}
Vekstfaktor	--	1,64	2,23	2,66
Døgnmiddel ($\text{l/s} \cdot \text{km}^2$)	436	715	974	1159
Døgnmiddel (m^3/s)	29	47	64	76
Kulminasjon* (m^3/s)	32	53	73	86

*Kulminasjonsfaktor 1,14

2.6 Nasjonalt formelverk

NVEs formelverk for små nedbørfelt er basert på regionale analyser for målestasjoner over hele Norge, og er dokumentert i NVEs rapport 13-2015. I formelverket er flomstørrelsen avhengig av feltareal, årsmiddeltilsg og effektiv sjøprosent. Formelverket er gyldig for nedbørfelt opp til 60 km², og opp til 200 års gjentaksintervall. Nedbørfeltet til Opo er dermed litt større enn gyldighetsområdet til NIFS, men beregningen er likevel tatt med for sammenligning.

Ved beregning av flomstørrelser for det vurderte nedbørfeltet, er feltegenskapene hentet fra Nevina og Scalgo. Middelflommen regnes ut som en momentanverdi og skaleres ved hjelp av en vekstkurve opp til dimensjonerende flomstørrelse.

I Nevina er årlig middelavrenning oppgitt til 65,5 l/s*km² for perioden 1991-2020. Flomverdier beregnes som kulminasjonsverdier, og er vist i Tabell 7.

Tabell 7 Flomverdier fra NIFS formelverk (kulminasjonsverdier).

	Areal (km ²)	q _N (l/s*km ²)	A _{SE} (%)	Q _M (m ³ /s)	Q ₂₀ (m ³ /s)	Q ₂₀₀ (m ³ /s)	Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)
Opo	65,5*	65,5	2,5	44,9	73,9	118,1	164*

*utenfor formelverkets gyldighetsområde

2.7 Erfaringstall

I NVE sin «Veileder for flomberegninger» [242] er det oppgitt erfaringstall som døgnmiddelverdier for 1000-årsflom i middels store felt (50 - 500 km²). På Sørlandet og Vestlandet er det oppgitt at flomverdiene stort sett ligger mellom 700 – 2500 l/s*km², med de største verdiene et stykke innenfor kysten på Sør-Vestlandet og Vestlandet.

Fra regional flomfrekvensanalyse er forholdet mellom Q₂₀₀ og Q₁₀₀₀ 0,84. Med samme forholdstall blir erfaringstall for 200-årsflom ca. 590 – 2100 l/s*km².

2.8 Valg av dimensjonerende vannføring

Tabell 8 oppsummerer flomverdier fra flomfrekvensanalyse, regionalt og nasjonalt formelverk, samt erfaringstall fra NVE for 200-årsflom.

Fra flomfrekvensanalyse er det antatt at flomverdier for Opo vil ligge mellom Reinsnosvatn og Slondalsvatn. Middelflom fra de to målestasjonene er henholdsvis 449 og 585 l/s*km², og 200-årsflom er henholdsvis 710 og 1336 l/s*km².

Fra regionalt formelverk (RFFA-2018) er medianflom oppgitt til 436 l/s*km², og Q₂₀₀ er oppgitt til 974 l/s*km², tilsvarende 64 m³/s.

Feltstørrelsen til Opo er like utenfor gyldighetsområdet til nasjonalt formelverk. Beregnede flomverdier er likevel tatt med for sammenligning. Nasjonalt formelverk beregner kulminasjonsflom direkte. Middelflom er beregnet til 45 m³/s, og 200-årsflom 118 m³/s. Med en kulminasjonsfaktor på 1,5 tilsvarer dette døgnverdier på henholdsvis 30 og 79 m³/s (458 og 1201 l/s*km²).

Det velges å legge til grunn en middelflom på 500 l/s*km². Vekstfaktor er skjønsmessig vurdert ut fra vekstfaktor i RFFA-2018, og flomfrekvensanalyse. Kulminasjonsfaktor er valgt til 1,5, basert på formelverk og observerte forholdstall omtalt i kapittel 2.4. Flomverdiene er innenfor NVEs erfaringstall.

Oppsummering av dimensjonerende flomvannføring ved ulike gjentaksintervall er vist i Tabell 9.

Tabell 8 Flomstørrelser (200-årsflom) med ulike metodikker og valgt flomverdi.

Metode	Spesifikk flomverdi l/(s*km ²)	Absolutt flomverdi m ³ /s
Døgnverdier		
Flomfrekvensanalyse	710 - 1336	47 - 88
Regionalt formelverk, RFFA-2018	974	64
Nasjonalt formelverk, NIFS	1201	79
Erfaringstall	590-2100	39 – 138
Valgt flomverdi	1100	72
Kulminasjon		
Valgt flomverdi, kulminasjon	1650	108
Valgt flomverdi +40% klimapåslag	2310	151

Tabell 9 Oppsummering av beregnet flomvannføring ved ulike gjentaksintervall.

	Vekstfaktor Q_T/Q_M	Døgn (l/s*km ²)	Døgn (m ³ /s)	Kulm. (m ³ /s)	Kulm. inkl. 40 % klimapåslag (m ³ /s)
Q_M	--	500	33	49	69
Q_{20}	1,6	800	52	79	111
Q_{200}	2,2	1100	72	108	151
Q_{1000}	2,6	1300	85	128	179

3 Stormflo

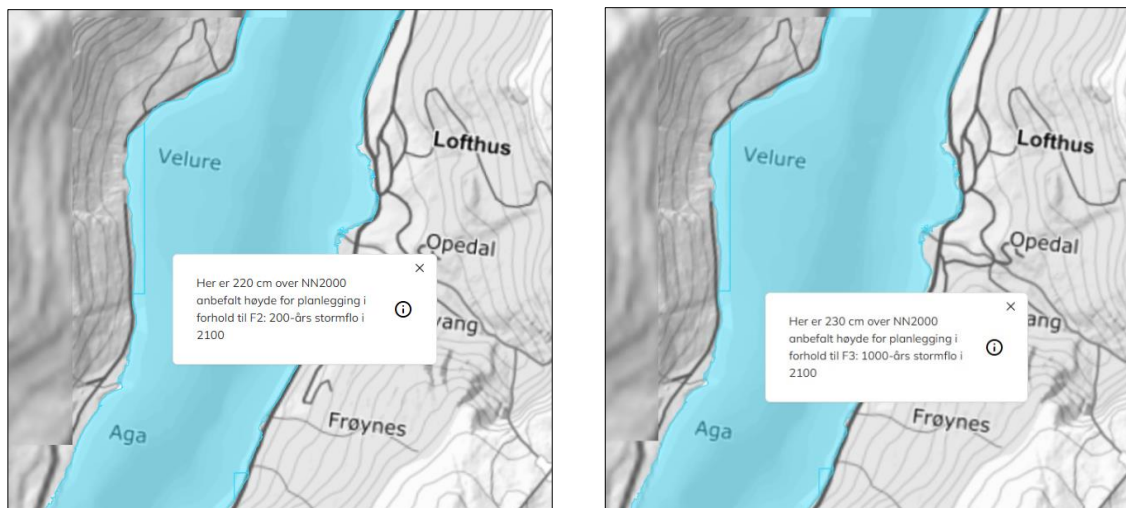
TEK17 § 7-2 stiller krav om at byggverk også skal ligge sikkert mot stormflo, med de samme sikkerhetsnivåene som for flom. Det er den vannstanden som er høyest av flom og stormflo som skal legges til grunn for sikker byggehøyde. NVE anbefaler at 1 års stormflo inkludert klimaframskrivning benyttes som nedre grensebetingelse ved simulering av vassdragsflom [3].

Vannstand ved stormflo er hentet fra Kartverket sin karttjeneste <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>. Stormflo for ulike gjentaksintervall er oppsummert i Tabell 10, og gjengitt i sin helhet i Vedlegg 3. Anbefalt høyde for F2- og F3-tiltak er også vist i Figur 6.

I DSB sin veileder «Havnivåstigning og høye vannstander i samfunnsplanlegging» [1] anbefales det å bruke havnivåstigningstall for 2100, med scenario SSP3-7.0 (83-prosentil) for tiltak i sikkerhetsklasse F2. Scenario SSP 3-7.0 gir en fremskrivning på 74 cm.

Tabell 10 Stormflo ved ulike gjentaksintervall.

	Vannstand (cm)	Fremskrivning år 2100 (cm)	Avrunding opp til nærmeste 10 cm (moh.)	
			Uten klima	Med klima
Middel høyvann	30		0,30	
1-års stormflo	103	74	1,10	1,80
20 års stormflo	125	74	1,30	2,00
200-års stormflo	140	74	1,40	2,20
1000-års stormflo	148	74	1,50	2,30



Figur 6 Anbefalt høyde for planlegging av tiltak i sikkerhetsklasse F2 og F3 (Se havnivå).

4 Hydraulisk vannlinjemodell

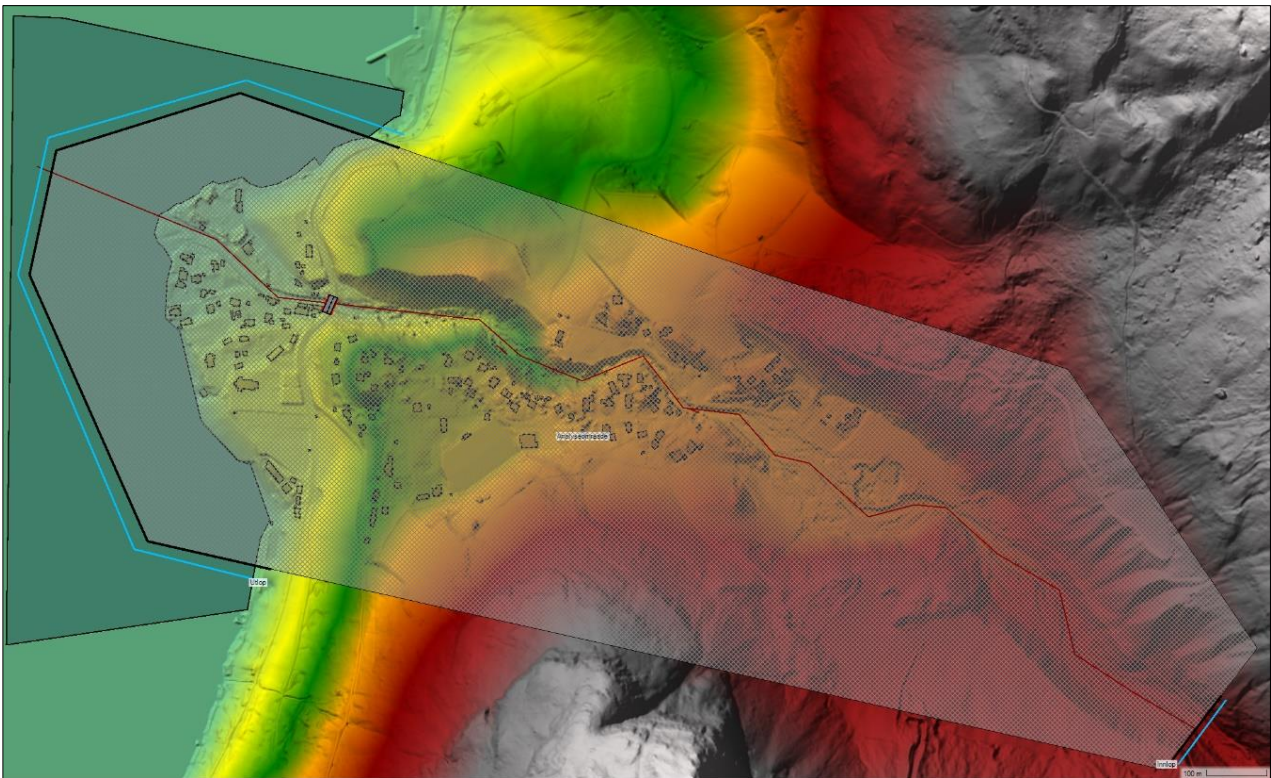
4.1 Beskrivelse av beregningsmodell

Vannstand og vannhastighet for Opo er beregnet ved bruk av en todimensjonal vannlinjemodell i beregningsprogrammet HEC-RAS v.6.5.

Følgende beregningsforutsetninger er lagt til grunn:

- Terrenggrunnet for modellen er en dronescanning over området fra desember 2024. Modellen er komplettert med laserdata over området fra 2022.
- Beregningsnettet er satt til en oppløsning på 4x4 meter, og 2x2 meter i bekkeløpet.
- Mannings tall er satt til 0,06.
- Øvre grensebetingelse er beregnet flomvannføring, nedre grensebetingelse er 1 års stormflo, alle inkl. klimapåslag
- Ligningssettet «SWE-ELM» er benyttet, med couranttall under 1.

Analyseområdet er vist i Figur 7.



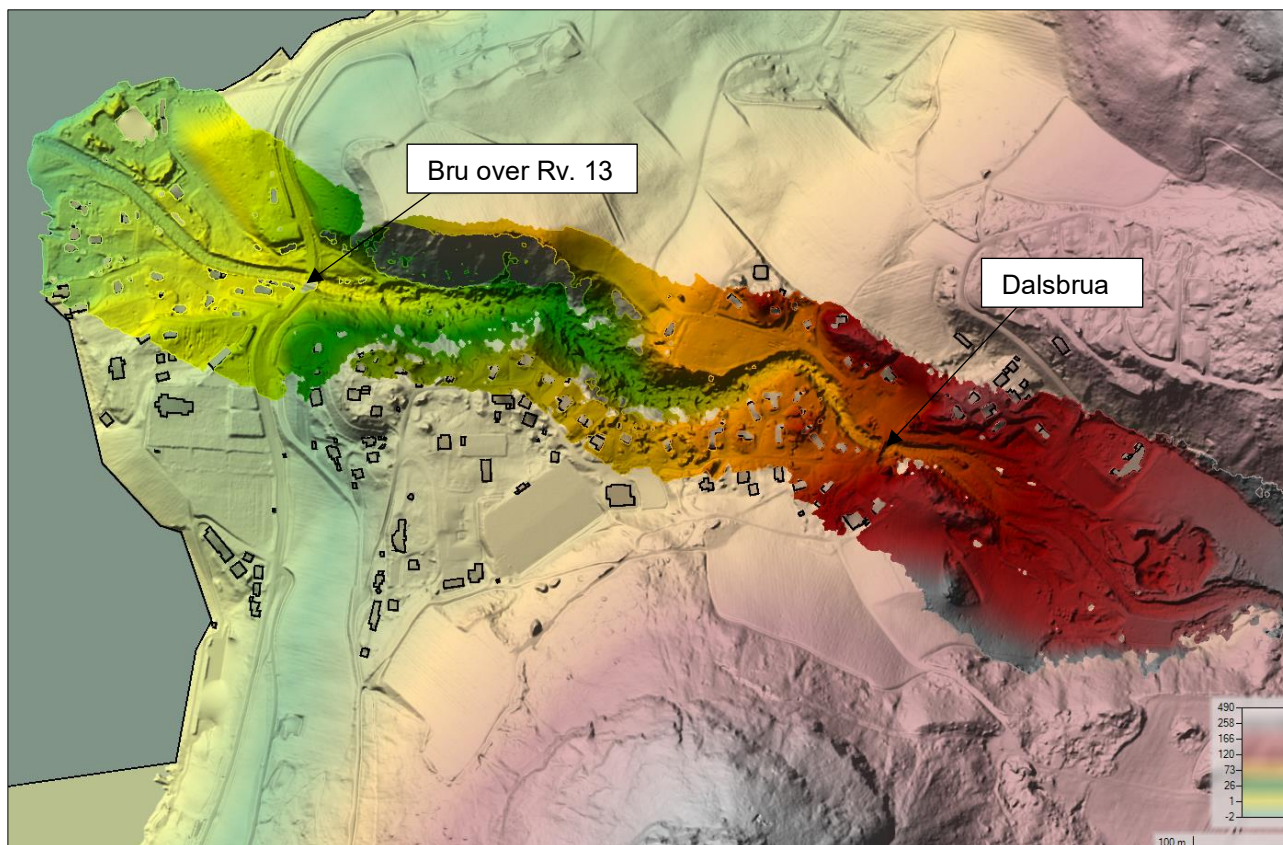
Figur 7 Analyseområdet i HEC-RAS.

4.2 Terrenggrunnlag

Terrenggrunnet i modellen er basert på en dronescanning utført i desember 2024. Scanningen er utført fra 80 m høyde, og med en pixelstørrelse på 2,15 cm. Punktskyen er videre bearbeidet til en modell med 0,5 m oppløsning.

Modellen er komplettert med laserdata over området fra 2022, som har en bestilt punkttetthet på 10 pkt./m², og en oppløsning på 0,25 m., lastet ned fra www.hoydedata.no.

Figur 8 viser terrenngmodellen, der de mørkeste fargene viser resultat fra dronescanning. Bygninger er lagt inn fra FKB-data.



Figur 8 Terrenngmodell. De mørkeste fargene viser dronescanning. "Hull" i modellen er komplettert med terrenngmodell fra 2022. Bygninger er lagt inn fra FKB-data.

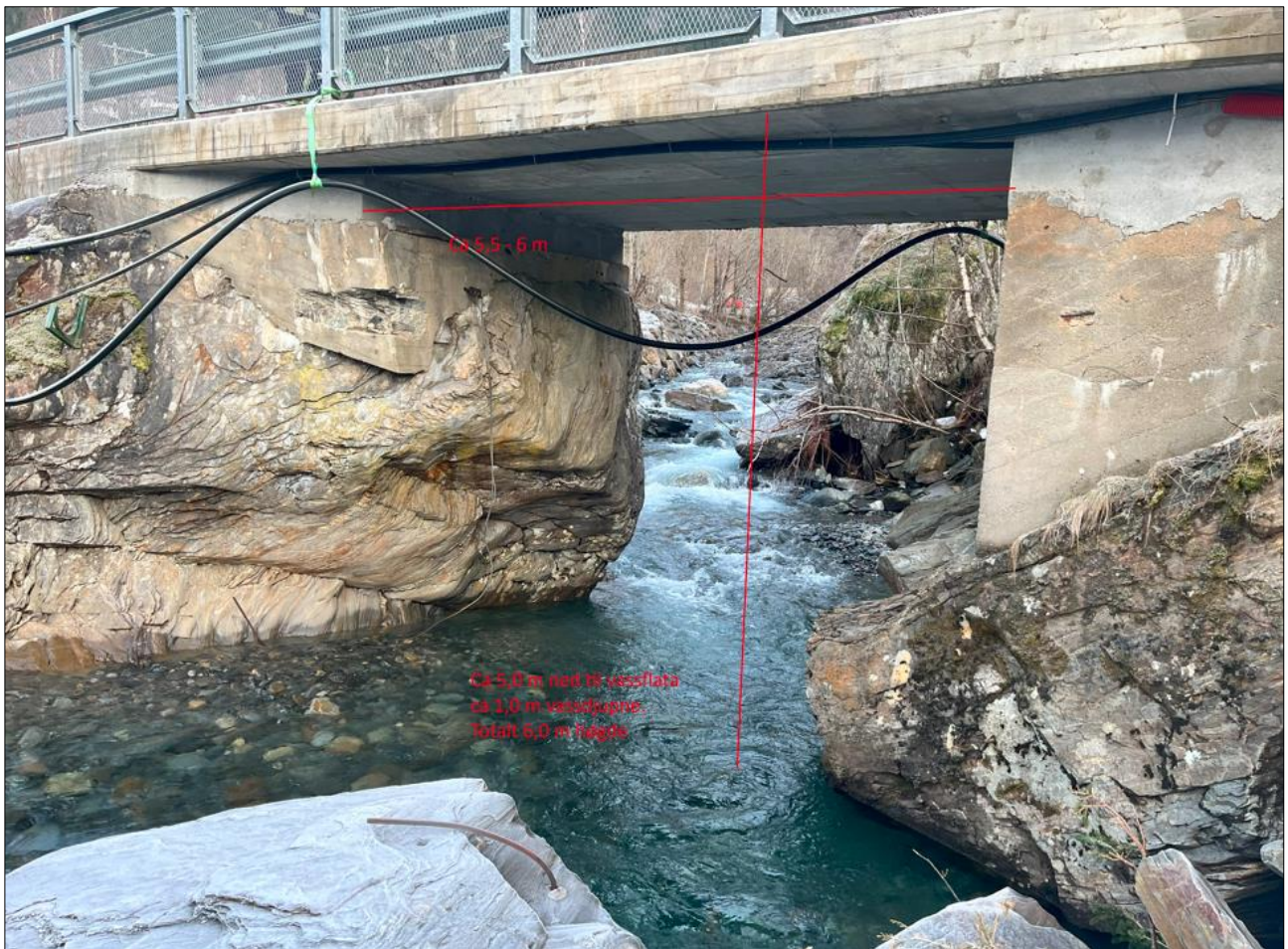
Det understrekes at grunnlaget representerer oppmålingstidspunktet, og at endringer som påvirker resultatet kan forekomme i fremtiden eller under en flomhendelse. Modellering i HEC-RAS klarer ikke å ta hensyn til, eller forespeile, terrenngendringer som inntreffer som følge av erosjon, tilstopping eller masseforflytning.

4.3 Infrastruktur og redigering av terrennggrunnlag

Ekstremværet Jakob som inntraff 31.10.24 førte til noen endringer i elveløpet til Opo i øvre deler av analyseområdet, pga. massetransport og erosjon. Ekstremværet er omtalt i notat «Vurdering i forbindelse med ekstremværet «Jakob» - Opo, Lofthus [4]. Terrennggrunnlaget er basert på en dronescanning utført i desember 2024, og fanger opp disse terrenngendringene.

De to bruene innenfor analyseområdet er innmålt, se Figur 9 og Figur 10. Dalsbrua er lagt inn i modellen som en kanal med 6 meter bredde. Bru over Rv. 13 er lagt inn som en bru i henhold til oppmåling.

Terrenng ved utløp i Sørfjorden er satt til kote -2.



Figur 9 Dalsbrua, nedstrøms side.



Figur 10 Bru over Rv. 13, oppstrøms side.

4.4 Kalibrering av modellen

Modellen er ikke kalibrert mot målt vannstand ved kjent vannføring.

Alle hydrauliske beregninger som ikke har kalibreringsdata innehar usikkerhet.

4.5 Grensebetingelser og friksjonsforhold

Som øvre grensebetingelse er beregnede flomstørrelser inkludert klimapåslag benyttet, som vist i Tabell 9.

Der elver og bekker har utløp i sjøen, vil området være utsatt for oversvømmelse både fra elven, og på grunn av stormflo. Det vil være den vannstanden som ligger høyest av flom og stormflo som legges til grunn for flomsikkert nivå. Fordi det ikke vil være sannsynlig at 200-årsflom og 200 års stormflo inntreffer samtidig, anbefaler NVE at 1 års stormflo med klimafremskrivning legges til grunn ved vurdering av flomvannstand ved utløp i sjø. Stormflo med ulike gjentakintervall er oppgitt i Tabell 10.

Årlig høyvann er på www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva oppgitt til 103 cm. Inkludert klimafremskrivninger, og avrundet opp til nærmeste 10 cm, blir nedre grensebetingelse 1,8 moh.

5 Resultater

5.1 Sikkerhetsklasse F1 – 20-årsflom

Resultater for beregnet 20-årsflom med 40 % klimapåslag er vist i Figur 11.

Hydraulisk simulering viser at vann renner ut av bekkeløpet ved Dalsbrua, samt nedstrøms bru over Rv.13. Vann som renner ut av elveløpet ved Dalbrua, renner tilbake til elven like nedstrøms brua.

Største vannhastighet nedstrøms Dalsbrua vil være ca. 7 m/s.



Figur 11 Beregnet flomsone (og vanndybde i m). 20-årsflom med klimapåslag.

5.2 Sikkerhetsklasse F2 – 200-årsflom

Resultater for beregnet 200-årsflom med 40 % klimapåslag er vist i Figur 12.

Hydraulisk simulering viser at vann renner ut av bekkeløpet ved Dalsbrua, samt nedstrøms bru over Rv.13. Vann som renner ut av elveløpet ved Dalbrua, renner tilbake til elven like nedstrøms brua. Noe vann vil også renne ut ved Bråstein, og fordele seg utover dyrket mark. Noe vann vil renne ned mot barnehagen, men her vil vannhastigheten og dybden være liten.

Største vannhastighet nedstrøms Dalsbrua vil være ca. 7-8 m/s.



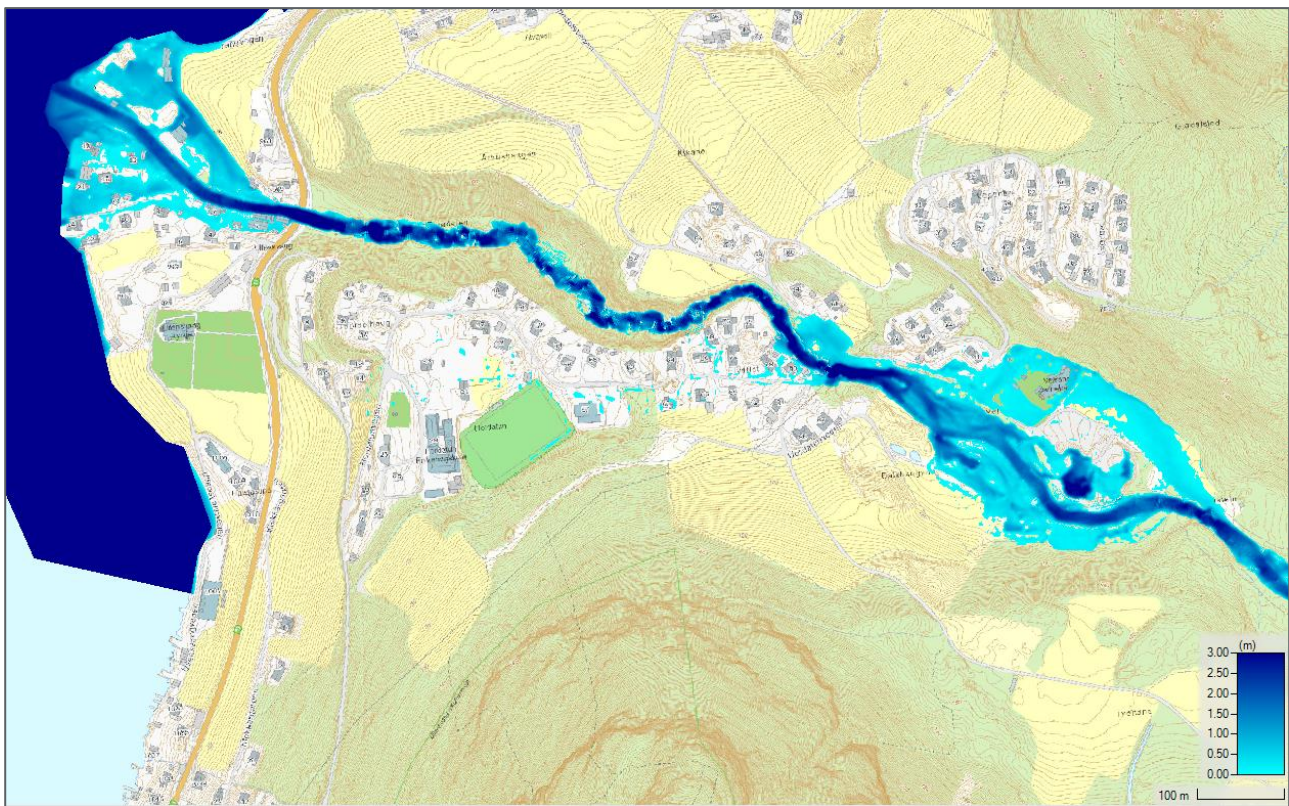
Figur 12 Beregnet flomsone (og vanddybde i m). 200-årsflom med klimapåslag.

5.3 Sikkerhetsklasse F3 – 1000-årsflom

Resultater for beregnet 1000-årsflom med 40 % klimapåslag er vist i Figur 13.

Hydraulisk simulering viser at vann renner ut av bekkeløpet ved Dalsbrua, samt nedstrøms bru over Rv.13. Vann som renner ut av elveløpet ved Dalbrua, renner tilbake til elven like nedstrøms brua. Ca. $7 \text{ m}^3/\text{s}$ vil renne ut av bekkeløpet ved Bråstein, og ned mot barnehagen. Vannhastigheten ved barnehagen vil være ca. $1 - 1,5 \text{ m/s}$.

Vannhastighet nedstrøms Dalsbrua vil være ca. $7-9 \text{ m/s}$.



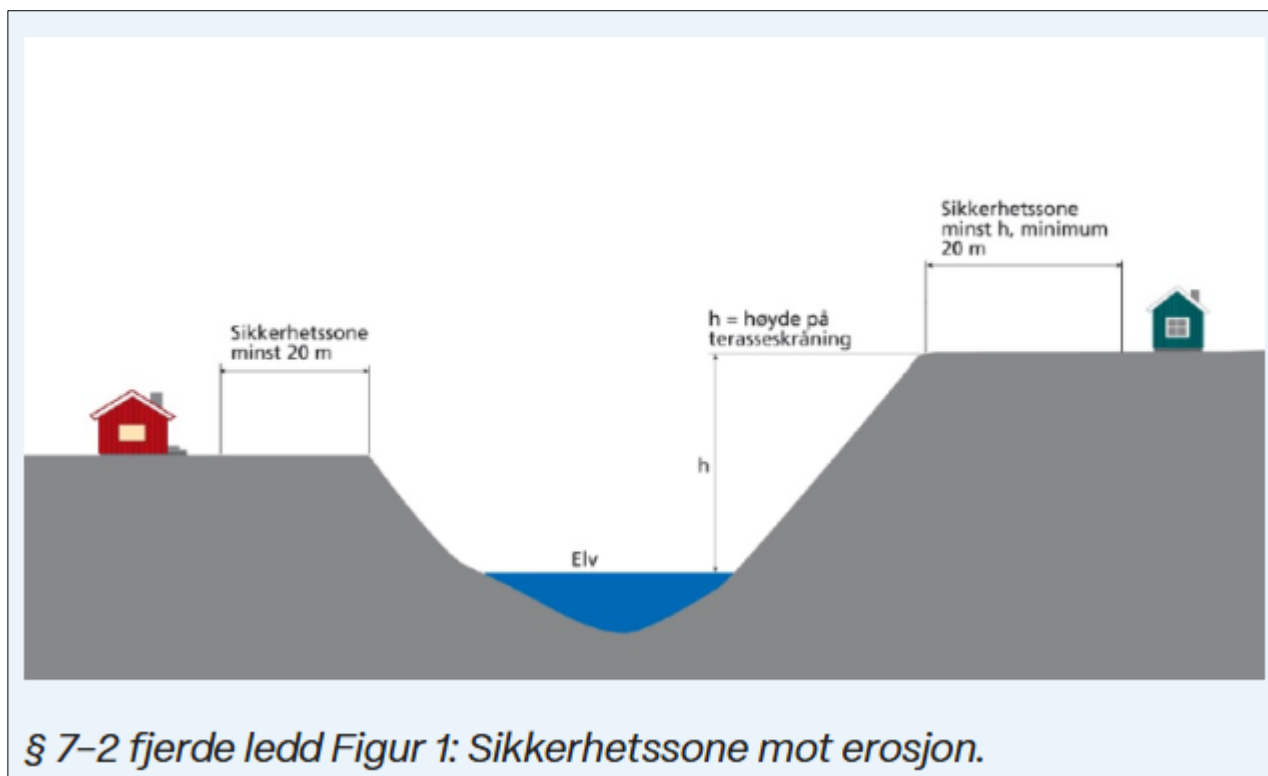
Figur 13 Beregnet flomsone (og vanndybde i m). 1000-årsflom med klimapåslag.

5.4 Fare for erosjon

Opo er et bratt vassdrag, og vannhastigheten i elven vil være stor. Ved vannføring over 20 års gjentaksintervall inkl. klimapåslag vil vannhastigheten enkelte steder være over 7 m/s.

Erosjon er en fremskridende prosess, og TEK17 § 7-2 stiller krav om at byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon. Dette kan gjøres enten ved erosjonssikring av skråning med fare for erosjon, eller plassering av byggverk i sikker avstand.

Figur 14 viser sikkerhetssone mot erosjon slik den fremkommer av TEK17 §7-2. Avstanden kan være mindre der elven sikres mot erosjon.



Figur 14 Sikkerhetssone mot erosjon, TEK17.

5.5 Sensitivitet og vurdering av usikkerhet

Det er stor usikkerhet knyttet til modellen, spesielt fordi terrenget er brattere enn det modellen er utviklet for.

I modellen er det simulert med rent vann, og effekten av sedimenttransport eller eventuelle flomskred er ikke hensyntatt. Sedimenttransport, erosjon og flomskred vil kunne bidra til hevet elvebunn, og fare for tilstopping av Dalsbrua. Stabilitet av bruer er ikke vurdert.

Dalsbrua er simulert uten brudekke. Brudekket er tynt, men vil kunne gi noe ytterligere oppstuvning på oppstrøms side enn det modellen viser. Det er vurdert at modellen likevel gir et godt bilde på flomsituasjonen ved Dalsbrua, da vann vil finne tilbake til elveløpet like nedstrøms Dalsbrua.

Usikkerhet på hydrologisk grunnlag

Det vil alltid være usikkerhet beheftet med beregning av flomvannføring. Usikkerheten er søkt minimert ved å benytte flere ulike metoder for beregning av flomstørrelsen. Usikkerheten er størst i bestemmelsen av kulminasjonsflommens størrelse.

En sensitivetsanalyse med 40% økt vannføring gir økning i flomvannstand på ca. 50 cm for 200-årsflom inkl. klimapåslag, og ca. 40 cm for 20-årsflom inkl. klimapåslag.

Det er også kontrollert sensitivitet med hensyn på Mannings tall i den hydrauliske modellen, der en variasjon fra 0,04 - 0,06 gir et utslag på vannstanden med 0,1-0,2 m ved 200-årsflom inkl. klimapåslag.

Usikkerhet på kart og terrenggrunnlag

Terrengdata kartlagt med luftbåren laser har de senere år gitt tilgang på betydelig bedre terrengdata for Norge enn det som var tilfellet for bare 10 år siden. Laserkartlagte data har likevel også sine begrensninger, blant annet kan ikke tradisjonell rød laser kartlegge terreng under vannflaten, og vegetasjon og løvverk vil redusere antallet registrerte punkt på reell terrengoverflate.

For Opo er det utført dronescanning ved 80 meter høyde. Terrenggrunlaget vurderes som godt.

Bruer er lagt inn i modellen basert på innmålte verdier.

Beregningskvalitet

Den hydrauliske beregningen forholder seg til terrenget slik det var på scanningstidspunktet. Eventuell erosjon/ sedimentasjon i vassdraget i tiden etter scanning, eller det som oppstår under en flomhendelse, samt forhold knyttet til tilstopping, is eller grunnforhold/ skred, er ikke hensyntatt i beregningen.

5.6 Fastsettelse av sikker byggehøyde

For alle byggesaker anbefales et vertikalt sikkerhetspåslag som fastsettes ved å øke vannføringen med prosentvise påslag. Størrelsen på dette påslaget avhenger av kvaliteten på det hydrologiske grunnlaget, og kalibreringsnivået til den hydrologiske modellen.

- Det hydrologiske grunnlaget vurderes som brukbart, men med store gradienter i spesifikke flomstørrelser. Det hydrologiske grunnlaget vurderes derfor å være i klasse 3.
- Den hydrauliske modellen er ikke tilpasset mot en målt vannlinje, men følsomhetsanalyse viser små endringer i vannstand, og terrengdata er gode. Den hydrauliske modellen vurderes derfor å være i klasse C-D.
- Dette gir et prosentvis påslag i vannføring på 40 %, som gir ca. 0,5 m økning i flomvannstanden i elven ved 200-årsflom inkl. klimapåslag, og ca. 0,4 m økning ved 20-årsflom inkl. klimapåslag.

Basert på dette anbefales et sikkerhetspåslag på 0,5 meter for tiltak i klasse F2, og 0,4 meter for tiltak i klasse F1. For eventuelle tiltak i sikkerhetsklasse F3 må sikkerhetspåslag vurderes særskilt.

Klassifisering og sikkerhetspåslag er oppsummert i Tabell 11.

Tabell 11 Sikkerhetspåslag

Hva	Klasse / faktor / nivå
Klassifisering av kalibreringsnivå	Klasse C-D
Klassifisering av flomberegning	Klasse 3
Prosentvis påslag på flomberegning	40 % økt vannføring
Beregnet vertikal sikkerhetsmargin	0,5 meter (F2) 0,4 meter (F1)
Sikker byggehøyde for F1	Se Vedlegg 4
Sikker byggehøyde for F2	Se Vedlegg 5
Sikker byggehøyde for F3	Se Vedlegg 6

6 Konklusjon og anbefalinger

Flomvannføring er beregnet for 20-, 200-, og 1000-årsflom inkl. 40 % klimapåslag.

Hydraulisk simulering av ulike flomvannføringer viser at vannhastigheten i elven nedstrøms Dalsbrua vil være ca. 7 – 9 m/s. Det vil dermed være fare for erosjon, og det bør vurderes om elven skal erosjonssikres. Uten erosjonssikring må nye tiltak etableres med en sikkerhetssone som vist i Figur 14.

Følgende kritiske punkter er funnet:

- Ved Bråstein vil noe vann (ca. 1 m³/s) renne ut av elveløpet ved 200-årsflom inkl. klimapåslag. Vannet vil fordele seg utover dyrket mark, og noe vann vil renne ned mot barnehagen. Ved 1000-årsflom inkl. klimapåslag vil ca. 7 m³/s renne ut av elven ved Bråstein. Vannhastighet ved barnehagen vil være ca. 1 – 1,5 m/s.
- Dalsbrua har ikke kapasitet til vannføring over 20-årsflom inkl. klimapåslag. Vann vil renne ut av elven oppstrøms brua, men finner veien tilbake til elveløpet like nedstrøms bru. Det bør vurderes å øke tverrsnitt under bru.
- Også nedstrøms Rv. 13 vil vann renne ut av elveløpet.

Tiltak skal ifølge TEK17 ligge flomsikkert både mot vassdragsflom og stormflo. Flomsonekart for ulike sikkerhetsklasser finnes i Vedlegg 4 – 6.

Følgende er ikke inkludert i denne vurderingen:

- Bølgeoppskylning.
- Overvannshåndtering. Eventuelle punktutslipp i elven må erosjonssikres.
- Massetransport og eventuell fare for flomskred.
- Stabilitet for de to bruene innenfor analyseområdet.

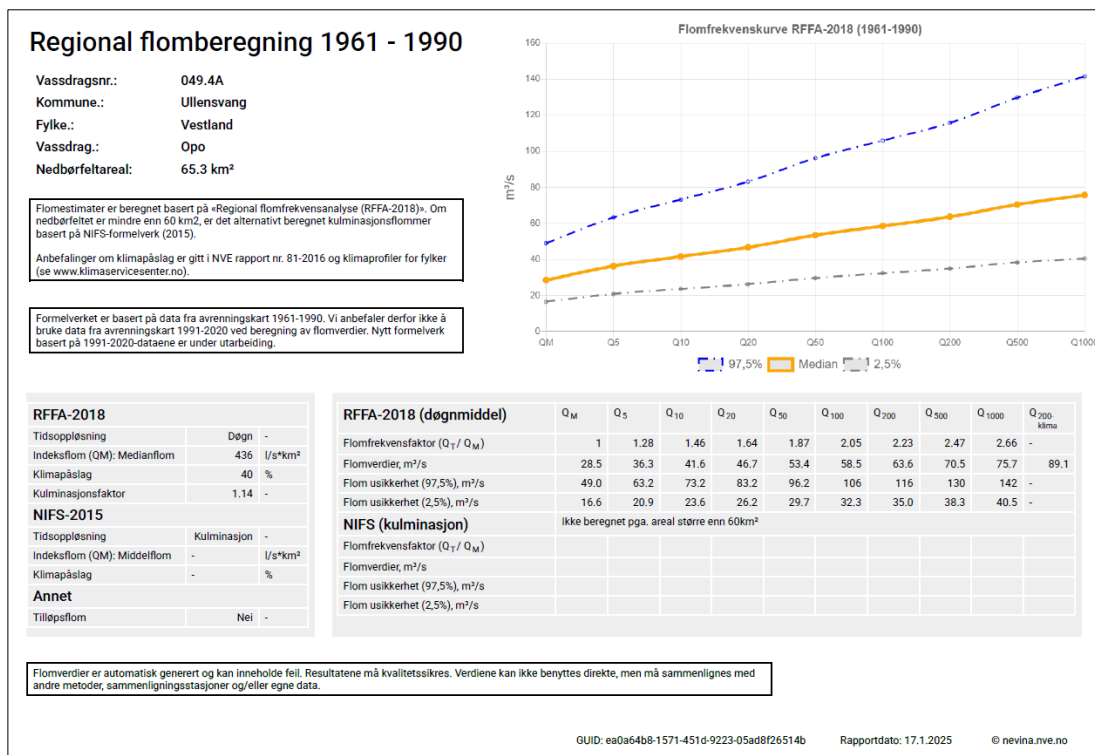
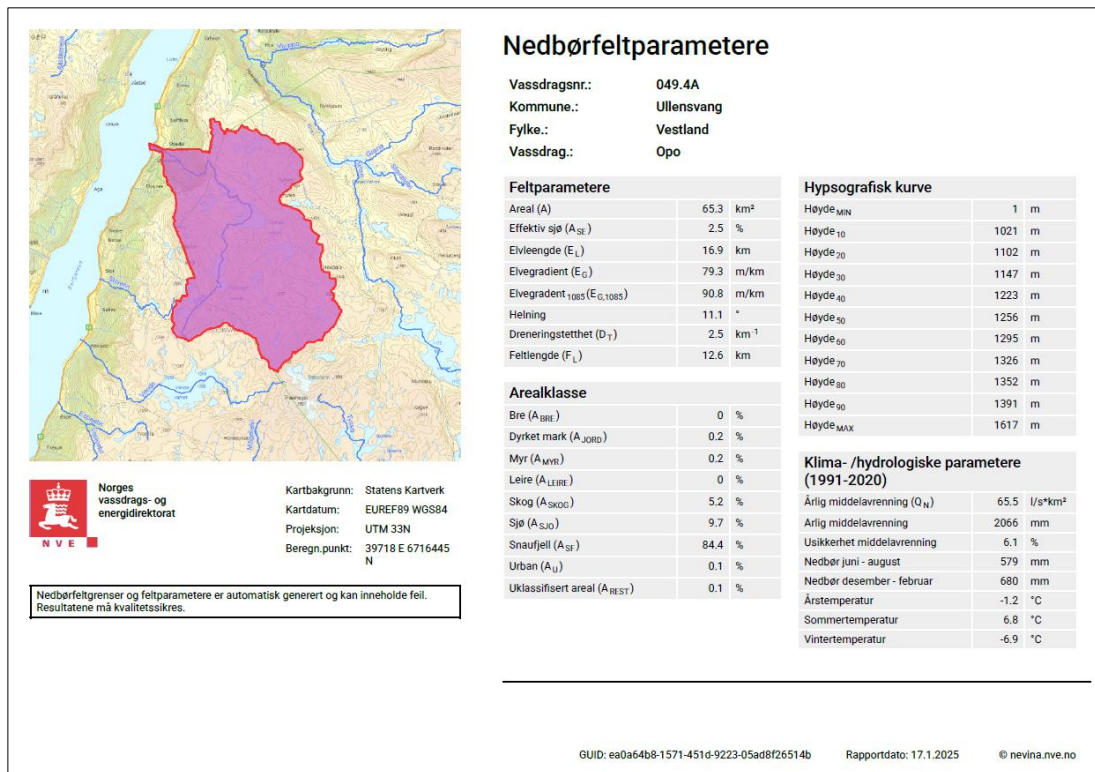
7 Referanser

1. DSB (2024). *Havnivåstigning og høye vannstander i samfunnsplanlegging*.
2. NVE (2022). *Veileder for flomberegninger*. Nr. 1/2022.
3. NVE (2022). *Sikkerhet mot flom – Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*. Nr. 3/2022.
4. Norconsult (2025). *Vurdering i forbindelse med ekstremværet «Jakob» - Opo, Lofthus*. 52307083-NOT-03.

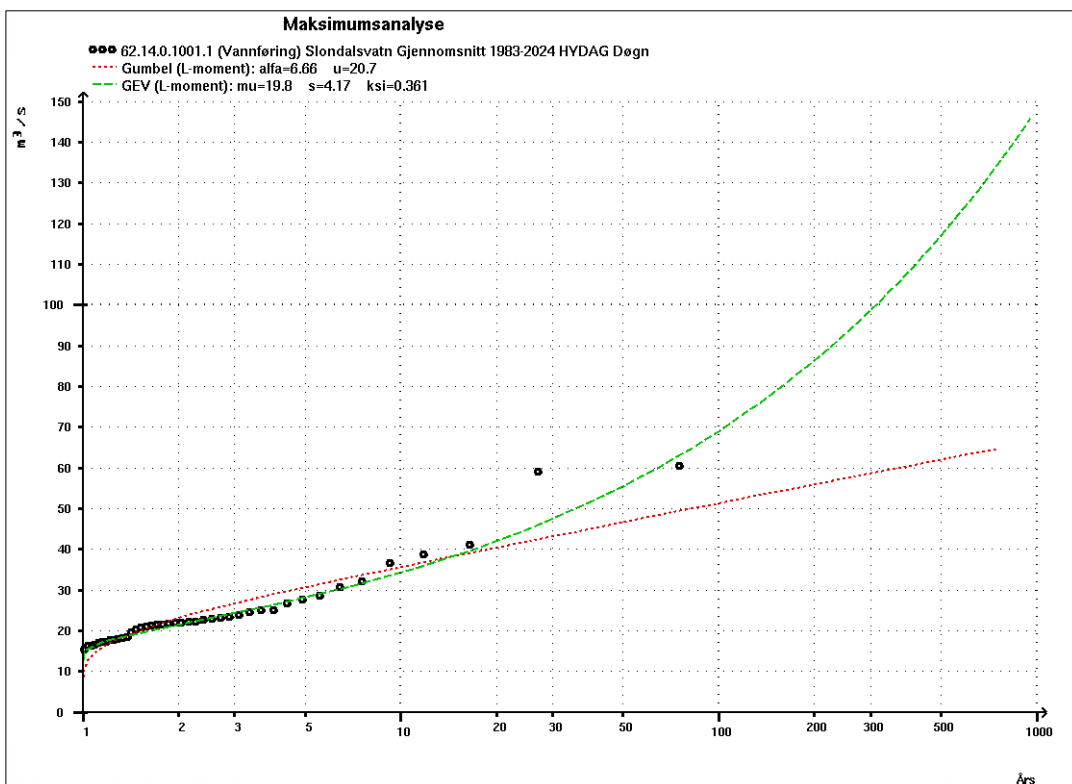
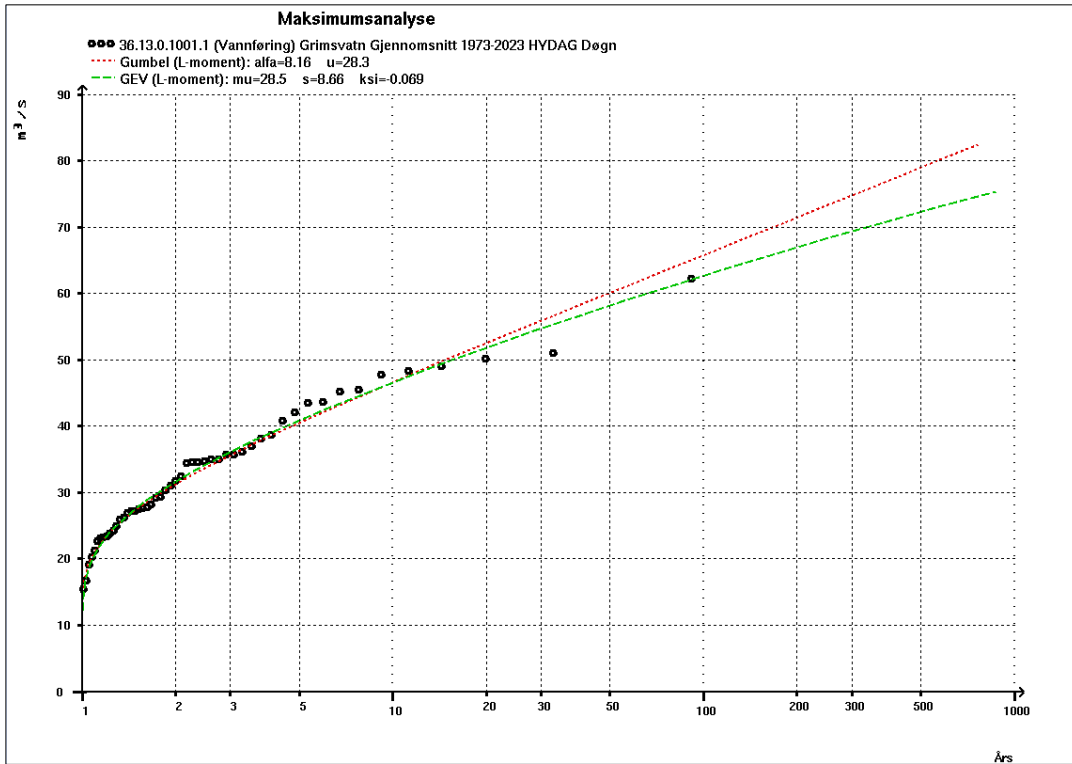
8 Vedlegg

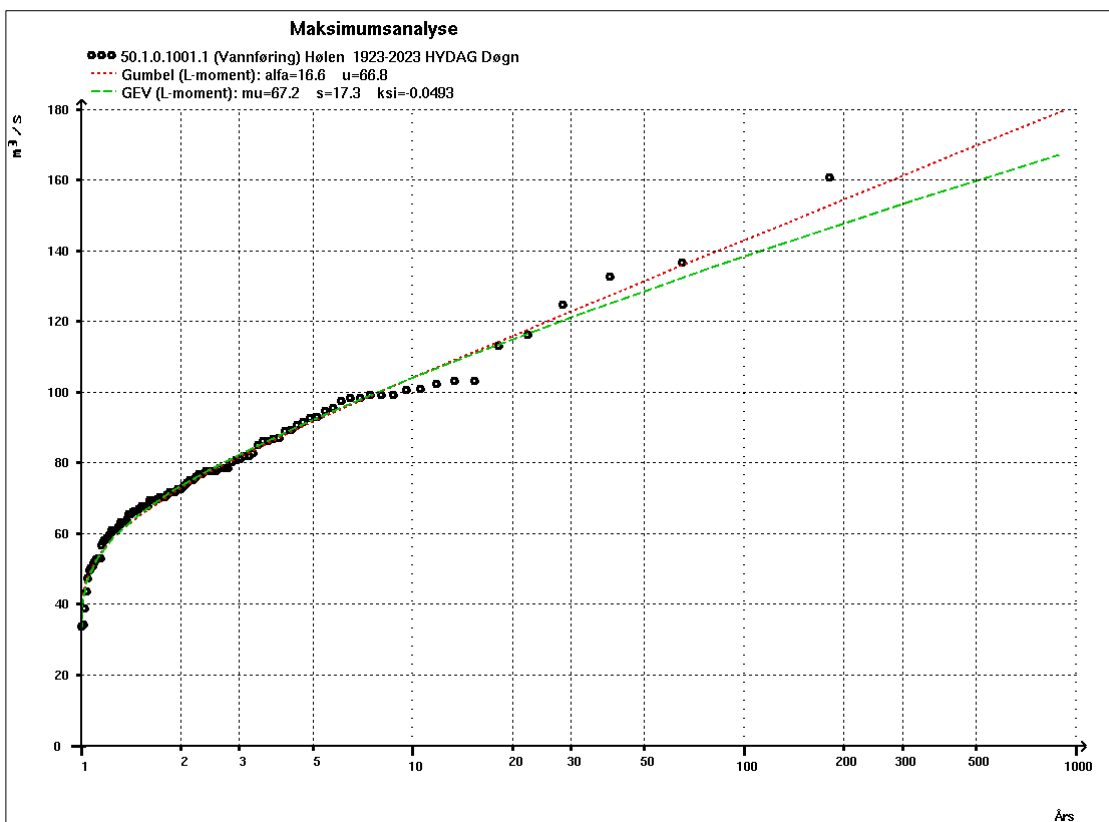
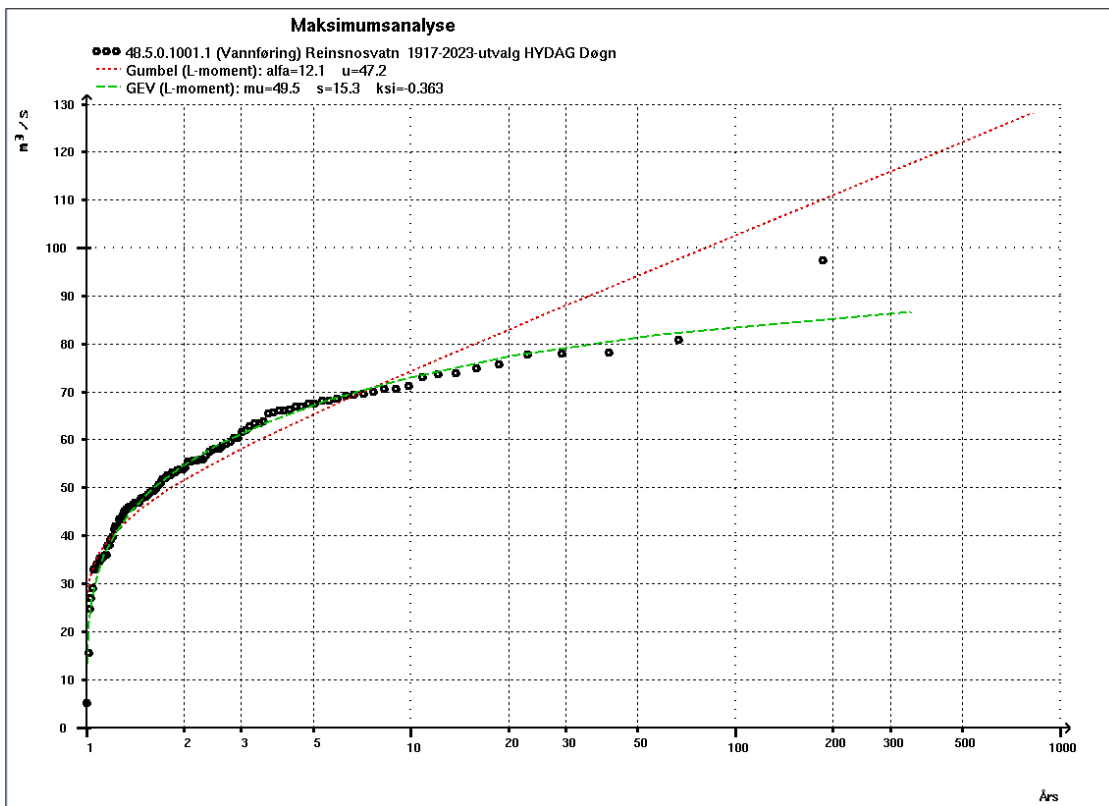
1. Nevina flomindeksrapport
2. Frekvensplott
3. Stormflo
4. Flomsonekart F1 – 20-årsflom inkl. klimapåslag
5. Flomsonekart F2 – 200-årsflom inkl. klimapåslag
6. Flomsonekart F3 – 1000-årsflom inkl. klimapåslag
7. Vannhastighet 200-årsflom inkl. klimapåslag

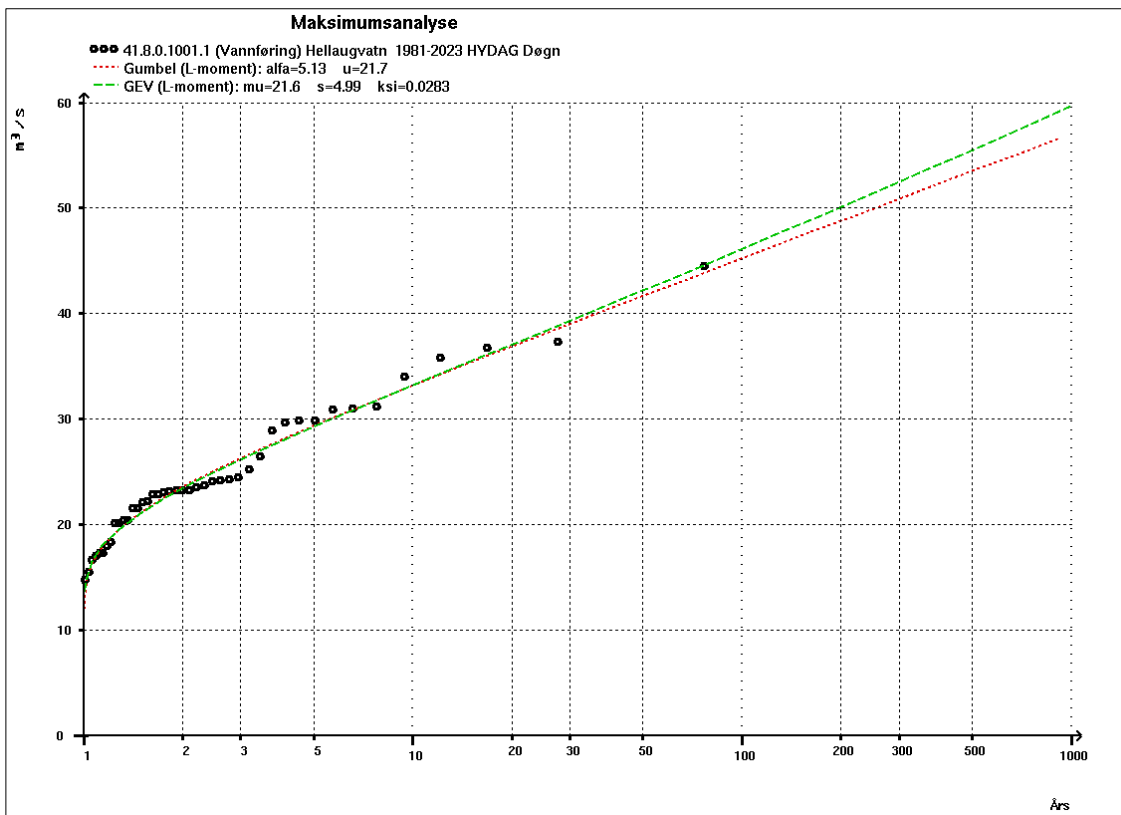
Vedlegg 1 – Nevina-rapport



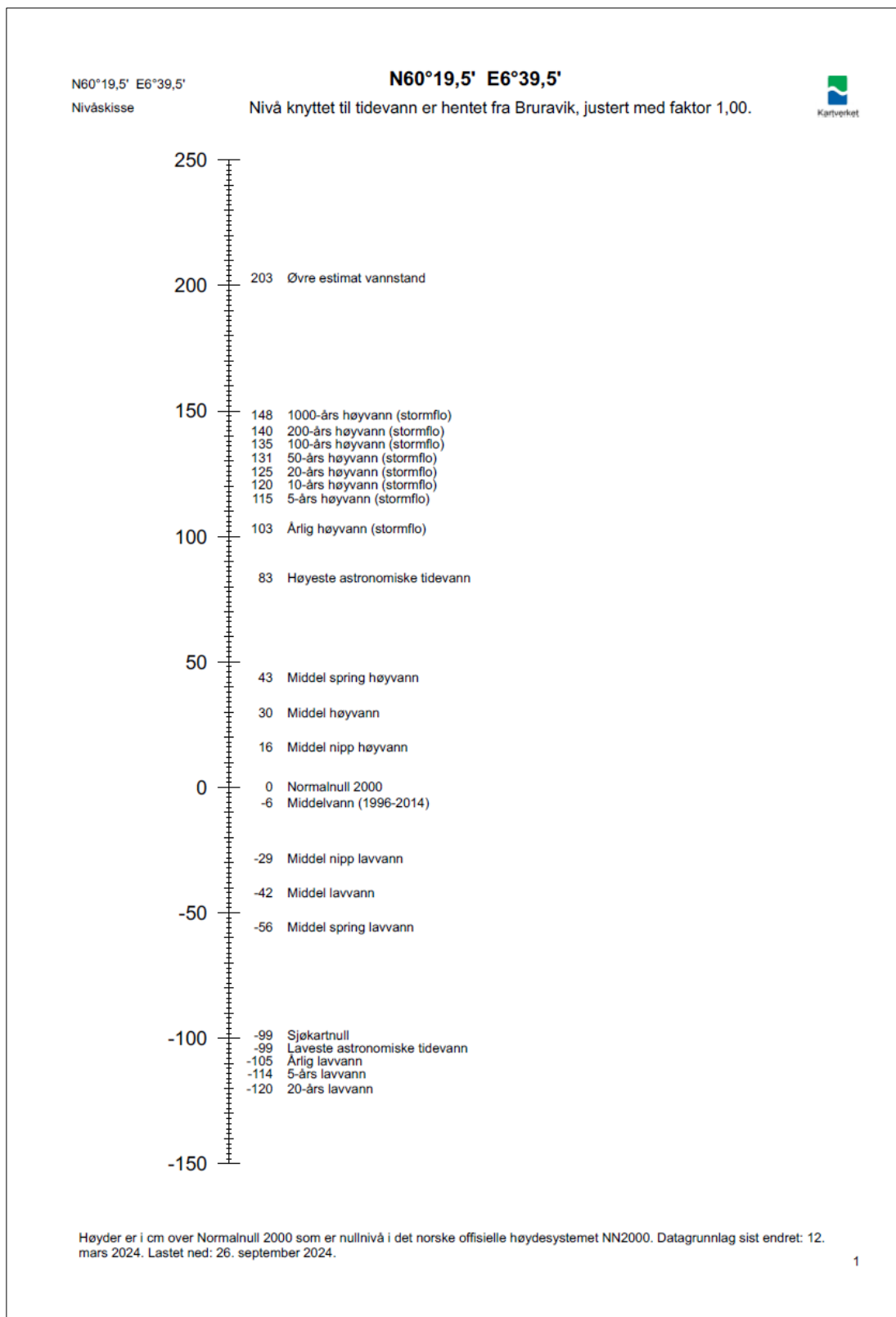
Vedlegg 2 – Frekvensplott



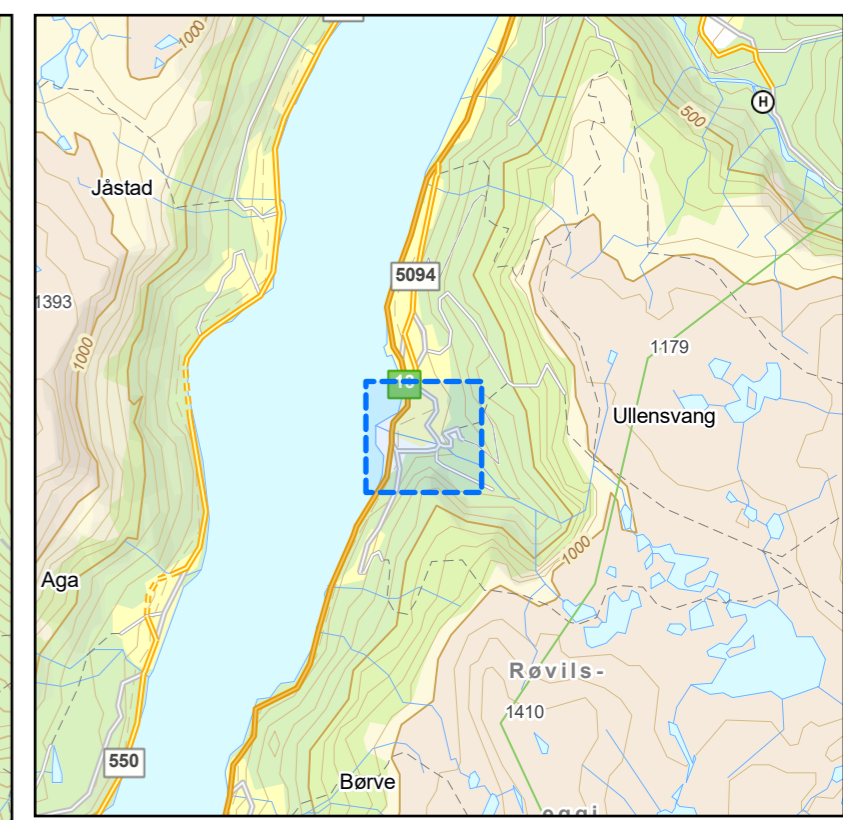
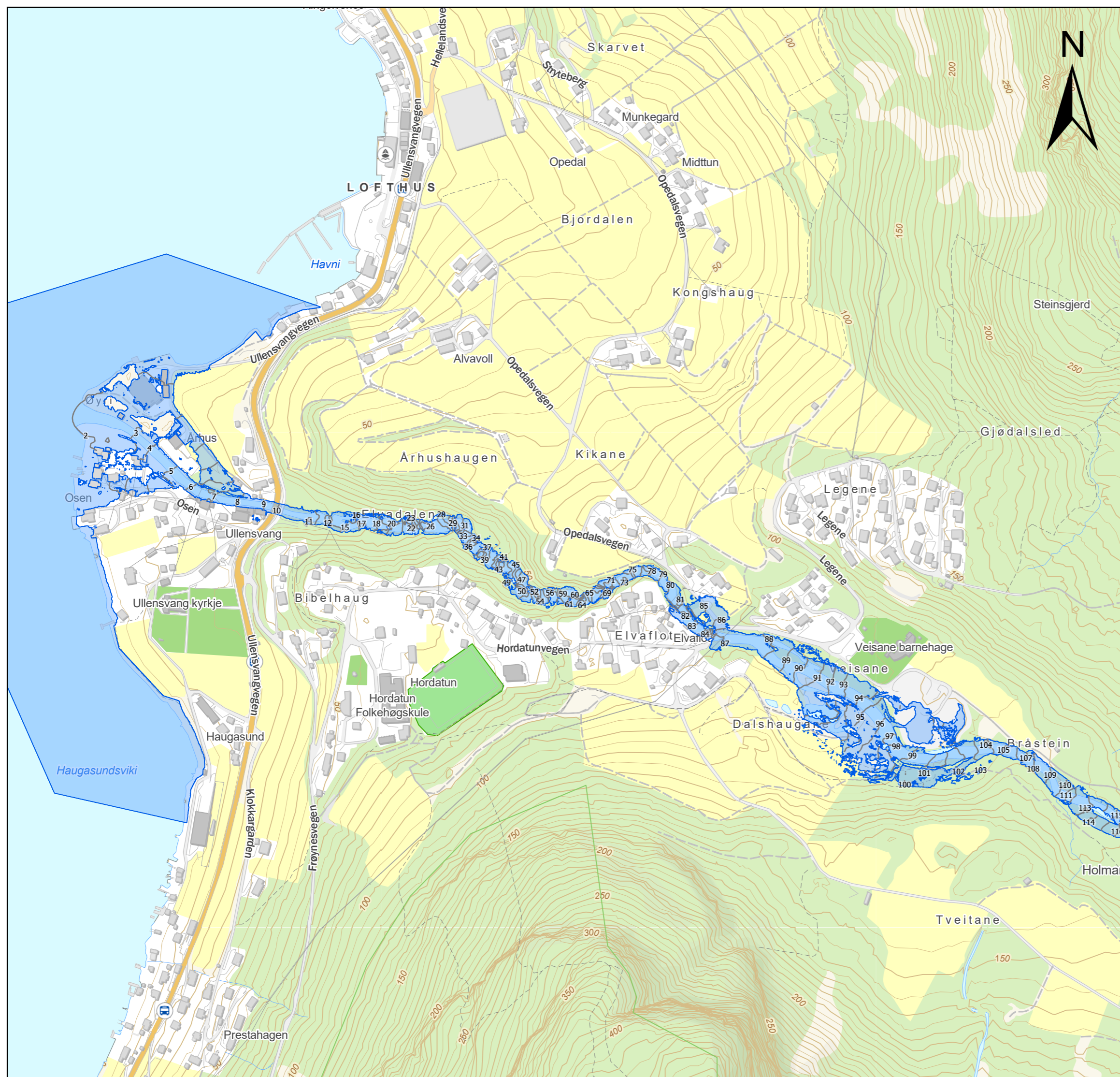




Vedlegg 3 – Stormflo

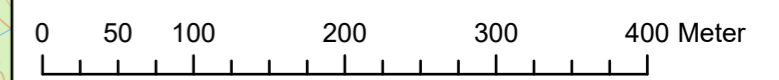


Scenarioer	År 2100	År 2150
SSP 3-7.0 Middels faglig sikkerhet	45 cm (20 — 74 cm)	71 cm (28 — 128 cm)
SSP 1-2.6 Middels faglig sikkerhet	24 cm (2 — 50 cm)	28 cm (-8 — 70 cm)
SSP 1-1.9 Middels faglig sikkerhet	18 cm (-7 — 47 cm)	25 cm (-17 — 72 cm)
SSP 2-4.5 Middels faglig sikkerhet	36 cm (14 — 62 cm)	54 cm (15 — 102 cm)
SSP 5-8.5 Middels faglig sikkerhet	55 cm (29 — 88 cm)	88 cm (40 — 153 cm)
SSP 1-2.6 Lav faglig sikkerhet	23 cm (-3 — 50 cm)	28 cm (-9 — 70 cm)
SSP 5-8.5 Lav faglig sikkerhet	65 cm (28 — 108 cm)	154 cm (39 — 462 cm)

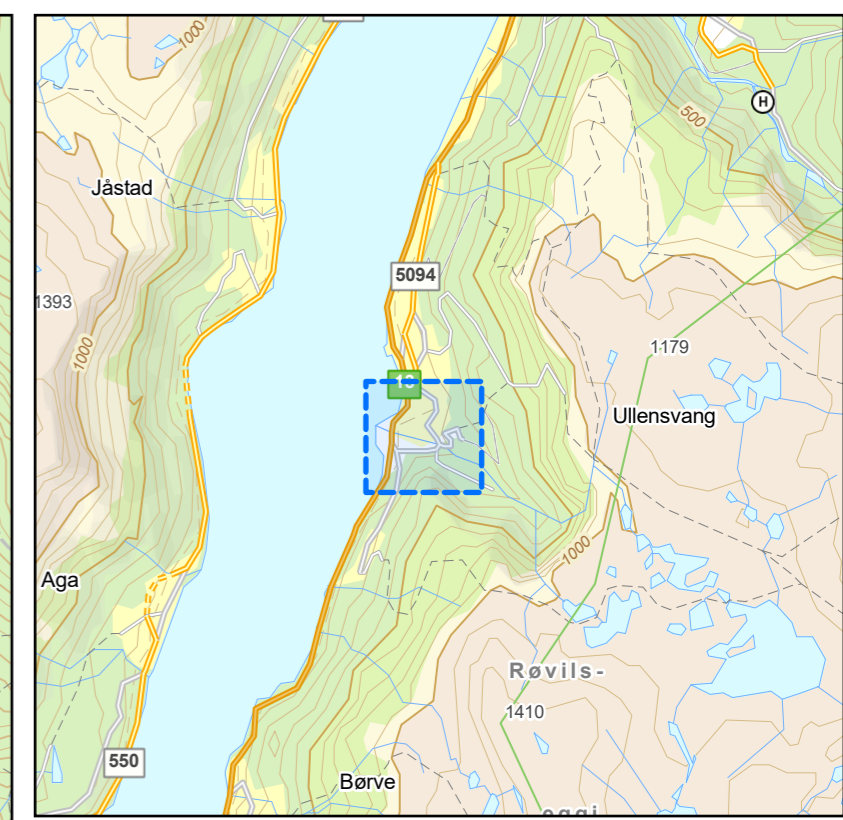
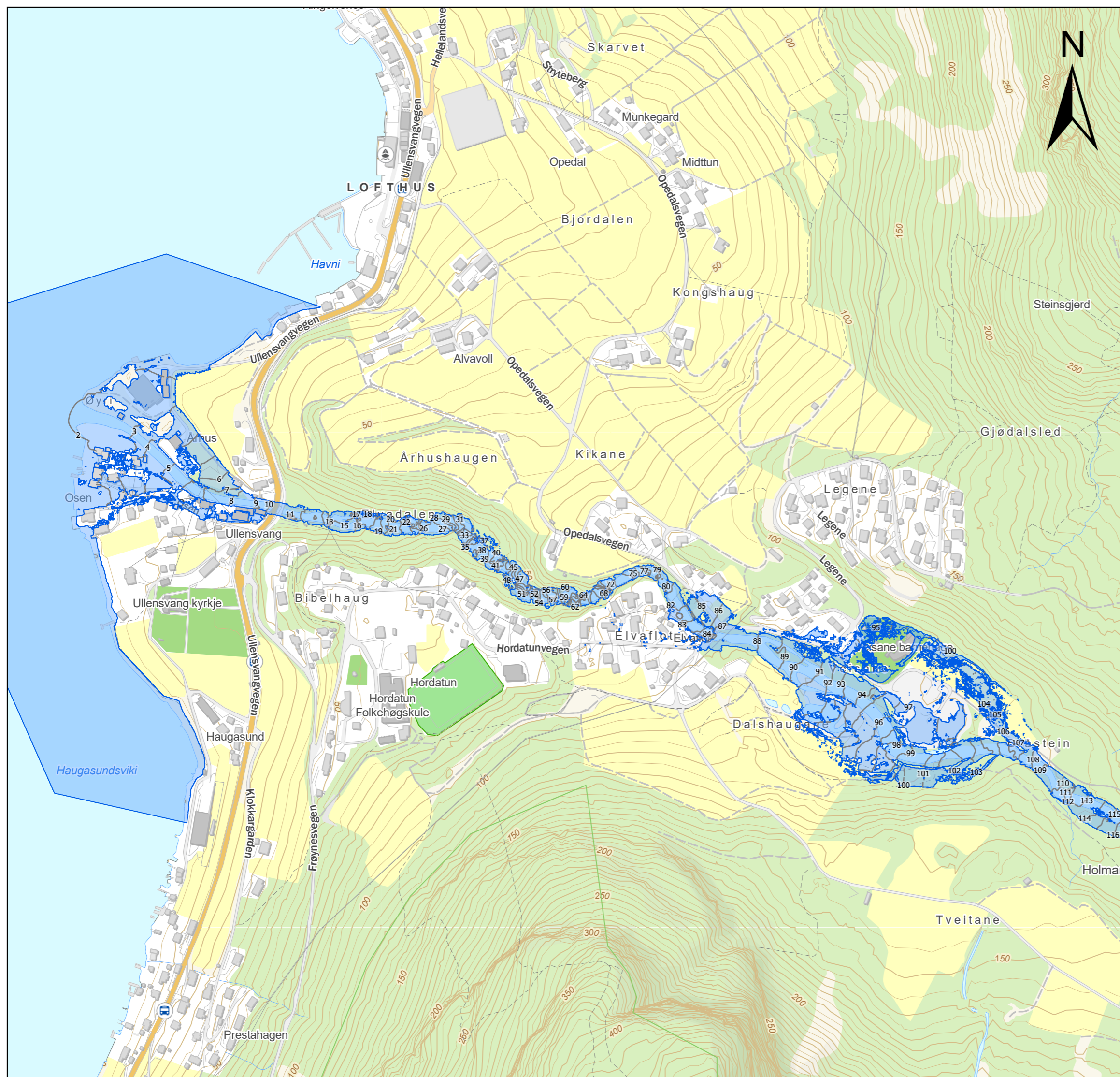


Tegnforklaring

- Flomsone 20-årsflom inkl. klimapåslag
- Vannstand 20-årsflom (moh.)

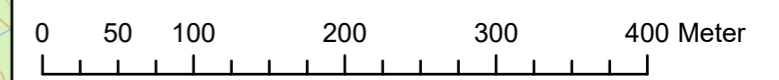


Prosjekteier: Ullensvang kommune		
Flomsonekart for Opo ved Lofthus i Ullensvang kommune		
Gjentaksintervall: 20-årsflom inkl. 40 % klimapåslag Vannføring i Opo: 111 m ³ /s		
Det skal legges til et usikkerhetspåslag på 0,4 m.		
Vannstand ved 20 års stormflo inkl. klimapåslag: 2,0 moh.		
Målestokk: 1:5 000	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult	Oppdragsnummer: 52409871	Dato: 14-02-2025

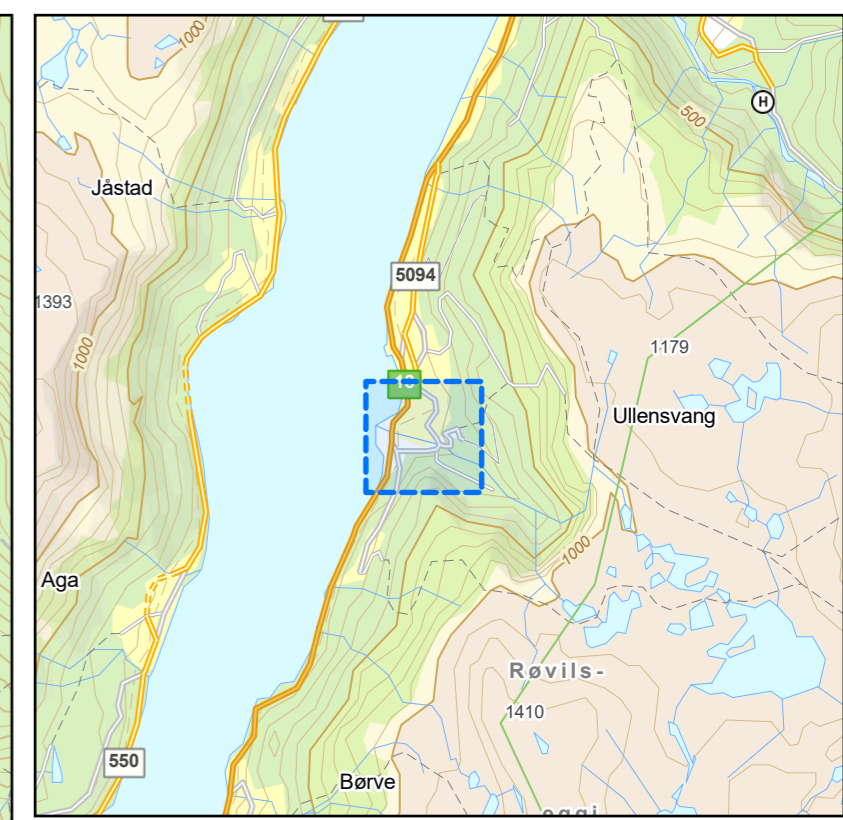
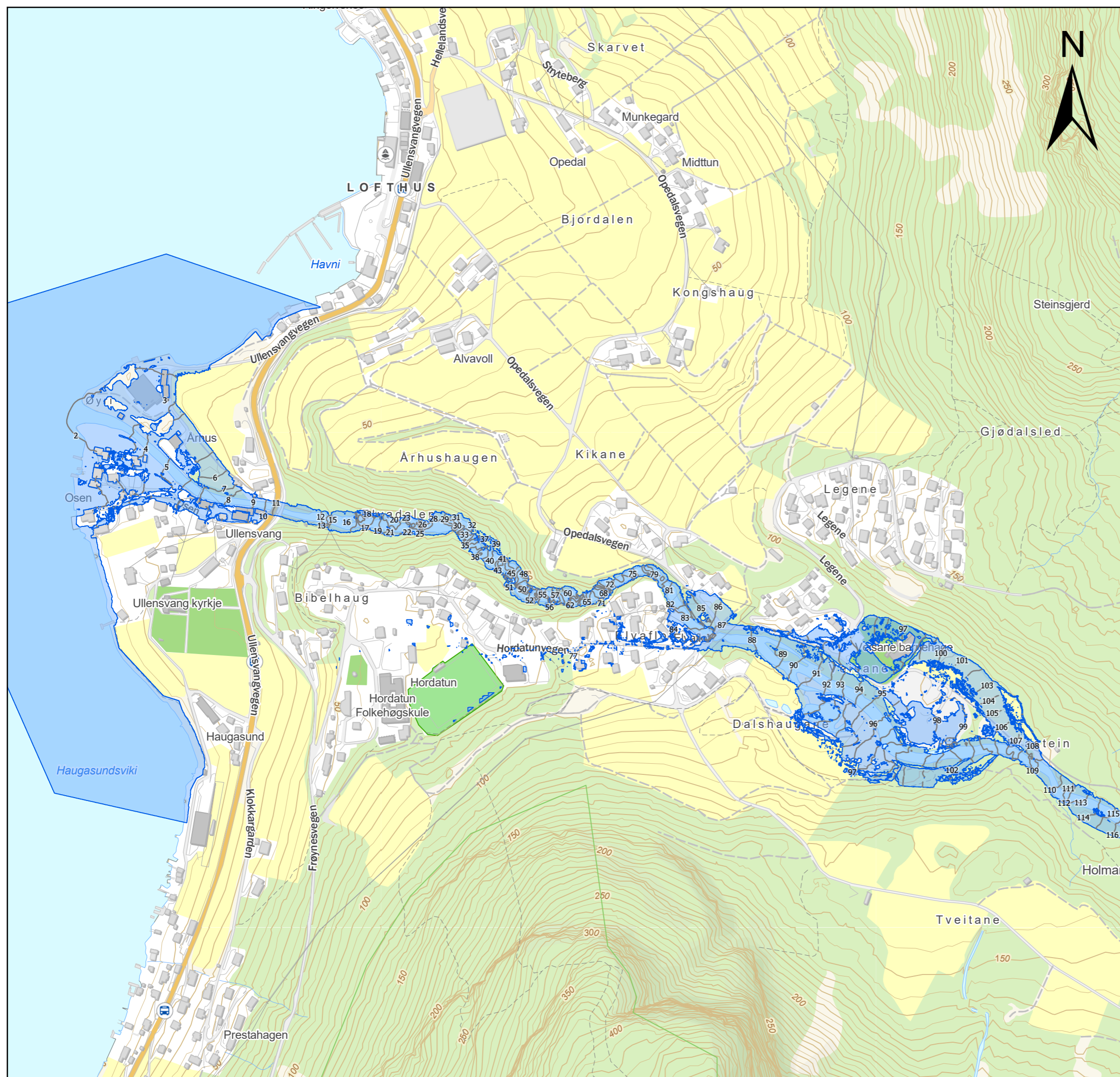


Tegnforklaring

- Flomsone 200-årsflom inkl. klimapåslag
- Vannstand 200-årsflom (moh.)



Prosjekteier: Ullensvang kommune		
Flomsonekart for Opo ved Lofthus i Ullensvang kommune		
Gjentaksintervall: 200-årsflom inkl. 40 % klimapåslag Vannføring i Opo: 151 m ³ /s		
Det skal legges til et usikkerhetspåslag på 0,5 m.		
Vannstand ved 200 års stormflo inkl. klimapåslag: 2,2 moh.		
Målestokk: 1:5 000	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult 	Oppdragsnummer: 52409871	Dato: 14-02-2025



Tegnforklaring

- Flomsone 1000-årsflom inkl. klimapåslag
- Vannstand 1000-årsflom (moh.)

0 50 100 200 300 400 Meter

Prosjekteier: Ullensvang kommune		
Flomsonekart for Opo ved Lofthus i Ullensvang kommune		
Gjentakintervall: 1000-årsflom inkl. 40 % klimapåslag Vannføring i Opo: 179 m ³ /s		
Usikkerhetspåslag vurderes særskilt for hvert enkelt tiltak.		
Vannstand ved 1000 års stormflo inkl. klimapåslag: 2,3 moh.		
Målestokk: 1:5 000	Koordinatsystem: UTM sone 32	Høydesystem: NN2000
Norconsult	Oppdragsnummer: 52409871	Dato: 14-02-2025

Vedlegg 7 – Vannhastighet 200-årsflom inkl. klimapåslag

