

Ørsta kommune

VURDERING AV FLOMFARE- B10 FREMRE MO

RAPPORT

Dato: 05.05.2020
Versjon: 01

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Ørsta kommune
Tittel på rapport:	Vurdering av flomfare – B10 Fremre Mo
Oppdragsnavn:	B10 Fremre Mo
Oppdragsnummer:	606432-58
Utarbeidet av:	Tony Zalik
Oppdragsleder:	Tony Zalik
Tilgjengelighet:	Åpen

Kort sammendrag

Det er utført kartlegging av flomfare langs bekken ved Fremre Mo i forbindelse med utbygging av nytt boligfelt. Det er også utført en kapasitetsvurdering av eksisterende kulvert og dimensjonering av ny kulvert under adkomstvei til boligfeltet. Beregningene viser at eksisterende kulvert har tilstrekkelig kapasitet og at ny kulvert må ha en min. dimensjon på 1200 mm. Beregnet flomsikkert nivå er vist i Tabell 4-1.

01	05.05.20	Vurdering av flomfare-B10 Fremre Mo	TZ	HMK
VERSJON	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KS

Forord

Asplan Viak har vært engasjert av Ørsta kommune for å gjennomføre kartlegging av flomfare langs bekken ved B10 Fremre Mo, i forbindelse med utbygging av nytt boligfelt.

Tony Zalik har vært oppdragsleder hos Asplan Viak. Beregninger og rapport er utarbeidet av Tony Zalik og kontrollert av Hege Merete Kalnes.

Molde, 05.05.2020

Tony Zalik
Oppdragsleder

Hege Merete Kalnes
Kvalitetssikrer

Innhold

1. INNLEDNING	4
2. FLOMBEREGNING.....	5
2.1. Nedbørfelt	5
2.2. Klimapåslag	5
2.3. Referansestasjoner	6
2.4. Flomfrekvensanalyse.....	8
2.5. NIFS-formelverk	10
2.6. Evaluering av flomberegninger	10
3. VANNLINJEBEREGNING	11
3.1. Hydraulisk modell	11
3.2. Friksjonsforhold	11
3.3. Grensebetingelser	11
3.4. Resultatet fra vannlinjeberegning.....	12
3.5. Dimensjonering av ny kulvert under adkomstvei.	16
3.6. Sensitivitetsanalyse	17
3.7. Flomsikkert nivå for sideareal	20
3.8. Økning i vannavføring grunnet utbygging.....	23
4. FLOMSONEKART	24
4.1. Bruk av Flomsonekart	24
5. DIMENSJONERING AV AVSKJÆRINGSGRØFT.....	25
6. KONKLUSJON OG ANBEFALINGER.....	26
KILDER	27
VEDLEGG.....	28

2. FLOMBEREGNING

Beregningene er utført i henhold til NVEs retningslinjer for flomberegninger (NVE, 4/2011), NVEs veileder for flomberegning i små nedbørfelt (NVE, 97/2015), og veilederen om tekniske krav til byggverk, TEK17 § 7-2. I henhold til TEK17 må bebyggelse plasseres sikkert med hensyn til flom eller annen fare knyttet til vassdrag, som isgang, erosjon, skred og masseavlgring. For sikkerhetsnivåer mot flom langs vassdrag, vises det til NVEs retningslinjer for planlegging og utbygging i faresoner langs vassdrag (NVE-veileder nr. 1/2008). Sikkerhetsnivåene for flom i NVEs retningslinjer utfyller sikkerhetskravene i TEK 17 med tilhørende veiledning. Sikkerhetsklasse mot flom for boligområder er F2, med krav om sikkerhet mot 200-års flom. Flomberegningene er basert på flomfrekvensanalyse med data fra målestasjoner i nærliggende vassdrag og flomformler for små nedbørfelt (NIFS-formelverk).

2.1. Nedbørfelt

Det er beregnet nedbørfelt til bekken rett nedstrøms byggefelt. Nedbørfeltet har blitt justert i areal pga. utbyggingen og er ca. 0,57 km² stort. Feltparametere for nedbørfeltene er vist i Tabell 2-1. Felt og feltparametere er beregnet ved bruk av NVEs program «NEVINA». Detaljert informasjon om feltparametere er vist i Vedlegg 1.

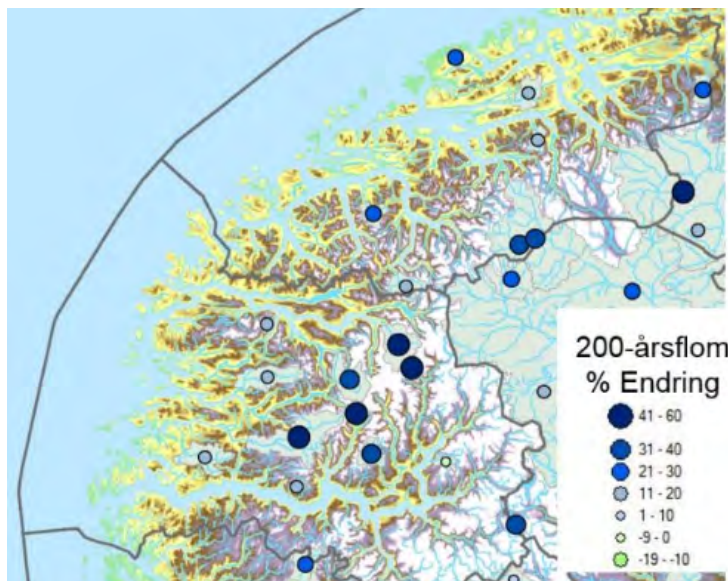
Tabell 2-1: Feltparametere for nedbørfeltet.

Felt	Feltareal km ²	Skog %	Dyrket mark %	Snaufjell %	Myr %	Eff. sjø %	q _N * l/s/km ²	H _{min} /H _{max} m.o.h	Median høyde m.o.h
Bekken	0,57	46,5	9,2	19,7	6,8	0,0	57,0	14/501	300

*Spesifikk middelavrenning beregnet fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-1990.

2.2. Klimapåslag

I henhold til NVEs «Klimaendring og framtidige flommer i Norge» (Lawrence, 2016), skal det for Møre og Romsdal legges til et klimapåslag på minst 20 % økning for alle nedbørfelt med areal < 100 km². Tre av målestasjonene som er brukt i rapporten til Lawrence (2016), ligger i nærheten av B10 Fremre Mo, se Figur 2-1. Forventet endring i flomstørrelser for disse stasjonene er ca. 20 %. Det er derfor valgt å bruke et klimatillegg på 20 % i denne beregningen.



Figur 2-1: Endring i 200-årsflom i fremtidig klima (Lawrence, 2016).

2.3. Referansestasjoner

Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføring i det aktuelle nedbørfeltet. Flomberegningen er derfor basert på dataserier fra målestasjoner i nærliggende vassdrag. Karakteristiske feltdata til utvalgte referansestasjoner er vist i Tabell 2-, oversikt over nærliggende målestasjoner er vist i Figur 2-2 og Hypsografisk kurve for stasjonene er vist i Figur 2-3.

Tabell 2-2: Feltparametere til referansestasjoner.

Målestasjon	Areal km ²	Skog %	Dyrket mark %	Snau fjell %	Myr %	Eff. sjø %	q _N [*] l/s/km ²	H _{min} /H _{max} m.o.h	Median høyde m.o.h
97.5.0 Sleddalen	9,3	27,9	2,5	64,2	3,5	0	73,8	318/1380	743
97.1.0 Fetvatn	89,1	37,0	4,4	48,3	0,6	1,5	89,0	1/1581	591
101.1 Engsetvatn	40	61,4	6,0	11,3	1,6	11,0	54,9	45/741	159
86.12.0 Skjerdalselv	24	14,6	0,0	59,4	0,3	1,1	118,8	291/1465	1045
98.4.0 Øye.ndf	139	18,1	2,4	65,2	0,4	0,26	61,4	147/1845	980
102.1 Hildreelv	14,4	27,9	0,7	29,4	0,9	1,9	46,9	36/784	318
90.1.0 Førdeelva	3,1	1,3	0,1	47,6	1,2	0,02	73,1	38/503	258

*Spesifikk middelavrenning beregnet fra NVE sitt avrenningskart for normalperioden 1961-1990.

Målestasjonen 97.5.0 Sleddalen, ligger ca. 22 km sørøst for nedbørfeltet til bekken. Sleddalen har høyere feltareal, høyere middelavrenning og samme effektiv sjøprosent sammenlignet med nedbørfeltet til bekken. Vannføringskurven på flom er vurdert som god, ifølge Hydra II.

Målestasjon 97.1.0 Fetvatn ligger ca. 28 km nordøst for nedbørfeltet til bekken. Fetvatn har høyere feltareal, høyere middelavrenning og litt høyere effektiv sjøprosent sammenlignet med nedbørfeltet til bekken. Vannføringskurven på flom er vurdert som god.

Målestasjon 101.1 Engsetvatn ligger ca. 45 km nordøst for nedbørfeltet til bekken. Engsetvatn har høyere feltareal, noe lavere middelavrenning og stor effektiv sjøprosent sammenlignet med nedbørfeltet til bekken. Vannføringskurven på flom er vurdert som god.

Målestasjon 86.12.0 Skjerdalselv ligger ca. 88 km sørvest for nedbørfeltet til bekken. Skjerdalselv har høyere feltareal, høyere middelavrenning og høyere effektiv sjøprosent sammenlignet med nedbørfeltet til bekken. Vannføringskurven på flom er vurdert som middels god.

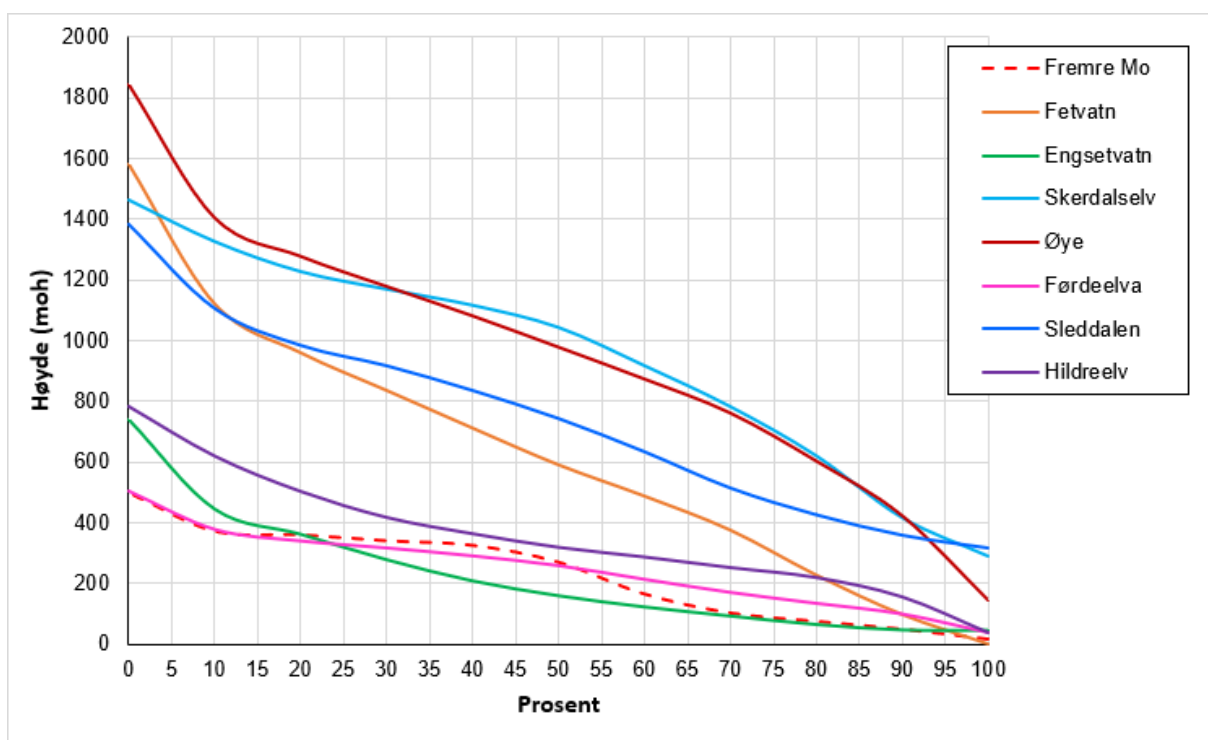
Målestasjon 98.4.0 Øye.ndf ligger ca. 44 km sørøst for nedbørfeltet til bekken. Øye.ndf har høyere feltareal, høyere middelavrenning og noe høyere effektiv sjøprosent sammenlignet med nedbørfeltet til bekken. Vannføringskurven på flom er vurdert som god.

Målestasjon 102.1 Hildreelv ligger ca. 45 km nordøst for nedbørfeltet til bekken. Hildreelv har høyere feltareal, lavere middelavrenning og høyere effektiv sjøprosent sammenlignet med nedbørfeltet til bekken. Vannføringskurven på flom er vurdert som middels god.

Målestasjon 90.1.0 Førdeelva ligger ca. 70 km sørvest for nedbørfeltet til bekken. Førdeelva har høyere feltareal, høyere middelavrenning og litt høyere sjøprosent sammenlignet med nedbørfeltet til bekken. Vannføringskurve på flom er vurdert som god.



Figur 2-2: Oversikt over nærliggende målestasjoner.



Figur 2-3: Hypsografiske kurver for nedbørfeltet til det aktuelle feltet og utvalgte målestasjoner. Kurven viser hvor stor prosentvis andel av det totale feltarealet som ligger over en gitt høyde.

2.4. Flomfrekvensanalyse

Det er utført flomfrekvensanalyse på nærliggende målestasjoner for å bestemme middelflom, Q_M , og vekstfaktorene Q_T/Q_M for beregningspunktene langs bekken. Tabell 2- gir beregnede spesifikke døgnmiddelverdier og vekstfaktorer beregnet fra data fra de aktuelle målestasjonene. Flomfrekvensanalysen er utført med beregningsprogram i NVEs database Hydra II.

Tabell 2-3: Flomfrekvensanalyse for aktuelle målestasjoner, døgnmiddelverdi.

Stasjon	Måle periode ant. år	Areal km ²	Q_M , døgn		Q_{200}/Q_M	Fordeling
			l/s.km ²	m ³ /s		
97.5.0 Sleddalen	22	9,3	795,7	7,4	1,42	GEV (max)
97.1.0 Fetvatn	73	89,1	768,0	68,43	3,09	GEV (max)
101.1 Engsetvatn	95	40,0	262,5	10,50	2,86	Gen-log (max)
86.12.0 Skjerdalselv	37	24	1007,1	24,17	2,23	GEV (max)
98.4.0 Øye.ndf	103	139	438,3	60,92	2,47	GEV (max)
102.1 Hildreelv	13	14,4	665,3	9,58	2,02	Gumbel (max)
90.1.0 Førdeelva	12	3,1	993,5	3,08	1,38	GEV (max)

Feltparameterne som effektiv sjøprosent, feltareal og middelvannføring har stor betydning ved valg av representative nedbørfelt for estimering av middelflom (NVE, 97/2015). Spesifikk middelflom varierer for stasjonene i området (Tabell 2-) i størrelsesorden fra 263 l/s/km² til 1007 l/s/km².

Nedbørfeltene som drenerer til målestasjonene Engsetvatn, Skjerdalselv og Hildreelv har stor effektiv sjøprosent noe som generelt medfører flomdempning. Disse stasjonene er derfor mindre egnet som referansestasjoner for bekken.

Målestasjon 90.1.0 Førdeelva har en måleserie på ca. 12 år, noe som kan gi store usikkerheter i beregningene. Denne stasjonen blir derfor ikke en del av videre vurdering.

Av de resterende nedbørfeltene, Sleddalen, Fetvatn og Øye.ndf, er det nedbørfelt 97.5.0 Sleddalen som er mest likt nedbørfeltet til bekken. Med en lik effektiv sjøprosent og en noe høyere middelvannføring, vil feltet samlet sett være mest representativt for dette feltet. Det er derfor brukt dataserier fra Sleddalen. Middelflom q_M for feltet til bekken settes derfor til 796 l/s/km². Ser en på de fem stasjonene med lengst observasjonsperiode er middelverdi for vekstkurven (Q_{200}/Q_M) lik 2,4.

Tabell 2-4: Beregnet 200-årsflom (døgnmiddel) basert på flomfrekvensanalyse.

Felt	Areal km ²	q_N l/s*km ²	Eff. sjø %	Q_M		Q_{200}/Q_M m ³ /s	Q_{200} m ³ /s
				l/s*km ²	m ³ /s		
Bekken	0,57	57,0	0,0	796	0,45	2,4	1,09

Flomfrekvensanalysen er utført på døgnmiddelverdier. Flommens kulminasjonsverdi kan estimeres fra forholdet mellom flommens kulminasjonsverdi (momentanverdi), Q_{mom} og døgnmiddel, $Q_{døgn}$.

I NVE (2011) er det utarbeidet ligninger som uttrykker en sammenheng mellom forholdet $Q_{mom}/Q_{døgn}$ og feltkarakteristika (feltareal og effektiv sjøprosent) for vår- og høstsesong. Formlene er:

$$\text{Vårflom: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 1.72 - 0.17 \cdot \log A - 0.125 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

$$\text{Høstflom: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 2.29 - 0.29 \cdot \log A - 0.270 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

Der A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent. Resultatene presenteres i Tabell 2-.

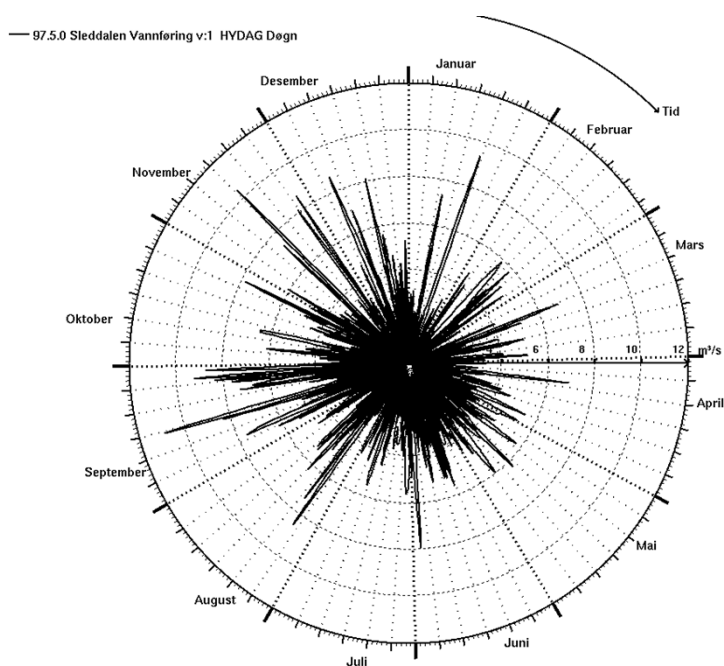
Polarplott i Figur 2-4, av dataserien til 97.5.0 Sleddalen, viser at de fleste flommene inntreffer om høsten. Forholdstall for høstflom er derfor benyttet videre. De beregnede kulminasjonsvannføringene er vist i Tabell 2-6.

Tabell 2-5: Forholdstallet mellom døgnmiddelflom og kulminasjonsflom for Vasselva nedbørfelt.

Felt	Areal km ²	Eff.Sjø, A_{SE} %	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$	
			Vår	Høst
Bekken	0,57	0,0	1,76	2,36

Tabell 2-6: Beregnet 200-årsflom basert på flomfrekvensanalyse.

Felt	Areal km ²	Q_M		$Q_{\text{mom}}/$ $Q_{\text{døgn}}$	$Q_{200, \text{døgn}}$ m ³ /s	$Q_{200, \text{mom}}$ m ³ /s	$1,2 \times Q_{200}$ m ³ /s
		l/s.km ²	m ³ /s				
Bekken	0,57	796	0,45	2,36	1,09	2,57	3,1



Figur 2-4: Polarplott for 97.5.0 Sleddalen.

2.5. NIFS-formelverk

NVE har utviklet et nasjonalt formelverk for beregning av middelflom og vekstkurver for felt < 50 km² (NVE, 7/2015). Formelverket er basert på regresjonsanalyser, og er testet på over 4000 nedbørfelt. Inngangsparameterne til formelen er feltareal, midlere avrenning og effektiv sjøprosent. Det henvises til NVE (2015) for beskrivelse av formelverket. Formlene blir benyttet for nedbørfeltene når feltarealene er < 50 km².

Ved beregning av middelflom med formelverket er den spesifikke middelvannføringen (q_M) og dermed middelvannføringen i m^3/s en stor kilde til usikkerhet. Vekstkurven som fås fra formelverket vurderes som robust og lite sensitiv for lokale variasjoner. Den anbefales derfor som et generelt førstevalg (NVE, 97/2015).

Resultatene gitt av flomformlene fra NVE (7/2015) er vist i

Tabell 2-. Flomverdiene (medianverdi) er gitt som kulminasjonsverdier.

Tabell 2-7: Beregnet 200-årsflom basert på formelverk for små nedbørfelt, kulminasjonsverdier.

Felt	Areal km ²	q_N l/s*km ²	Q_M		Q_{200}/Q_M	Q_{200} m ³ /s	$1,2xQ_{200}$ m ³ /s
			l/s*km ²	m ³ /s			
Bekken	0,57	57,0	1723	0,98	2,57	2,53	3,0

2.6. Evaluering av flomberegninger

Tabell 2-8 viser en sammenstilling av beregnede flomverdier med de ulike metodene, og hvilken flomverdi som er benyttet videre ved beregning av vannlinje. For feltet til bekken er det valgt å bruke verdier beregnet med Flomfrekvensanalyse (konservativt).

Tabell 2-8: Sammenstilling av beregnede verdier for 200-årsflom i m^3/s (momentanverdi med klimatillegg).

Bekken	$1,2xQ_{200}$ (m ³ /s)
Flomfrekvensanalyse	3,1
NIFS-formelverk	3,0
Verdi for videre bruk	3,1

3. VANNLINJEBEREGNING

3.1. Hydraulisk modell

Det er benyttet modelleringsprogrammet HEC-RAS 5.0.7 for de hydrauliske beregningene. Modellen er satt opp som en 1D hydraulisk modell. Det er benyttet laserdata til å generere en terrengmodell i HEC-RAS.

3.2. Friksjonsforhold

Området som er kartlagt, er i hovedsak skog og dyrket mark. Elvebunnen består i hovedsak av middels store steiner og små kulper. Basert på dette, er friksjonsfaktoren (Mannings n) for elveløpet satt til 0,035. Sidearealet bestående av skog har friksjonsfaktor 0,1 og dyrket mark 0,03.



Figur 3-1: Bilder av bekken gjennom området. Foto: Ørsta kommune.

3.3. Grensebetingelser

Oppstrøms grensebetingelser er satt til normalstrømning, og nedstrøms grensebetingelse er satt til normalstrømning.

3.4. Resultatet fra vannlinjeberegning

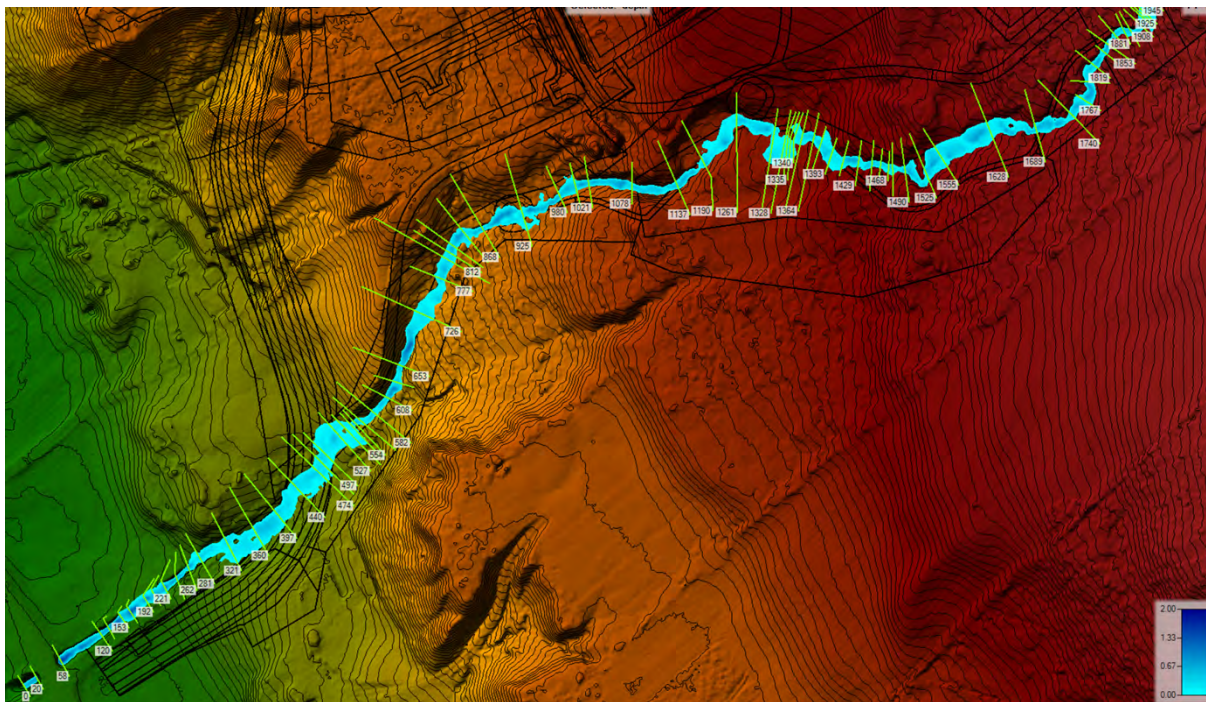
Vannlinje ved 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag for profiler 20 – 2786 er vist i Tabell 3-1. Profilene er vist på Figur 3-2 og Figur 3-3 nedenfor.

Tabell 3-1: Beregnede vannstander og vannhastigheter ved tverrprofilene (Profil 20 til Profil 2786). Høydereferanse NN2000.

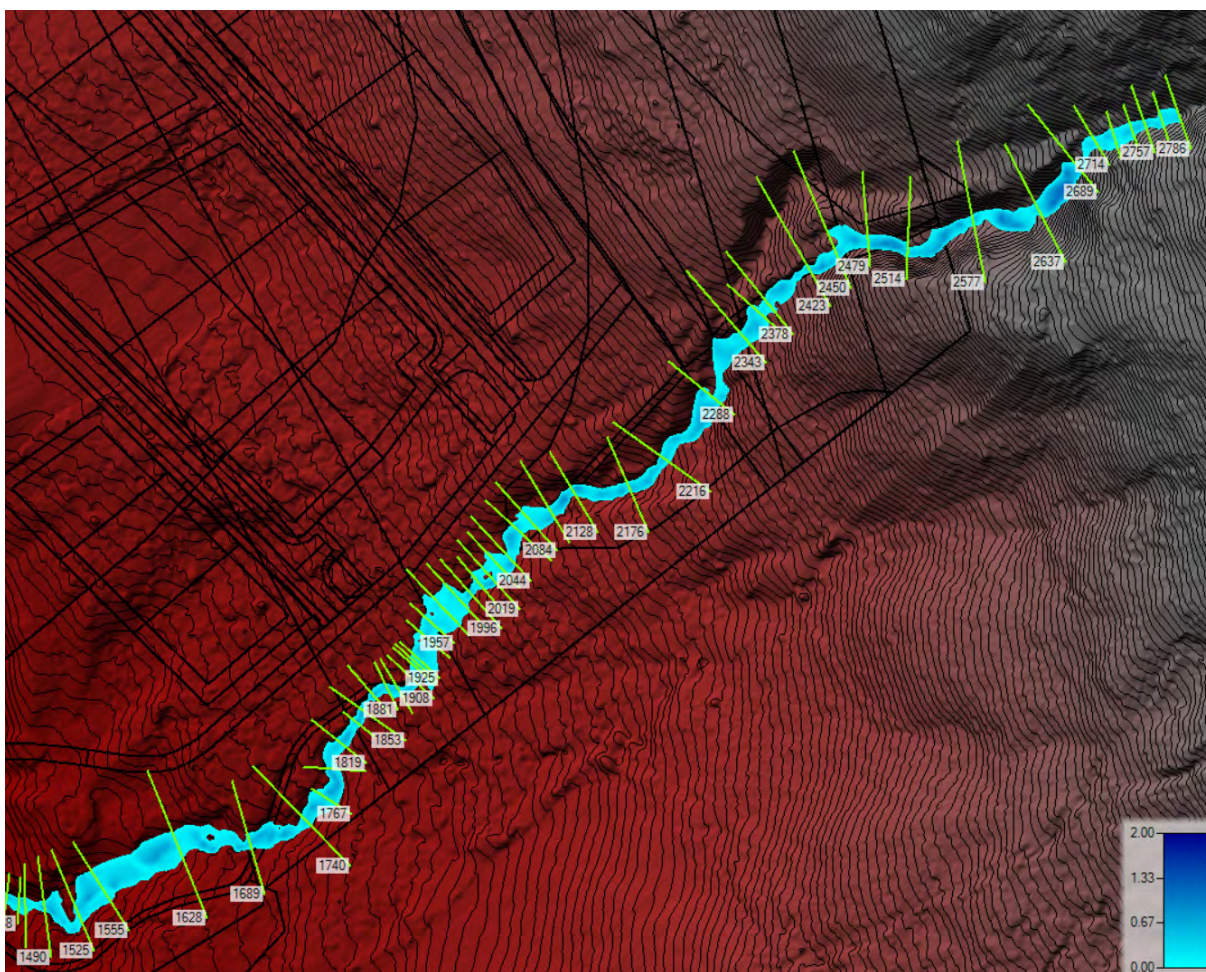
Profil	200-årsflom inkludert klimatillegg	
	Vannlinje [moh]	Vannhastighet [m/s]
2786	120.16	3.51
2771	119.16	4.4
2757	117.64	5.41
2745	117.26	4.26
2730	115.99	4.79
2714	114.04	5.2
2689	110.89	5.47
2637	105.66	4.98
2577	101.33	4.62
2514	97.38	4.63
2479	96.2	3.48
2450	93.96	4.88
2423	91.64	5.05
2378	88.51	4.41
2366	87.82	3.74
2343	85.66	4.58
2288	81.42	3.95
2216	77.23	4.1
2176	74.97	4.67
2128	73.17	3.84
2102	72.04	4.12
2084	71.47	3.05
2070	70.65	3.62
2044	69.88	3.3
2031	69.63	2.58
2019	68.98	3.26
2008	68.62	3.15
1996	67.77	4.2
1986	68.14	1.75
1971	67.32	3.5
1957	66.67	3.04
1945	66.31	2.87
1925	65.81	2.53
1921	65.74	2.38
1918	65.67	2.68
1908	64.95	4.25

Profil	200-årsflom inkludert klimatillegg	
	Vannlinje [moh]	Vannhastighet [m/s]
1890	64.15	4.25
1881	64.2	2.95
1868	63.55	3.83
1853	63.11	3.87
1841	63.02	3.14
1819	61.97	4.09
1794	61.28	3.43
1767	60.69	2.67
1740	59.76	3.3
1689	58.79	2.7
1628	56.91	3.11
1555	54.67	2.19
1525	53.81	2.73
1490	52.26	4.09
1473	52	3.03
1468	51.54	3.78
1457	51.16	3.79
1446	50.58	4.19
1429	50.56	2.59
1409	49.7	3.55
1393	49.35	2.44
1376	48.83	2.75
1364	48.58	2.8
1349	48.06	3.29
1340	48.05	1.88
1335	47.92	2.01
1331	47.75	2.28
1328	47.62	2.38
1313	47.46	1.5
1261	45.96	3.36
1190	44.39	2.69
1137	43.43	2.98
1078	41.42	4.16
1021	39.1	4.18
1004	39.33	1.81
980	38.23	4.01
925	37.18	2.15
868	34.52	4.66
845	34.82	1.76
822	34.26	2.9
812	33.91	3.21

Profil	200-årsflom inkludert klimatillegg	
	Vannlinje [moh]	Vannhastighet [m/s]
803	33.8	2.56
777	32.76	3.45
726	31.95	1.9
653	27.98	6.02
632	28.36	2.58
608	26.87	4.76
582	25.53	4.58
562	24.97	3.36
554	24.34	4.19
548	24.73	1.81
540	24.37	2.43
527	23.74	2.48
497	22.67	2.28
486	22.22	2.56
474	21.91	2.41
440	21.23	2.17
397	20.04	2.7
360	19.21	2.2
321	18.59	1.42
281	17.34	3.74
262	16.46	4
241	15.57	4.42
221	16	1.43
205	15.95	1.45
192	15.83	1.83
167	15.45	0.87
153	15.28	1.89
133	14.42	3.87
120	14.3	3.27
58	14.43	0.98
39	kulvert	
20	13.64	2.72
0	12.99	3.79



Figur 3-2: Nedre bekk-Vannlinje for 200-års flom inkludert 20% klimapåslag. Fargeforklaring viser modellert vannstand i meter.



Figur 3-3: Øvre bekk -Vannlinje for 200-års flom inkludert 20% klimapåslag. Fargeforklaring viser modellert vannstand i meter.

3.5. Dimensjonering av ny kulvert under adkomstvei

Vannføringen gjennom innløpet på kulverten er bestemt av innløpshøyden (H) i forkant av kulverten. Gjennom en energibetraktning kan vannføringen gjennom innløpet beregnes etter formel 6.

$$Q = C \times A \times \sqrt{2gH} \quad (6)$$

Q er vannføringen, C er tapskoeffisient hentet fra CINTEF rapporten "Flomberegning og kulvertdimensjonering, 1992». A er tverrsnittarealet til innløpsåpningen, g er tyngdeakselerasjonen og H er innløpshøyden.

C er fra tabell 4.7 i SINTEF-rapporten funnet til å være 0,50 for sirkulær kulvert med loddrett frontmur. Vannføringen i kulverten er beregnet for en situasjon rett før vannet renner over inntakskonstruksjonen.

For en kulvert med diameter på 1,2 m og C-verdi lik 0,46 forekommer dette ved H=1,8 m. Kapasiteten på kulverten er:

$$Q = 0,46 \times 1,13 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,8} = 3,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.6. Sensitivitetsanalyse

For å vurdere usikkerheten til modellen og resultatene er det gjort en sensitivitetsanalyse der ruheten til modellen er økt med 25 %. Resultater er vist i Tabell 3-2. Analysen viste at en 25 % økning av ruhet i elveløpet og flomslettene ga en økning i vannlinje på opptil 9,0 cm ved 200-årsflom. Basert på følsomhetsanalysen, anbefales det å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 0,3 m over beregnet vannlinje (NVE, 4/2011).

Tabell 3-2: Beregnet vannstand for Q200 med 25% økning i Mannings tall (n), Bekken.

Profil	Vannstand [moh]		Differanse [m]
	n	n+25%	
2786	120.16	120.21	0.05
2771	119.16	119.18	0.02
2757	117.64	117.68	0.04
2745	117.26	117.3	0.04
2730	115.99	116.01	0.02
2714	114.04	114.06	0.02
2689	110.89	110.91	0.02
2637	105.66	105.7	0.04
2577	101.33	101.37	0.04
2514	97.38	97.42	0.04
2479	96.2	96.25	0.05
2450	93.96	93.97	0.01
2423	91.64	91.69	0.05
2378	88.51	88.54	0.03
2366	87.82	87.85	0.03
2343	85.66	85.68	0.02
2288	81.42	81.45	0.03
2216	77.23	77.27	0.04

2176	74.97	75.01	0.04
2128	73.17	73.23	0.06
2102	72.04	72.07	0.03
2084	71.47	71.5	0.03
2070	70.65	70.68	0.03
2044	69.88	69.94	0.06
2031	69.63	69.65	0.02
2019	68.98	69.01	0.03
2008	68.62	68.65	0.03
1996	67.77	67.81	0.04
1986	68.14	68.17	0.03
1971	67.32	67.32	0
1957	66.67	66.71	0.04
1945	66.31	66.34	0.03
1925	65.81	65.84	0.03
1921	65.74	65.77	0.03
Profil	Vannstand [moh]		Differanse [m]
	n	n+25%	
1918	65.67	65.7	0.03
1908	64.95	64.96	0.01
1890	64.15	64.2	0.05
1881	64.2	64.31	0.11
1868	63.55	63.58	0.03
1853	63.11	63.17	0.06
1841	63.02	63.09	0.07
1819	61.97	62	0.03
1794	61.28	61.34	0.06
1767	60.69	60.72	0.03
1740	59.76	59.8	0.04
1689	58.79	58.85	0.06
1628	56.91	56.92	0.01
1555	54.67	54.7	0.03
1525	53.81	53.83	0.02
1490	52.26	52.3	0.04
1473	52	52.05	0.05
1468	51.54	51.57	0.03
1457	51.16	51.21	0.05
1446	50.58	50.62	0.04
1429	50.56	50.64	0.08
1409	49.7	49.7	0
1393	49.35	49.38	0.03
1376	48.83	48.83	0
1364	48.58	48.7	0.12

1349	48.06	48.07	0.01
1340	48.05	48.08	0.03
1335	47.92	47.94	0.02
1331	47.75	47.76	0.01
1328	47.62	47.64	0.02
1313	47.46	47.48	0.02
1261	45.96	45.98	0.02
1190	44.39	44.48	0.09
1137	43.43	43.48	0.05
1078	41.42	41.46	0.04
1021	39.1	39.15	0.05
1004	39.33	39.36	0.03
980	38.23	38.25	0.02
925	37.18	37.22	0.04
868	34.52	34.53	0.01
845	34.82	34.85	0.03
Profil	Vannstand [moh]		Differanse [m]
	n	n+25%	
822	34.26	34.29	0.03
812	33.91	33.94	0.03
803	33.8	33.85	0.05
777	32.76	32.77	0.01
726	31.95	31.99	0.04
653	27.98	27.98	0
632	28.36	28.42	0.06
608	26.87	26.88	0.01
582	25.53	25.58	0.05
562	24.97	25.01	0.04
554	24.34	24.39	0.05
548	24.73	24.77	0.04
540	24.37	24.37	0
527	23.74	23.77	0.03
497	22.67	22.69	0.02
486	22.22	22.24	0.02
474	21.91	21.94	0.03
440	21.23	21.25	0.02
397	20.04	20.07	0.03
360	19.21	19.24	0.03
321	18.59	18.55	-0.04
281	17.34	17.42	0.08
262	16.46	16.52	0.06
241	15.57	15.62	0.05
221	16	16.04	0.04

205	15.95	15.99	0.04
192	15.83	15.83	0
167	15.45	15.46	0.01
153	15.28	15.28	0
133	14.42	14.45	0.03
120	14.3	14.39	0.09
58	14.43	14.42	-0.01
39	kulvert		
20	13.64	13.64	0
0	12.99	13.03	0.04

3.7. Flomsikkert nivå for sideareal

Tabell 3-3 angir flomsikkert nivå for 200-årsflom med 20 % klimatillegg. På bakgrunn av sensitivitetsanalyse, anbefales det å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 30 cm over beregnet 200-års vannlinje. Beregnet vannlinje pluss 0,3 meter angir derfor flomsikkert nivå.

Tabell 3-3: Flomsikkert nivå for 200-årsflom ved tverrprofilene i Figur 3-2 (høyde referanse NN2000).

Profil	Vannstand [moh]	Flomsikkert nivå [moh]
2786	120.16	120.46
2771	119.16	119.46
2757	117.64	117.94
2745	117.26	117.56
2730	115.99	116.29
2714	114.04	114.34
2689	110.89	111.19
2637	105.66	105.96
2577	101.33	101.63
2514	97.38	97.68
2479	96.2	96.5
2450	93.96	94.26
2423	91.64	91.94
2378	88.51	88.81
2366	87.82	88.12
2343	85.66	85.96
2288	81.42	81.72
2216	77.23	77.53
2176	74.97	75.27
2128	73.17	73.47
2102	72.04	72.34
2084	71.47	71.77
2070	70.65	70.95

2044	69.88	70.18
2031	69.63	69.93
2019	68.98	69.28
2008	68.62	68.92
1996	67.77	68.07
1986	68.14	68.44
1971	67.32	67.62
1957	66.67	66.97
1945	66.31	66.61
1925	65.81	66.11
1921	65.74	66.04
1918	65.67	65.97
1908	64.95	65.25
Profil	Vannstand	Flomsikkert nivå
	[moh]	[moh]
1890	64.15	64.45
1881	64.2	64.5
1868	63.55	63.85
1853	63.11	63.41
1841	63.02	63.32
1819	61.97	62.27
1794	61.28	61.58
1767	60.69	60.99
1740	59.76	60.06
1689	58.79	59.09
1628	56.91	57.21
1555	54.67	54.97
1525	53.81	54.11
1490	52.26	52.56
1473	52	52.3
1468	51.54	51.84
1457	51.16	51.46
1446	50.58	50.88
1429	50.56	50.86
1409	49.7	50
1393	49.35	49.65
1376	48.83	49.13
1364	48.58	48.88
1349	48.06	48.36
1340	48.05	48.35
1335	47.92	48.22
1331	47.75	48.05
1328	47.62	47.92
1313	47.46	47.76

1261	45.96	46.26
1190	44.39	44.69
1137	43.43	43.73
1078	41.42	41.72
1021	39.1	39.4
1004	39.33	39.63
980	38.23	38.53
925	37.18	37.48
868	34.52	34.82
845	34.82	35.12
822	34.26	34.56
812	33.91	34.21
803	33.8	34.1
Profil	Vannstand	Flomsikkert nivå
	[moh]	[moh]
777	32.76	33.06
726	31.95	32.25
653	27.98	28.28
632	28.36	28.66
608	26.87	27.17
582	25.53	25.83
562	24.97	25.27
554	24.34	24.64
548	24.73	25.03
540	24.37	24.67
527	23.74	24.04
497	22.67	22.97
486	22.22	22.52
474	21.91	22.21
440	21.23	21.53
397	20.04	20.34
360	19.21	19.51
321	18.59	18.89
281	17.34	17.64
262	16.46	16.76
241	15.57	15.87
221	16	16.3
205	15.95	16.25
192	15.83	16.13
167	15.45	15.75
153	15.28	15.58
133	14.42	14.72
120	14.3	14.6
58	14.43	14.73

39	kulvert	
20	13.64	13.94
0	12.99	13.29

3.8. Økning i vannavføring grunnet utbygging

Planområdet består i dag av skog og dyrket mark, men etter utbygging vil det hovedsakelig bestå av tette overflater (tak, asfalterte vegger og parkeringsplasser). Etablering av tette overflater fører til at mindre vann infiltreres i bakken, og at vannet føres raskere til bekken over de tette overflatene (og eventuelt gjennom rør). Altså vil overvannsmengden fra planområdet øke, noe som kan føre til økt flomvannføring i bekken dersom vannet føres til bekken.

Dagens nedbørfelt er ca. 0,58 km². Etter at avskjæringsgrøften legges inn og bebygd areal dreneres vekk fra bekken, vil nytt feltareal for bekken bli redusert til ca. 0,57 km². Dette betyr at en større del av bebygd areal kan dreneres til bekken uten at den totale avrenningen øker i forhold til dagens situasjon.

For å beregne hvor stort areal dette tilsvarer kan man se på produktet av avrenningskoeffisienten og arealet. Det er grovt anslått at reduksjonen av areal er ca. 0,01 km² (ca. 1 ha), som i dag består av skog og dyrket mark, erstattes med tette overflater.

Størrelsen på utbygget område med tilsvarende CA verdi som skog og dyrket mark er gitt i Tabell 3-4.

Tabell 3-4: Beregning av størrelse på planområde med lik CA verdi som for skog og dyrket mark.

Arealtype	C-faktor [-]	Areal [ha]	
		FØR	ETTER
Skog og dyrket mark	0,3	1,0	0
Planområdet	0,9	0	0,33

CA verdi [-]:	0,3	0,297
---------------	------------	--------------

4. FLOMSONEKART

Flomsonekart er generert ved bruk av Ras Mapper i HEC RAS - modellen. Det er utarbeidet flomsone for flom med gjentaksintervall 200-årsfom inkludert 20% klimapåslag. Flomsonekartet viser at flomsone berører området med tursti ved ny adkomstvei.

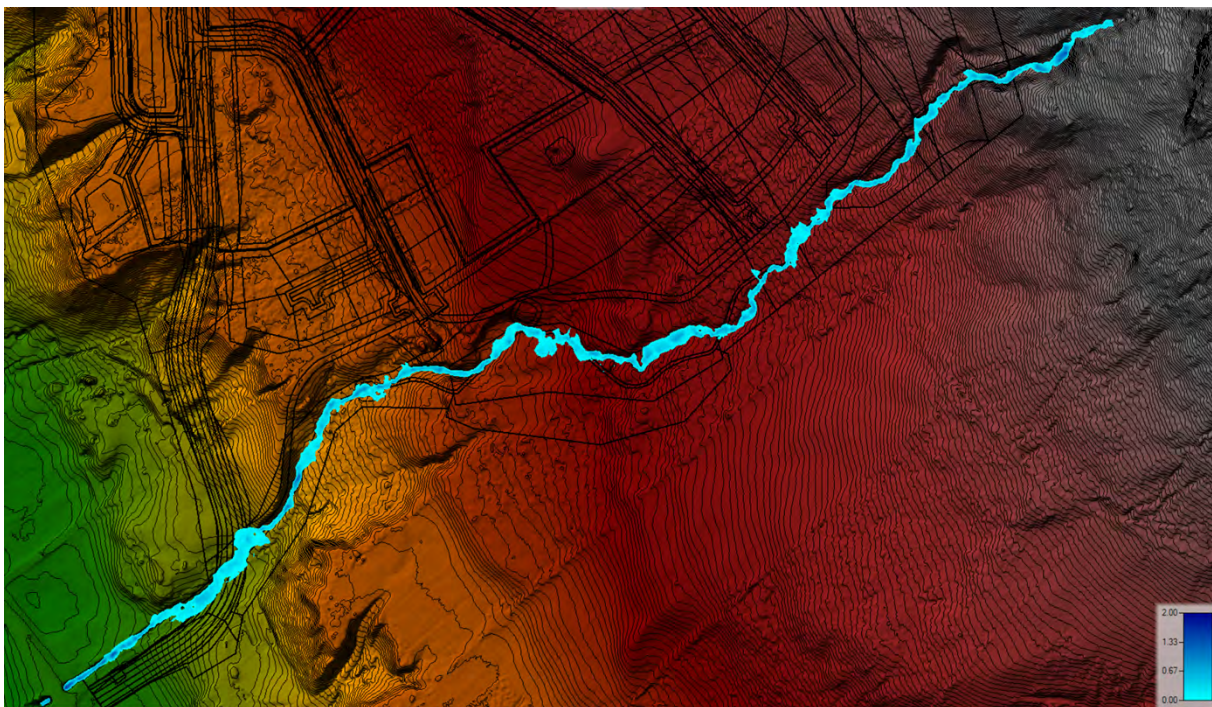
4.1. Bruk av Flomsonekart

Sikkerhetskrav for byggverk i forhold til flom og stormflo er gitt av Plan- og bygningsloven (TEK 17 § 7-2). Kravene baserer seg på type bebyggelse og hvilken største nominelle årlige sannsynlighet for flom som kan aksepteres.

Flomsonekartet kan benyttes direkte til å identifisere hvilke områder som ikke bør bygges ut og hvilke risikoreducerende tiltak som kan være aktuelt dersom utbygging er allerede utført.

Usikkerheten til flomsonekart må tas i betraktning da kartene har en begrenset nøyaktighet. Dette gjelder spesielt i forbindelse med detaljplanlegging og ved bygge- og delesaksbehandling der vannstander bør kontrolleres mot terrenghøyder.

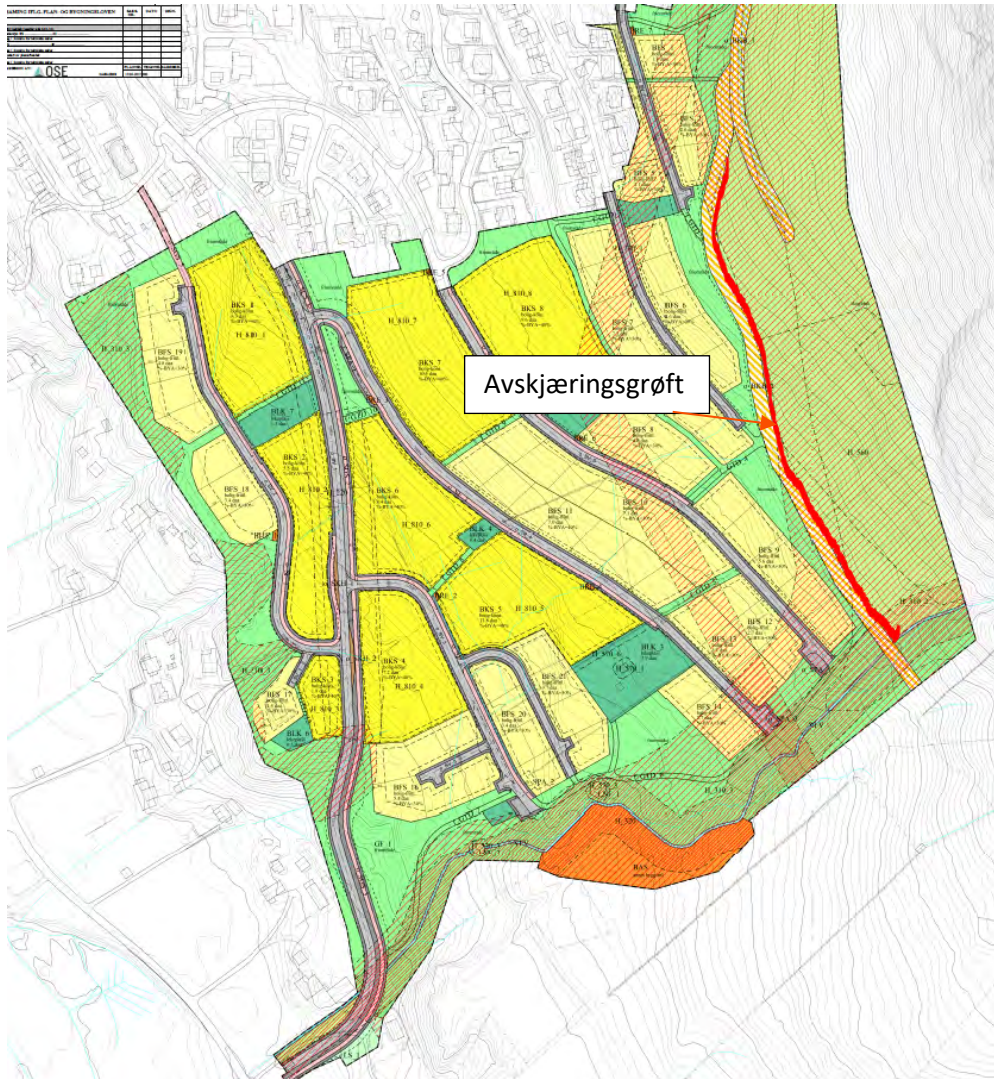
Det anbefales at usikkerheten i kartene tas hensyn til i form av å legge på en sikkerhetsmargin på 30 cm til beregnede vannstander. Størrelsen til den anbefalte sikkerhetsmarginen bygger på resultatene fra sensitivitetsanalysen (kap 3.6).



Figur 4-1: Flomdybde, 200-årsflom inkludert 20% klimapåslag. Fargeforklaring viser modellert vannstand i meter.

5. DIMENSJONERING AV AVSKJÆRINGSGRØFT

Det er planlagt en avskjæringsgrøft på oversiden av boligfeltet. Figur 5-1 nedenfor viser plasseringen av grøften. Grøften vil gå fra eksisterende avskjæringsgrøft bort til bekken og vil ikke kobles på eksisterende grøft. På grunn av et lengdefall på ca. 9 %, anbefales det at grøften steinsettes eller at det benyttes geotekstil for å unngå erosjon. Beregningene og anbefalinger for steinsatt grøft er vist i vedlegg 2.



Figur 5-1 viser reguleringsplan og plassering av avskjæringsgrøft for området.

6. KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

Flomsikre nivåer for en 200-årsflom i henhold til sikkerhetsklasse F2 i TEK17 er vist i Tabell 3-3 Tabell 3- med henvisning til profiler i Figur 3-2 og 3-3. Som vist i figur 4-1, vil deler av turstien ved ny adkomstvei og nedre del av bekken være flomutsatt ved en 200-årsflom. Eksisterende 1300mm kulvert under veien, har tilstrekkelig kapasitet til å håndtere dagens avrenning.

Det anbefales at bekkeløpet ved ny adkomstvei gjøres noe dypere for installasjon av ny kulvert. Bekkeleiet i dette området bør utformes slik at det leder vannet til den nye kulverten. Bekkeløpet mellom profil 153 og profil 205 har ikke tilstrekkelig kapasitet og bør gjøres dypere.

KILDER

Lawrence, 2016: Deborah Lawrence. Klimaendring og fremtidige flommer i Norge. Rapport nr. 81/2016. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE, 2008: Retningslinjer for planlegging og utbygging i faresoner langs vassdrag. Retningslinje 1/2008. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE, 2/2011: Flaum – og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2/2011. Revidert 22.5.2014. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE, 4/2011: Retningslinjer for flomberegninger til § 5-7 i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg. Retningslinje 4/2011. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE, 13/2015: Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt. Rapport nr. 13/2015. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE, 97/2015: Anbefalte metoder for flomberegninger i små uregulerte felt. Rapport nr. 97/2015. Norges vassdrags- og energidirektorat.

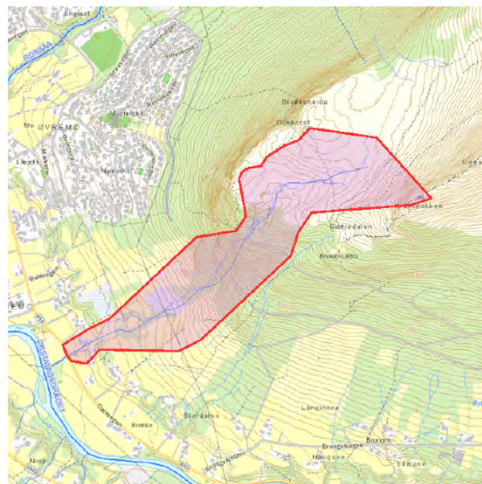
Stenius, S., Glad, P.A., Reitan T., Wang T.C., Tvedalen A.K., Reinemo P., Amland S. (2015): Sammenligning av metoder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE Rapport 86-2015.

NVE, 4/2009: Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein.

Databaser og kartverktøy: www.nve.no: databasen Hydra II, NVE Atlas, NEVINA

VEDLEGG

Vedlegg 1: Lavvannskart/NEVINA-rapport for nedbørfelt



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregnpunkt: 40491 E 6926539 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 095.B0
Kommune.: Ørsta
Fylke.: Møre og Romsdal
Vassdrag.: Ørstavassdraget

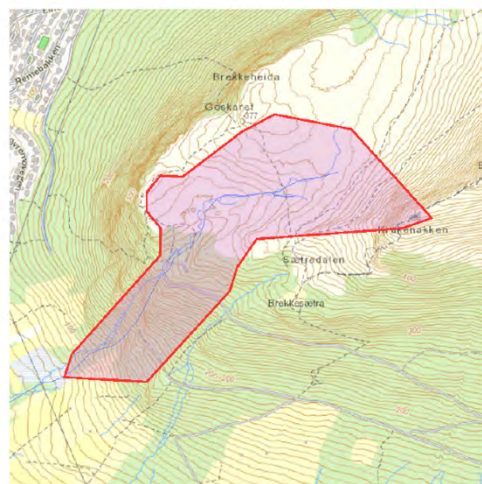
Feltparametere	
Areal (A)	0.6 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %
Elvleengde (E _L)	1.8 km
Elvegradient (E _G)	199.6 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	239.9 m/km
Helning	14.1 °
Dreneringstetthet (D _T)	3.2 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	1.8 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	10.8 %
Myr (A _{MYR})	8 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	43.1 %
Sjø (A _{SJØ})	0 %
Snauvfjell (A _{SF})	19.7 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	18.9 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	14 m
Høyde ₁₀	49 m
Høyde ₂₀	74 m
Høyde ₃₀	105 m
Høyde ₄₀	179 m
Høyde ₅₀	295 m
Høyde ₆₀	328 m
Høyde ₇₀	343 m
Høyde ₈₀	360 m
Høyde ₉₀	373 m
Høyde _{MAX}	501 m

Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q _N)	55.7 l/s*km ²
Sommernedbør	719 mm
Vinternedbør	1429 mm
Årstemperatur	4.6 °C
Sommertemperatur	9.5 °C
Vintertemperatur	1.0 °C

Figur 1: feltet før utbygging



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregnpunkt: 41047 E 6926795 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 095.B0
Kommune.: Ørsta
Fylke.: Møre og Romsdal
Vassdrag.: Ørstavassdraget

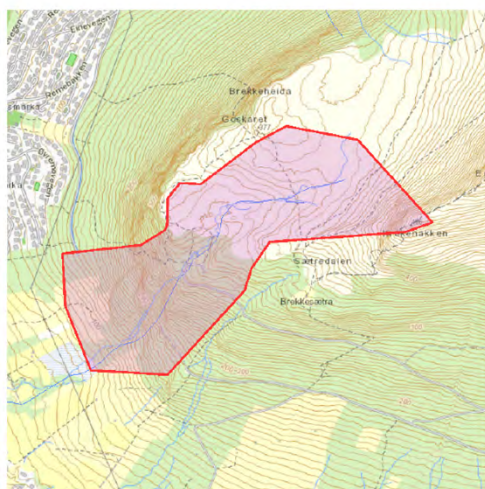
Feltparametere	
Areal (A)	0.4 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %
Elvleengde (E _L)	1.1 km
Elvegradient (E _G)	252.5 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	271.1 m/km
Helning	15.4 °
Dreneringstetthet (D _T)	3.4 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	1.2 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	0.3 %
Myr (A _{MYR})	8.3 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
SKOG (A _{SKOG})	38.7 %
Sjø (A _{SJØ})	0 %
Snauvfjell (A _{SF})	29.7 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	24.7 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	80 m
Høyde ₁₀	155 m
Høyde ₂₀	245 m
Høyde ₃₀	314 m
Høyde ₄₀	328 m
Høyde ₅₀	337 m
Høyde ₆₀	348 m
Høyde ₇₀	360 m
Høyde ₈₀	369 m
Høyde ₉₀	379 m
Høyde _{MAX}	501 m

Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q _N)	61.6 l/s*km ²
Sommernedbør	728 mm
Vinternedbør	1445 mm
Årstemperatur	4.5 °C
Sommertemperatur	9.5 °C
Vintertemperatur	1 °C

Figur 2: øvre felt uten avskjæringsgrøft.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 41047 E 6926795
N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 095.B0
Kommune.: Ørsta
Fylke.: Møre og Romsdal
Vassdrag.: Ørstavassdraget

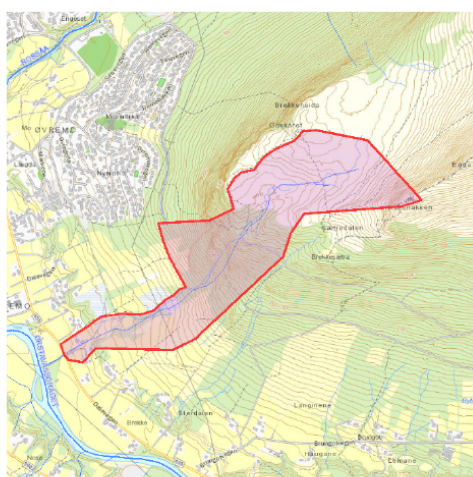
Feltparametere	
Areal (A)	0.5 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	-999 %
Elvleengde (E _L)	1.1 km
Elvegradient (E _G)	252.5 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	271.1 m/km
Helning	17.2 *
Dreneringstetthet (D _T)	2.7 km ⁻¹
Feltleengde (F _L)	1.2 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	0.3 %
Myr (A _{MNR})	7.0 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	49.3 %
Sjø (A _{SJO})	0 %
Snaufjell (A _{SF})	23.4 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	20.2 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	75 m
Høyde ₁₀	110 m
Høyde ₂₀	153 m
Høyde ₃₀	216 m
Høyde ₄₀	298 m
Høyde ₅₀	326 m
Høyde ₆₀	337 m
Høyde ₇₀	351 m
Høyde ₈₀	365 m
Høyde ₉₀	376 m
Høyde _{MAX}	501 m

Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q _N)	60.4 l/s*km ²
Sommernedbør	726 mm
Vinternedbør	1442 mm
Årstemperatur	4.6 °C
Sommertemperatur	9.5 °C
Vintertemperatur	1.0 °C

Figur 3: Øvre felt med avskjæringsgrøft.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 40494 E 6926542
N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 095.B0
Kommune.: Ørsta
Fylke.: Møre og Romsdal
Vassdrag.: Ørstavassdraget

Feltparametere	
Areal (A)	0.6 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %
Elvleengde (E _L)	1.8 km
Elvegradient (E _G)	200.1 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	240.4 m/km
Helning	15.2 *
Dreneringstetthet (D _T)	3.2 km ⁻¹
Feltleengde (F _L)	1.8 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	9.2 %
Myr (A _{MNR})	6.8 %
Leire (A _{LEIRE})	0 %
Skog (A _{SKOG})	46.5 %
Sjø (A _{SJO})	0 %
Snaufjell (A _{SF})	19.7 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	17.8 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	14 m
Høyde ₁₀	50 m
Høyde ₂₀	92 m
Høyde ₃₀	132 m
Høyde ₄₀	200 m
Høyde ₅₀	300 m
Høyde ₆₀	328 m
Høyde ₇₀	343 m
Høyde ₈₀	360 m
Høyde ₉₀	373 m
Høyde _{MAX}	501 m

Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q _N)	57.0 l/s*km ²
Sommernedbør	721 mm
Vinternedbør	1432 mm
Årstemperatur	4.6 °C
Sommertemperatur	9.5 °C
Vintertemperatur	1.0 °C

Figur 4: felt etter utbygging

Vedlegg 2: Dimensjonering av avskjæringsgrøft

Areal øvre felt før utbygging (km ²)	Areal øvre felt etter utbygging (km ²)	økning i areal (km ²)	økning i areal (%)	tilsvarende økning i avrenning (m ³ /s)	avrenning i grøft (m ³ /s)
0,37	0,47	0,1	17 %	0,52	0,52

Tabellen viser beregnet avrenning i avskjæringsgrøft.
Figur 5 viser beregning av min. steinstørrelse.

For beregning av steinstørrelse til sikring ved bruk av plastret sideskåning, brukes Robins Formel som foreslått i NVE-4-2009, Kap. 4.7.1.

$$D_{50} = 1,5S_0^{0,79}q^{0,53} \quad \text{for } S_0 < 1:10 \quad (4.21)$$

$$D_{50} = 0,5S_0^{0,31}q^{0,53} \quad \text{for } 1:10 \leq S_0 \leq 1:2,5 \quad (4.22)$$

Her er:

D_{50} = steinstørrelse (m)
 S_0 = bunnhelling (-)
 q = enhetsvannføring (m²/s)

So < 1:10	1:10 < So < 1:2,5
So = 0.09 m/m	So = 0 m/m
Q = 0.52 m ³ /s	Q = 0 m ³ /s
b = 0.6 bredde elvebunn	b = 0 bredde elvebunn
q = 0.87 enhetsvannføring	q = #DIV/0! enhetsvannføring
D50 = 0.21 m	D50 = #DIV/0! m

Siden dette er grensen til brudd, anbefales det å øke steinstørrelsen med 20 %

Vi får da: D50 = 0.25 m D50 = #DIV/0! m

For bratt sideskråning er det nødvendig å bruke større stein:

Figur 60 Korreksjonsfaktor C_c

Ce = 1.58	Ce = 0
D50 for stabil sideskråning er 0.39	#DIV/0!

*D50 er lengden på mellomste akse på steinen.

Figur 5: Viser beregning av grøftetverrsnitt ved hjelp av verktøyet Hydraulic Toolbox

Type: Trapezoidal Define...

Side Slope 1 (Z1): H : 1V

Side Slope 2 (Z2): H : 1V

Channel Width (B): (m)

Pipe Diameter (D): (m)

Longitudinal Slope: (m/m)

Override Default

Manning's Roughness:

Use Lining

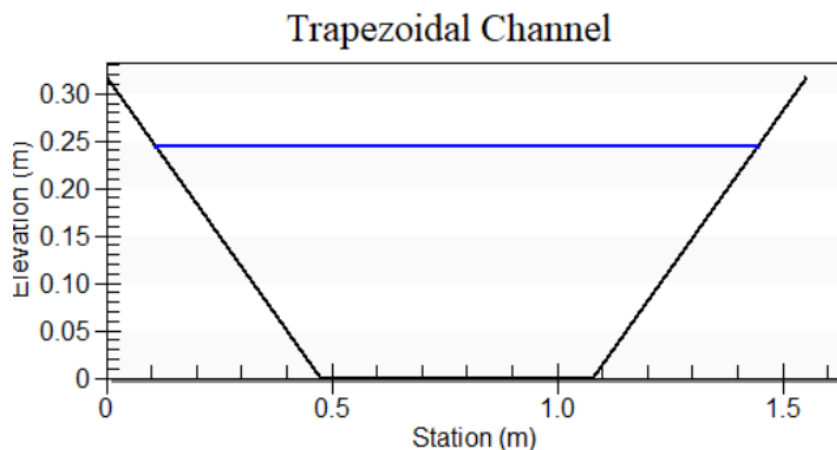
Lining Type: Woven Paper Net

Enter Flow: (cms)

Enter Depth: (m)

Calculate

Parameter	Value	Unit
Flow	0.520	cms
Depth	0.244	m
Area of Flow	0.236	m ²
Wetted Perimeter	1.480	m
Hydraulic Radius	0.159	m
Average Velocity	2.205	m/s
Top Width (T)	1.332	m
Froude Number	1.673	
Critical Depth	0.324	m
Critical Velocity	1.481	m/s
Critical Slope	0.03026	m/m
Critical Top Width	1.571	m
Calculated Max Shear Stress	215.351	N/m ²
Calculated Avg Shear Stress	140.570	N/m ²



Ved et lengdefall på 9% , bør grøften ha en minimum dybde på 0,55 m inkludert 0,3 m fribord. Både bunnen og sidene på grøften plastres. Sidene plastres helt opp. Se veileder NVE4/2009 for flere detaljer.