

Hundbergslia Hytteområde

FLOMVURDERING HUNDBERGSLIA HYTTEOMRÅDE RAPPORT

Dato: 17.04.2020
Versjon: 01

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Hundbergslia Hytteområde
Tittel på rapport:	Flomvurdering Hundbergslia hytteområde, Øyer kommune
Oppdragsnavn:	VA-plan for Hundbergslia hyttefelt, Øyer
Oppdragsnummer:	615513-22
Utarbeidet av:	Haregewoin Haile Chernet
Oppdragsleder:	Per Ingvald Kraft
Tilgjengelighet:	Åpen

Kort sammendrag

Det er utført vurdering av flomfare i forbindelse med reguleringsplan for Hundbergslia hytteområde i Øyer kommune. Flomsonekartleggingen viser at områder nær bekken kan være utsatt ved 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag.

01	17.04.20	Flomvurdering Hundbergslia hytteområde, Øyer kommune	HHC	PK
VERSJON	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KS

Forord

Asplan Viak AS har vært engasjert av Hundbergslia Hytteområde for å gjennomføre flomvurdering i forbindelse med reguleringsplan for Hundbergslia hytteområde.

Per Ingvald Kraft har vært oppdragsleder for Asplan Viak AS. Beregninger og rapport er utført av Haregewoin Haile Chernet, og kontrollert av Per Ingvald Kraft.

Ås, 17.04.2020

Per Ingvald Kraft
Oppdragsleder

Per Ingvald Kraft
Kvalitetssikrer

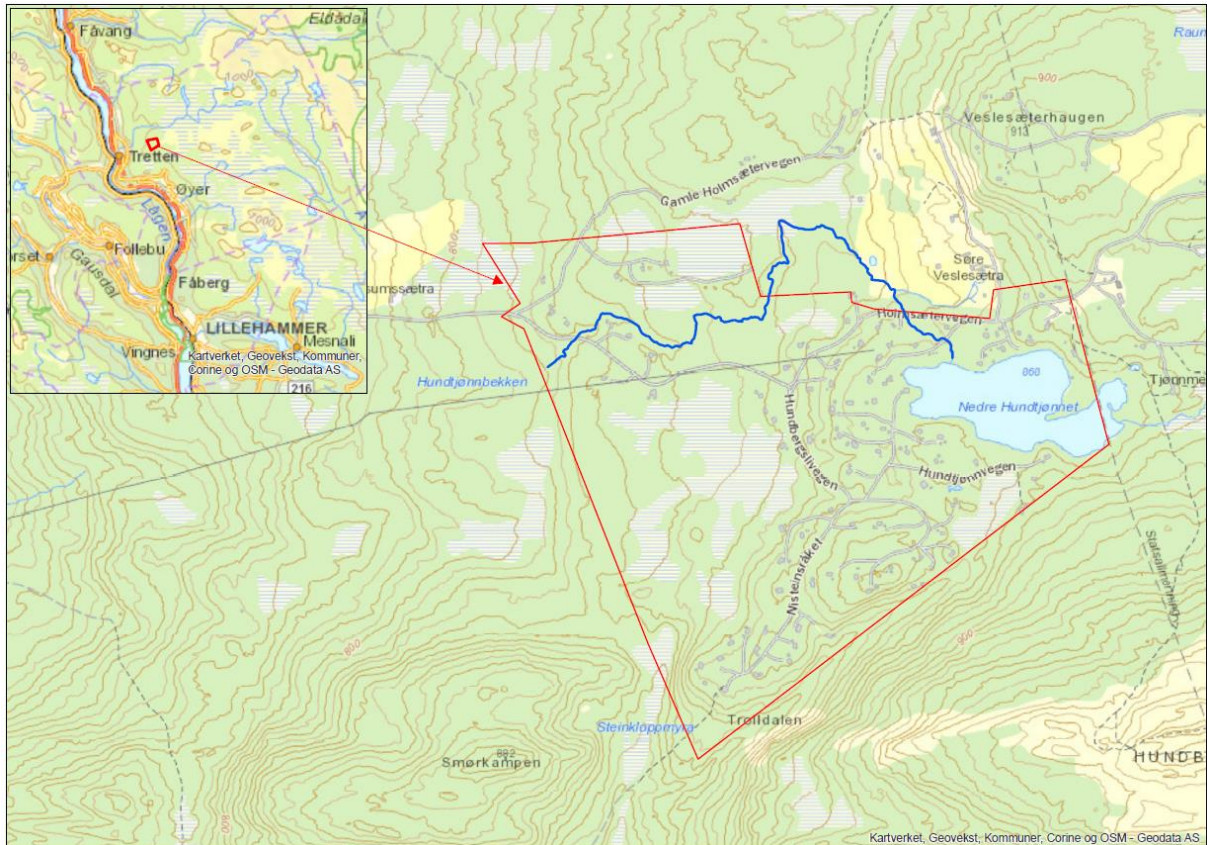
Innhold

1. INNLEDNING	5
2. FLOMBEREGNING	7
2.1. Nedbørfelt.....	7
2.2. Klimatillegg	8
2.3. Referansestasjoner	8
2.4. Flomfrekvensanalyse	10
2.5. Beregning av middelflom	10
2.6. NIFS-formelverk	11
2.7. Rasjonelle formel	12
2.7.1. Nedbørintensitet.....	12
2.7.2. Nedbørfeltets konsentrasjonstid	12
2.7.3. Avrenningsfaktor	13
2.7.4. Flomberegning	13
2.8. Oppsummering og endelig estimat	13
3. VANNLINJEBEREGNING	15
3.1. Hydraulisk modell	15
3.2. Bro og stikkrenner	15
3.3. Friksjonsforhold	16
3.4. Grensebetingelser.....	17
3.5. Kalibrering.....	17
3.6. Vannlinje for 200-årsflom	17
3.7. Sensitivitetsanalyse og flomsikkert nivå	20
3.8. Kapasitetsvurdering av broen.....	20
3.9. Kapasitetsberegning av kulverter	21
4. FLOMSONEKART	22
4.1. Usikkerhet.....	22
4.2. Bruk av flomsonekart og sikkerhetsmargin	22
4.3. Flomsonekart - Eksisterende situasjon	22
5. KONKLUSJON	26
6. KILDER	27
7. VEDLEGG	28

1. INNLEDNING

I forbindelse med reguleringsplan for Hundbergslia hytteområde Øyer kommune, er det gjort vurdering av flomfare for bekken langs hytteområde samt vurdering av flomsikringstiltak. I henhold til Plan- og bygningsloven (TEK 17 § 7-2), faller planområdet innenfor sikkerhetsklasse F2 som betyr at 200-årsflom er dimensjonerende.

Det er gjennomført flomberegninger, vannlinjeberegning og kartlegging av flomfare langs bekken gjennom hytteområde. Figur 1-1 viser oversiktskart over planområdet.



Figur 1-1: Oversiktskart over planområdet.

2. FLOMBEREGNING

En flomberegning bestemmer sammenhengen mellom flommens gjentaksintervall og tilhørende vannføring. Vannføringen kan deretter brukes til å bestemme vannstand og vannhastighet gjennom en hydraulisk modell. Det beregnes 200-årsflom i henhold til NVEs retningslinjer for flomberegninger, og NVEs veileder for flomberegning i små nedbørfelt.

Det finnes ulike metoder for flomberegning avhengig av tilgjengelige data/observasjoner i området og størrelsen på avrenningsfeltet. Ifølge veileder fra NIFS prosjektet «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» (NVE,7/2015) bør en vurdere metodene ut fra datagrunnlag i området. Samtidig er det anbefalt å benytte flere metoder (minst to) og sammenligne resultatene før en går videre med en metode. Det er her brukt tre metoder for flomberegningene. Disse er flomfrekvensanalyse med data fra målestasjoner i nærliggende vassdrag, flomformler for små nedbørfelt (NIFS-formelverk) og den rasjonelle metoden.

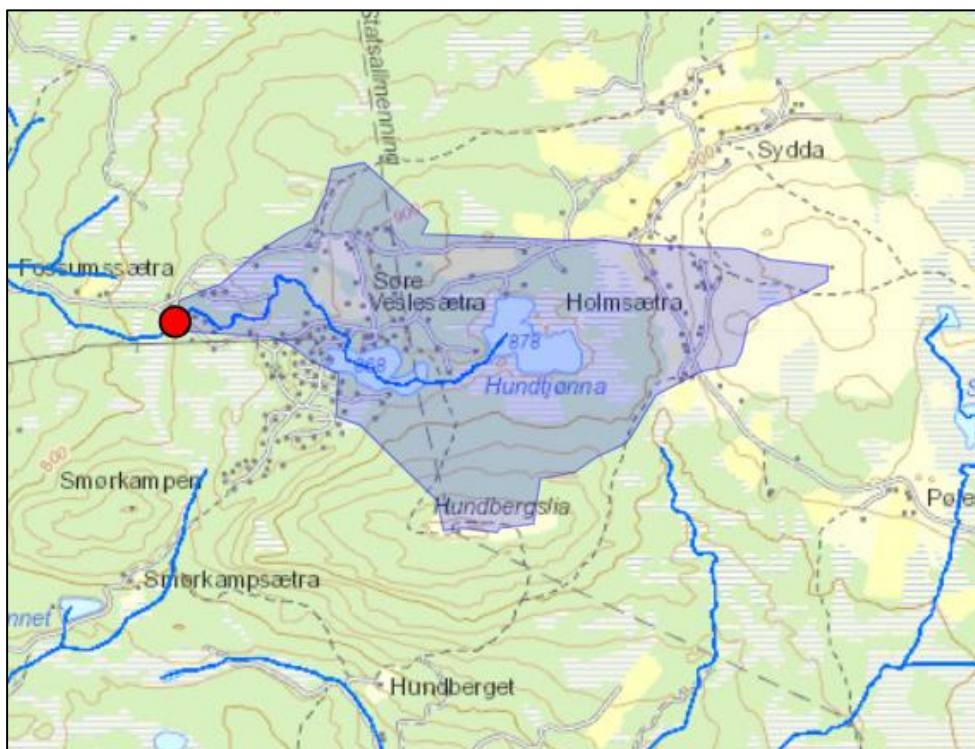
2.1. Nedbørfelt

Nedbørfeltet til Hundtjønnbekken rett nedstrøms krysningsspunkt med Holmsætervegen er 2,7 km² stort. Feltparametere for nedbørfeltet er vist i Tabell 2-1. Felt og feltparametere er beregnet ved bruk av NVE-tjenesten «NEVINA». Nedbørfeltet er vist i Figur 2 1. Detaljert informasjon om feltparametere er vist i Vedlegg 1.

Tabell 2-1: Feltparametere for nedbørfeltet til Hundtjønnbekken rett nedstrøms krysningsspunkt med Holmsætervegen.

Felt	Areal [km ²]	Eff. Sjø [%]	q _N * [l/s·km ²]	Høydeforskjell		Skog [%]	Myr [%]	Snaufjell [%]	Dyrket mark [%]
				Hmin	Hmaks				
Hundtjønnbekken	2,7	4,2	18,4	819	982	55,8	14,4	0,0	5,0

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



Figur 2-1: Nedbørfelt til Hundtjønnbekken rett nedstrøms Holmsætervegen. Kilde: NEVINA.

2.2. Klimatillegg

I henhold til NVE rapport 81/2016 «Klimaendring og framtidige flommer i Norge», ligger aktuelt nedbørfelt i et område der en forventer en økning på 11–20 % i flomstørrelse for 200-års flom. Det er derfor lagt til et klimatillegg på 20 % for den beregnede flomvannføringen for å ta hensyn til en forventet økning av flomvannføring i framtiden. I tillegg legger vi på 20 % ekstra som sikkerhetsfaktor som begrunnes med usikkerhet i nedbørdata fra aktuell nedbør-stasjon. Totalt blir dermed 40 % lagt til den beregnede 200 års flommen.

2.3. Referansestasjoner

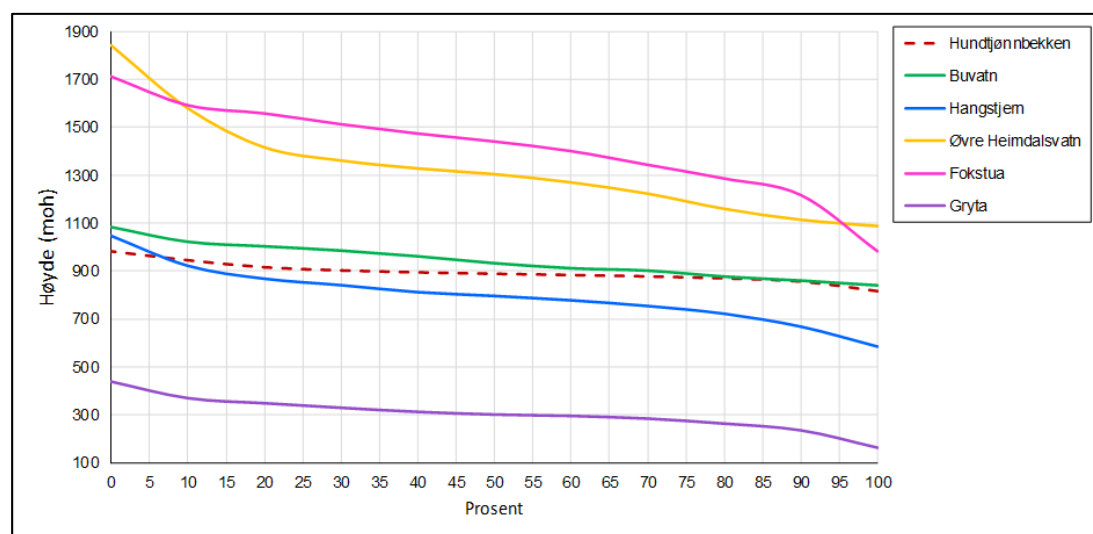
Det foreligger ingen kjente målinger av flomvannføring i det aktuelle vassdrag. Flomberegningen er derfor basert på dataserier fra målestasjoner i nærliggende vassdrag. Det er generelt sparsomt med målestasjoner i området, og de fleste er utelukket grunnet for store felt. Det er derfor kun vurdert fem potensielle målestasjoner som referansestasjoner.

Karakteristiske felldata til utvalgte referansestasjoner er vist i Tabell 2-2. Hypsografisk kurve for stasjonene er vist i Figur 2-2 sammen med hypsografisk kurve for det aktuelle feltet. Figur 2-3 viser beliggenheten til målestasjonene. Karakteristiske felldata til utvalgte referansestasjoner er vist i Tabell 2-2.

Tabell 2-2: Feltparametere til referanse målestasjoner.

Målestasjon	Areal [km ²]	Eff. Sjø [%]	q _N * [l/s·km ²]	Skog [%]	Myr [%]	Snau- fjell [%]	Dyrket mark [%]	Høydeforskjell	
								H _{min}	H _{maks}
2.36 Øvre Heimdalsvatn	25,8	3,0	34,7	2,6	0,9	92,4	0,0	1088	1841
2.592 Fokstua	26,8	0,0	20,3	0,7	1,0	97,9	0,0	984	1712
6.10 Gryta	7,0	0,4	20,6	94,2	1,7	0,0	0,0	163	483
12.150 Buvatn	24,8	4,72	11,5	72,2	14,56	0,04	0,0	840	1085
12.212 Hangstjern	11,2	0,7	22,1	0,0	0,0	83,0	0,0	881	1575

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



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

Målestasjon 2.36 Øvre Heimdalsvatn ligger ca. 85 km øst for Hundtjønnbekken nedbørfelt. Feltet har lavere effektiv sjøprosent, høyere middelavrenning og høyere feltareal sammenlignet med Hundtjønnbekken nedbørfelt. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 11 år. Vannføringskurven på flom er vurdert som middels.

Målestasjon 2.592 Fokstua ligger ca. 103 km nord for Hundtjønnbekken nedbørfelt. Feltet har null effektiv sjøprosent, høyere middelavrenning og høyere feltareal sammenlignet med Hundtjønnbekken nedbørfelt. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 19 år. Vannføringskurven på flom er vurdert som dårlig.

Målestasjon 6.10 Gryta ligger ca. 147 km sør for Hundtjønnbekken nedbørfelt. Feltet har mye lavere effektiv sjøprosent, høyere middelavrenning og høyere feltareal sammenlignet med Hundtjønnbekken nedbørfelt. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 43 år. Vannføringskurven på flom er vurdert som bra.

Målestasjon 12.150 Buvatn ligger ca. 125 km sør for Hundtjønnbekken nedbørfelt. Feltet har tilnærmet lik effektiv sjøprosent, lavere middelavrenning og høyere feltareal sammenlignet med Hundtjønnbekken nedbørfelt. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 32 år. Vannføringskurven på flom er vurdert som middels.

Målestasjon 12.212 Hangstjern ligger ca. 102 km sør for Hundtjønnbekken nedbørfelt. Feltet har mye lavere effektiv sjøprosent, høyere middelavrenning og høyere feltareal sammenlignet med Hundtjønnbekken nedbørfelt. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 25 år. Vannføringskurven på flom er vurdert som middels.



Figur 2-3: Oversikt over nærliggende målestasjoner.

2.4. Flomfrekvensanalyse

Det er utført flomfrekvensanalyse på nærliggende målestasjoner for å bestemme middelflom, Q_M , og vekstfaktorene Q_T/Q_M for nedbørfeltet til Hundtjønnbekken. Tabell 2-3 gir beregnede spesifikke døgnmiddelverdier og vekstfaktorer beregnet 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]		
2.36 Øvre Heimdalsvatn	11	25,8	223	5,55	2,92	Gamma (mom)
2.592 Fokstua	19	26,8	206	5,61	2,77	GEV (max)
6.10 Gryta	43	7,0	212	1,49	3,31	GEV (max)
12.150 Buvatn	32	24,8	166	3,88	2,08	Gamma (mom)
12.212 Hangstjern	25	11,2	215	2,50	1,69	GEV (mom)

Flomforholdene i et nedbørfelt påvirkes både av klimatiske og fysiografiske forhold. Ved valg av representativ frekvensfordeling for umålte felt, er det antatt at klimatiske forhold har størst betydning.

Nedbørfeltene til målestasjonene Fokstua, Gryta og Hangstjern har sammenlignbar middelavrenning men mye lavere effektiv sjøprosent. Nedbørfeltene til målestasjonene Buvatn og Hangstjern har lignende høydefordeling. Nedbørfelt til målestasjon Buvatn har lignende effektiv sjøprosent og lavere middelavrenning og lignende høydefordeling. Nedbørfelt til målestasjon Hangstjern har lignende høydefordeling, lignende middelavrenning og mye lavere effektiv sjøprosent. Nedbørfelt til målestasjon Øvre Heimdalsvatn har lavere effektiv sjøprosent og høyere middelavrenning.

Som representativ frekvensfordeling for Hundtjønnbekken nedbørfelt, er det valgt å bruke en gjennomsnittsverdi fra Øvre Heimdalsvatn, Fokstua, Gryta og Buvatn målestasjoner. Dette gir en middelverdi for vekstkurven (Q_{200}/Q_M) lik 2,8.

2.5. Beregning av middelflom

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 2-3) i størrelsesorden fra 166 til 223 l/s/km².

Ingen av målestasjonene har felt som er mest representative. Målestasjonene 2.592 Fokstua, 6.10 Gryta og 12.212 Hangstjern har større feltareal, mye mindre effektiv sjøprosent og litt høyere middelavrenning sammenlignet med Hundtjønnbekken nedbørfelt. Målestasjon 2.36 Øvre Heimdalsvatn har et større felt, litt mindre effektiv sjøprosent og høyere middelavrenning sammenlignet med Hundtjønnbekken nedbørfelt. Målestasjon 12.150 Buvatn har høyere feltstørrelse, mindre middelavrenning og mest lik effektiv sjøprosent sammenlignet med Hundtjønnbekken nedbørfelt.

Det vurderes at dataserier fra målestasjonene Gryta og Hangstjern velges på grunn av mangel på mer representative stasjoner i området, og derfor brukes verdien fra disse stasjonene. Middelflom Q_M for Hundtjønnbekken nedbørfelt settes derfor til 214 l/s/km².

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

Felt	Areal [km ²]	q _N [l/s*km ²]	Eff. sjø [%]	Q _{M, døgn}		Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
				[l/s*km ²]	[m ³ /s]		
Hundtjønnbekken	2,7	18,4	4,2	214	0,58	2,8	1,62

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 2-5.

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

Felt	Areal [km ²]	Eff. sjø [%]	Q _{mom} /Q _{døgn}	
			Vår	Høst
Hundtjønnbekken	2,7	4,2	1,4	1,6

Hundtjønnbekken ligger i et område som er dominert av høst- og vårflom (Pettersson, 2009). Forholdstall for høstflom er derfor benyttet videre. De beregnede kulminasjonsvannføringerne er vist i Tabell 2-6.

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

Felt	Areal [km ²]	Q _{M, døgn}		Q _{mom} /Q _{døgn}	Q _{200, døgn} [m ³ /s]	Q _{200, mom} [m ³ /s]
		[l/s*km ²]	[m ³ /s]			
Hundtjønnbekken	2,7	214	0,58	1,6	1,62	2,60

2.6. NIFS-formelverk

NVE har utviklet et nasjonalt formelverk for beregning av middelflom og vekstkurver for små og uregulerte felt < 50 km², men som samtidig er anbefalt verifisert mot lokale målinger (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.

Ved beregning av middelflom med formelverket, er den spesifikke middelvannføringen (q_M), og dermed middelvannføringen i m³/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).

Formelen er for uregulerte felt, men brukes likevel, i det vi antar at effektiv sjøprosent ivaretar effekt av regulering siden vi ikke har opplysninger om reguleringen. Resultatene gitt av flomformlene fra NVE (7/2015) er vist i

Tabell 2-7. 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, døgn}		Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ [m ³ /s]
			[l/s*km ²]	[m ³ /s]		
Hundtjønnbekken	2,7	18,7	316	0,85	3,0	2,56

2.7. Rasjonelle formel

Flomberegning med rasjonelle formel gjelder for felt mindre enn 2- 5 km².

Den rasjonelle formelen baserer seg på målt nedbør. Avrenningen (Q) er gitt ved:

$$Q = C \times i \times A \times K_f$$

Hvor:

Q = avrenning (l/s)

C = avrenningsfaktor, ubenevnt

i = dimensjonerende nedbørintensitet (l/s.ha)

A = feltareal (ha)

K_f = klimafaktor

2.7.1. Nedbørintensitet

200-årsverdi for nedbørintensitet er hentet fra nærmeste målestasjon der det foreligger en IVF-kurve med tilfredsstillende kvalitet. Varighet til nedbøren er gitt av nedbørfeltenes konsentrasjonstid. Målestasjonen 12670 Lillehammer er benyttet. Denne målestasjonen har tilgjengelige data for perioden 1969 – 1991 (23 sesonger). IVF-kurvene for målestasjonen er vist i Vedlegg 2.

2.7.2. Nedbørfeltets konsentrasjonstid

Konsentrasjonstiden til nedbørfeltene (naturlige felt), t_c, er oppgitt i minutter, og er beregnet etter formelen gitt i Håndbok N200.

$$t_c = 0,6 \times L \times H^{-0,5} + 3000 \times A_{se}$$

Hvor:

L = lengden av nedbørfeltet (m)

H = høydeforskjellen i nedbørfeltet (m)

A_{se} = effektiv sjøprosent, forholdstall (0 ≤ A_{se} ≤ 1)

Tabell 2-8: Parametere benyttet for å beregne konsentrasjonstid for Hundtjønnbekken nedbørfelt.

Feltlengde L (m)	3200
H _{min} (moh)	819
H _{maks} (moh)	982
A _{se} (%)	4,2
ΔH (m)	163
T _c (min)	276

2.7.3. Avrenningsfaktor

Avrenningsfaktoren, C, er et mål på hvor mye av den totale nedbøren som drenerer fra et område. Faktorens størrelse er avhengig av terrengtype, vegetasjon, helning og sannsynlighet for overflateavrenning fra feltet. Det er benyttet erfaringstall for avrenningsfaktorer for ulike terrengtyper oppgitt i Vassdragshåndboka (Fergus m. fl., 2010). I henhold til Håndbok N200 (SVV, 2014 Kapittel 405), skal C-faktoren økes med 30 % for 200-årsflom. Maksimal C-faktor er C=0,95. Tabell 2-9 viser en oversikt over benyttede verdier for avrenningskoeffisienter.

Tabell 2-9: Avrenningskoeffisienter, C, for nedbørfeltet Hundtjønnbekken med 30% påslag (til maks C=0,95) for returperiode på henholdsvis 200 år etter anbefaling i N200.

Arealtype	%	Areal (m ²)	C	CxA (m ²)
Innsjøer	6,8	183600	0,9	165240
Snaufjell	0	0,00	0,80	0,00
Myr	14,5	391500,00	0,40	156600,00
Skog	55,9	1509300,00	0,30	452790,00
Dyrket mark*	22,8	615600,00	0,20	123120,00
Urban	0	0,00	0,50	0,00
		2700000,00	0,33	897750,00
		C 200 år	0,43	

*Dyrket mark+ Uklassifisert areal

2.7.4. Flomberegning

Beregning av 200-årsflom ved bruk av den rasjonale formelen er vist i Tabell 2-10.

Tabell 2-10: Beregnet 200-årsflom med den rasjonelle formelen.

Gjentaksintervall	200 år
Nedbørfeltets areal (ha)	270
Avrenningskoeffisient, C	0,43
Nedbørfeltets konsentrasjonstid (min)	276
Nedbørintensitet, i (l/s.ha)	22
Q (m ³ /s)	2,61

2.8. Oppsummering og endelig estimat

Tabell 2-11 viser en sammenstilling av beregnede flomverdier med de ulike metodene og hvilken flomverdi som er benyttet videre ved beregning av vannlinje. Det er bra samsvar mellom resultatene fra de tre metodene. For Hundtjønnbekken nedbørfelt er det valgt å bruke verdier beregnet med rasjonelle metode (konservativt).

Tabell 2-11: Beregnede flomverdier fra alle metoder og endelig estimat av 200-årsflom (momentanverdi med klimapåslag)

Metode	Middelflom [m ³ /s]	Q ₂₀₀ /Q _M [-]	200-årsflom* [m ³ /s]
Frekvensanalyse	0,58	2,8	2,60
NIFS-formelverk	0,85	3,0	2,56
Rasjonelle metode	-	-	2,61
Endelig estimat Q200 [m³/s]			2,61
Med klimapåslag 40% [m³/s]			3,65

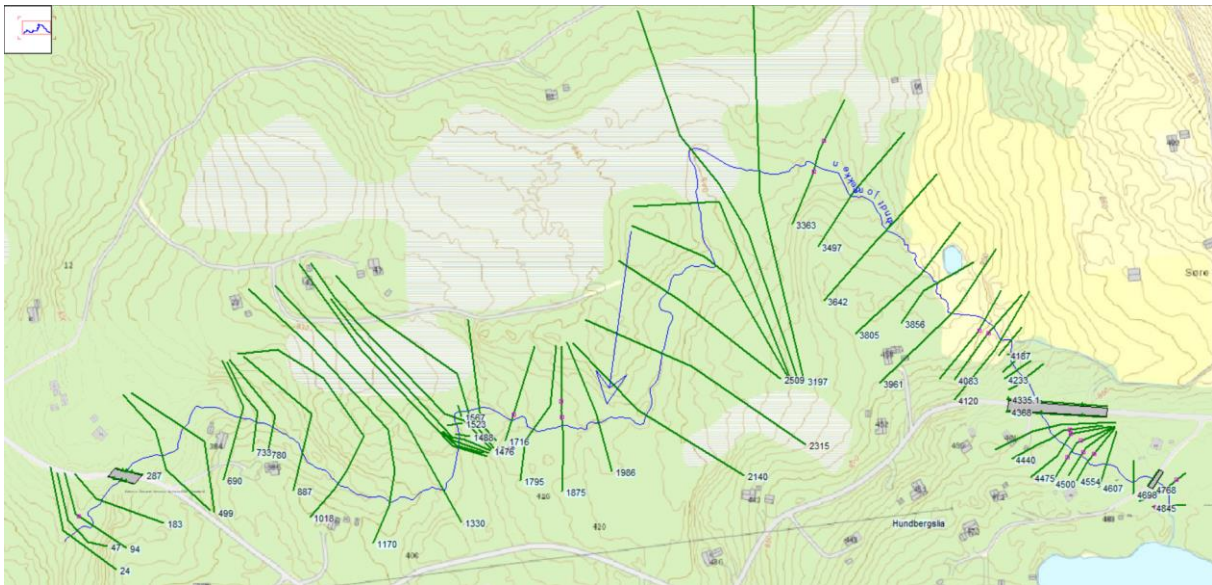
*momentanverdi.

3. VANNLINJEBEREGNING

3.1. Hydraulisk modell

Modelleringsprogrammet HEC-RAS 5.0.7 er benyttet for de hydrauliske beregningene. Modellen er satt opp som en 1D hydraulisk modell.

Det er benyttet en digital terrengmodell (DTM) som er laget med data hentet fra høydedata.no. Data er basert på laserskanninger med fly over området fra 2018, og har en punkttetthet på 2 pkt/m². Innmåling av bekkebunnen, bro og kulverter er ikke gjort pga. mye snø nå i vinter. Dybden av bekkebunnen er estimert fra terrengmodellen. Figur 3-1 viser plassering av tverrprofilene benyttet i modellen. Høydene er gitt i NN2000.



Figur 3-1: Kartet viser tverrsnittprofiler for bekken benyttet i Hec-Ras modellen.

3.2. Bro og stikkrenner

Det er en bro og to kulverter som krysser bekken langs hytteområdet. Noen data på bro og kulverter er fått fra Grunneieren og vegselskapet. Data for bro og stikkrenner er vist i Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Data for bru og kulvert.

	Bro	Kulvert 1	Kulvert 2
Type		korrugert stålør	Betongør
Lysåpning (m ²)	1,5		
Lengde (m)	3,6	8,0	8,0
Diameter (m)		1,10	0,80



Figur 3-2: Bilde av bro sett fra oppstrøms side.



Figur 3-3: Bilde av kulvert 1 sett fra nedstrøms side.

3.3. Friksjonsforhold

Alle typer energitap som påvirker vannstanden langs elveløpene er representert ved en enkelt faktor, Mannings tall, n , (hydraulisk ruhet). Den hydrauliske ruheten i elva er bestemt på grunnlag av standardverdier fra Vassdragshåndboka (Fergus m.fl. ,2010).

Området langs bekken er i hovedsak skog og bekkanten består av lett tett vegetasjon og bekkebunnen består av medium til store steiner. Basert på dette er friksjonsfaktoren (Mannings n) satt til 0,04 i hovedløp og 0,10 for bekkanten og flomslette.



Figur 3-4: Bilder av bekken langs hytteområdet.

3.4. Grensebetingelser

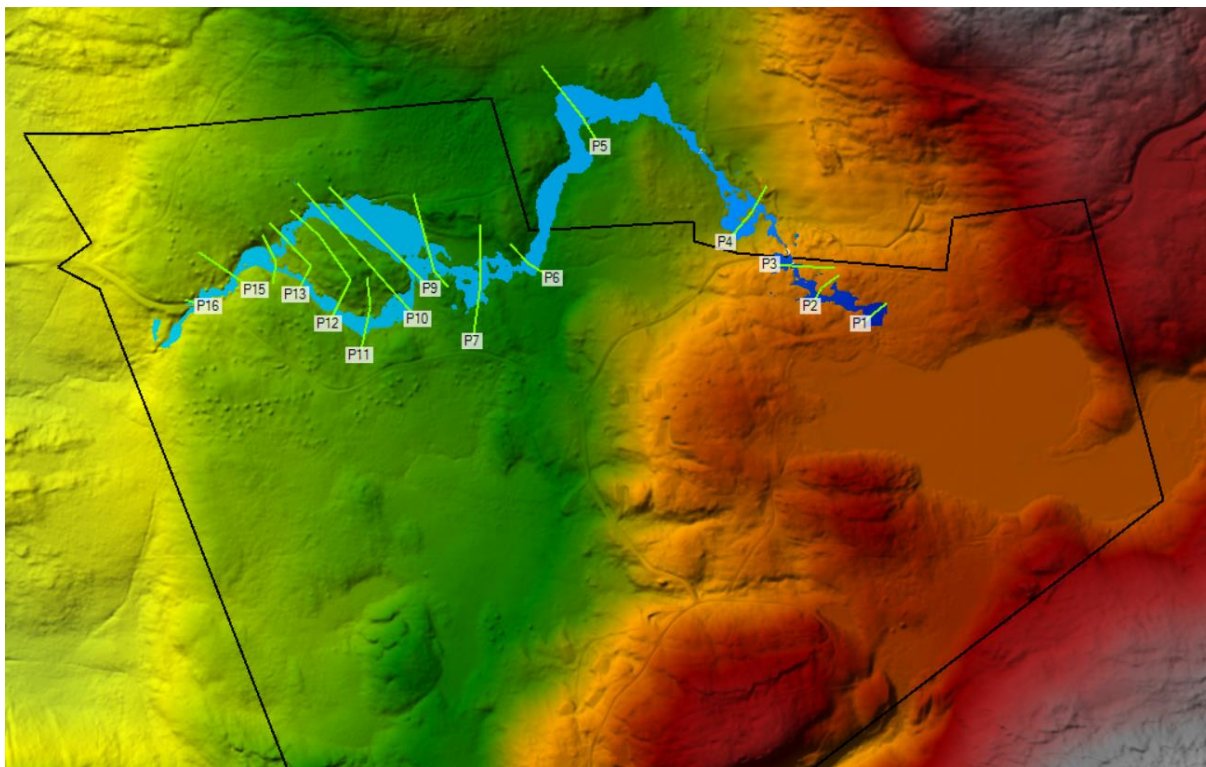
Vannføringen fra flomberegning er brukt som inngangsdata i den hydrauliske modellen (stasjonær strømning). Her er det antatt at det oppstår normalstrømning ved oppstrøms og nedstrøms ende av modellen. Ved normalstrømning følger vannspeilet helningen til elvebunnen.

3.5. Kalibrering

Det foreligger ikke kalibreringsdata, det vil si samtidig innmåling av vannføring og vannstand, for bekkestrekningen. Det er derfor ikke mulig å kalibrere modellen mot observerte data. For å få et inntrykk av hva en endring i ruhet og vannføring betyr for resultatet er det gjort en følsomhetsanalyse i avsnitt 3.7.

3.6. Vannlinje for 200-årsflom

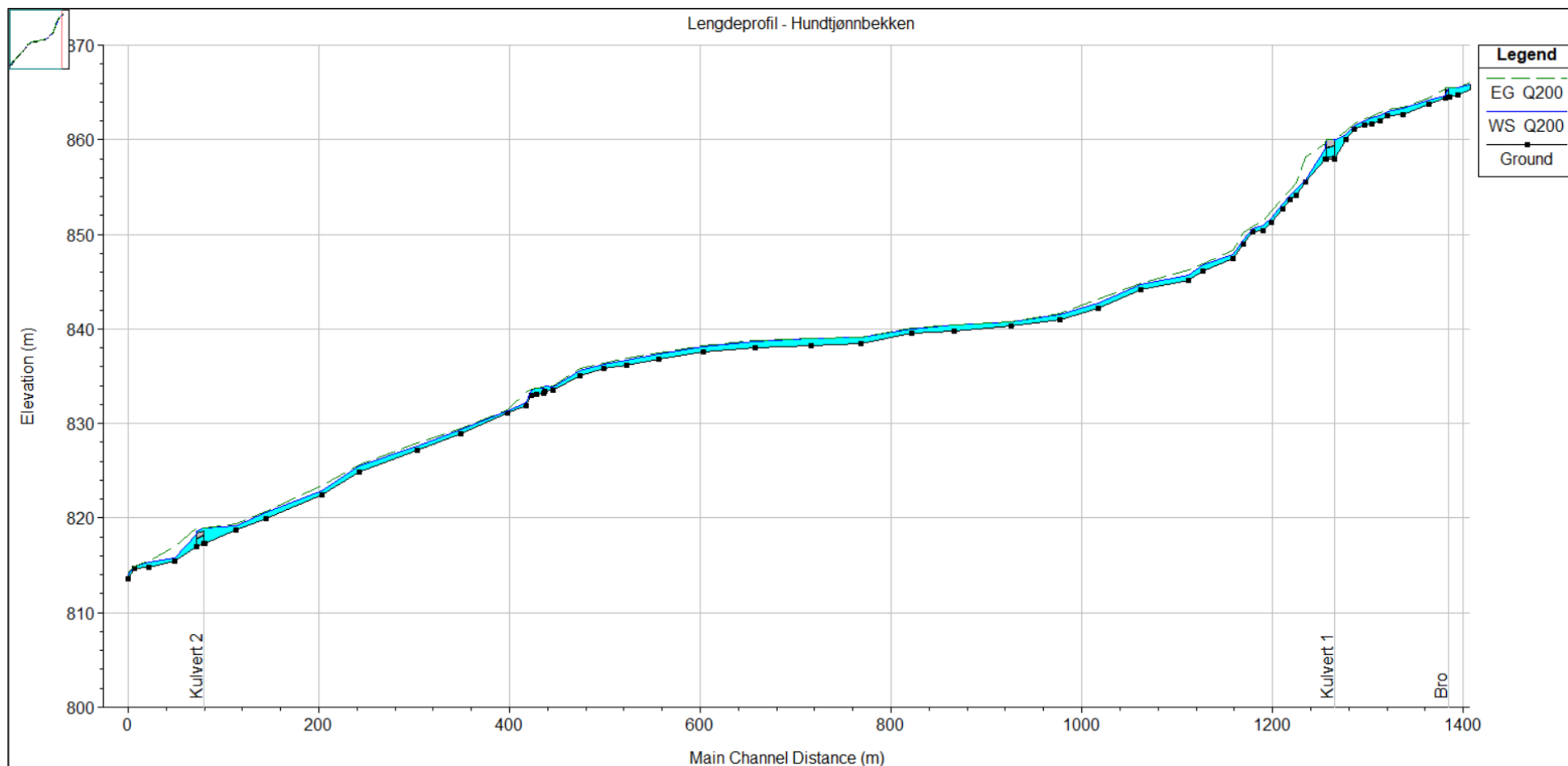
Modellen er kjørt med beregnet 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag lik $3,65 \text{ m}^3/\text{s}$. Resultatene for vannlinjeberegningen er vist i Tabell 3-2. Lengdeprofil er vist i Figur 3-6.



Figur 3-5: Vannflate og plassering av valgte profiler for å presentere resultater. Den svarte linjen er planområdet.

Tabell 3-2: Beregnede vannstander, vannhastigheter og Froudetall ved profiler P1 – P12.

Profil (nr.)	Vannstand (m.o.h)	Energilinje (m.o.h)	Hastighet m/s	Froudetall (-)
1	865,51	865,55	1,10	0,45
2	862,61	862,87	2,52	1,67
3	859,93	860,08	1,74	0,40
4	849,38	850,19	4,09	2,81
5	840,37	840,39	0,78	0,38
6	838,17	838,27	1,66	0,89
7	836,77	836,79	2,22	1,25
8	833,96	833,96	0,79	0,47
9	833,71	833,73	0,86	0,47
10	831,31	831,43	2,1	1,8
11	829,31	829,43	1,74	1,0
12	827,64	827,90	2,5	1,43
13	826,07	826,13	1,36	1,09
14	823,79	823,89	2,06	1,93
15	820,46	820,77	2,44	1,76
16	818,75	818,98	0,89	0,47



Figur 3-6: Lengdeprofil av bekken med beregnet vannlinje (WS) og energilinie (EG) for 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag, Hundtjønnbekken.

3.7. Sensitivitetsanalyse og flomsikkert nivå

For å vurdere usikkerheten i beregnet vannstand er det kjørt en følsomhetsanalyse der verdiene for ruhet og vannføring er økt med 25 %. Analysen viste at en 25 % økning av ruhet i bekkeløpet ga en økning i vannlinje for bekken på opptil 18 cm. Analysen viste at en 25 % økning av vannføring i bekkeløpet ga en økning i vannlinje for bekken på opptil 16 cm.

Basert på følsomhetsanalysen, og anbefaling i NVEs veileder for flom og skredfare i arealplaner (NVE, 2/2014), anbefales det å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 50 cm over beregnet vannlinje som høyde for flomsikkert nivå. Tabell 3-3 viser flomsikkert nivå som bør legges til grunn innenfor planområdet.

Tabell 3-3: Flomsikkert nivå innenfor planområdet.

Profil (nr.)	Vannstand (m.o.h)	Flomsikkert nivå (m.o.h)
1	865,51	866,01
2	862,61	863,11
3	859,93	860,43
4	849,38	849,88
5	840,37	840,87
6	838,17	838,67
7	836,77	837,27
8	833,96	834,46
9	833,71	834,21
10	831,31	831,81
11	829,31	829,81
12	827,64	828,14
13	826,07	826,57
14	823,79	824,29
15	820,46	820,96
16	818,75	819,25

3.8. Kapasitetsvurdering av broen

Beregnet minimum høyde for underkant bru er vist i Tabell 3-4. Av tabellen ser man at utformingen til den eksisterende broen ikke har tilstrekkelig kapasitet til å avlede beregnet 200-årsflom inkludert klimatillegg.

Tabell 3-4: Nøkkeltall for eksisterende bro ved 200-årsflom med 40 % klimapåslag.

	Bro
Ca. kote topp veg (m.o.h)	865,34
Ca. kote elvebunn innløp (m.o.h)	864,49
Fall i gjennomløp (%)	1,5
Maksimum vannstand (m)	0,95
Ca. underkant høyde	0,60
Overtopping	Ja
Kapasitet	Ikke tilstrekkelig

3.9. Kapasitetsberegning av kulverter

Dimensjonerende kapasitet (Q_{kap}) må være større eller lik den dimensjonerende avrenningen fra nedbørsfeltet (Q_{dim}). Samtidig må ikke vannstanden foran kulverten (H_w) være så høy at fyllingen tar skade eller at vann ledes ut av vannveien. Generelt anbefales det at oppstrøms vannstand H_w ikke overstiger toppen av innløpet:

Dimensjoneringskrav: $H_w/D \leq 1$

Der: H_w = Oppstrøms vanndybde [m]

D = Kulvertdimensjon [m]

For innløpskontroll gir $H_w = D$ fritt vannspeil ved innløpet, med lavere vanndybde i gjennomløpet. Nøkkeltall fra beregningen er vist i Tabell 3-5.

Av tabellen ser man at de to eksisterende kulvertene under veg ikke har tilstrekkelig kapasitet til å avlede beregnet 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag.

Tabell 3-5: Nøkkeltall for eksisterende kulvert ved 200-årsflom med 30 % klimapåslag.

	Kulvert 1	Kulvert 2
Type	korrugert stålrør	Betongrør
Ca. kote topp veg (m.o.h)	860,0	818,65
Kote bunn-i-rør innløp (m.o.h)	858,25	817,34
Fall i gjennomløp (%)	3,0	3,0
Kulvert høyde, D (m)	1,10	0,80
Vannstand ved kulvertinnløp, H_w (m.o.h)	860,0	818,95
Vanndybde ved innløp, H_w (m)	1,75	1,61
Innløpsdybde/diameter, H_w/D (m)	1,59	2,01
Overtopping	Ja	Ja
Kapasitet	Ikke tilstrekkelig	Ikke tilstrekkelig

4. FLOMSONEKART

Flomsonekart er generert ved bruk av Ras Mapper i HEC RAS - modellen. Det er utarbeidet flomsone for flom med gjentaksintervall 200 år for eksisterende situasjon. Figur 4-2 viser flomsone for Q200 inkludert påslag for klimafaktor.

4.1. Usikkerhet

Nøyaktigheten i flomsonekartene er avhengig av usikkerhet i hydrologiske data, flomberegningene, vannlinjeberegningene og terrengmodell. De viktigste usikkerhetsfaktorene som påvirker beregningen er:

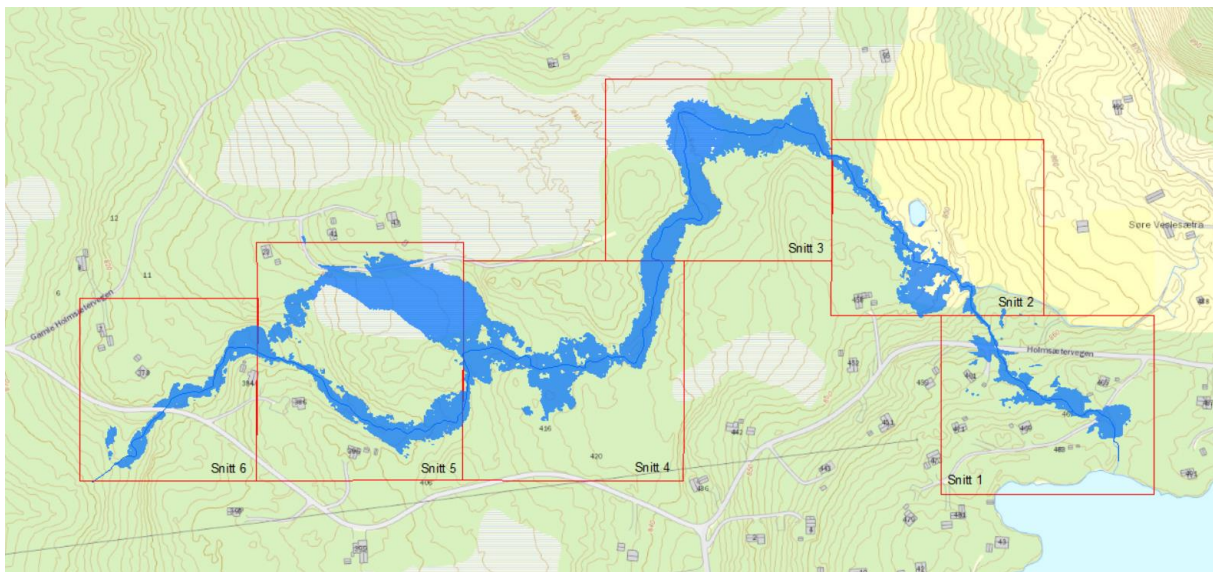
- Usikkerhet i beregnede flomverdier
- Usikkerhet i ruheverdier - vannlinjemodellene er ikke kalibrert. Valgte ruheverdier er omtrentlige, og kan være feilaktige (se også kapittel 3.7).
- Usikkerhet i terrengmodell - oppstikkende detaljer som trær er ikke tatt med i terrengmodellen, og vannet kan i realiteten ta andre veger enn det flomsone indikerer på grunn av dette. Vannet kan grave seg nye veger i en flomsituasjon, og da ta andre veger enn indikert i flomsonekart.

4.2. Bruk av flomsonekart og sikkerhetsmargin

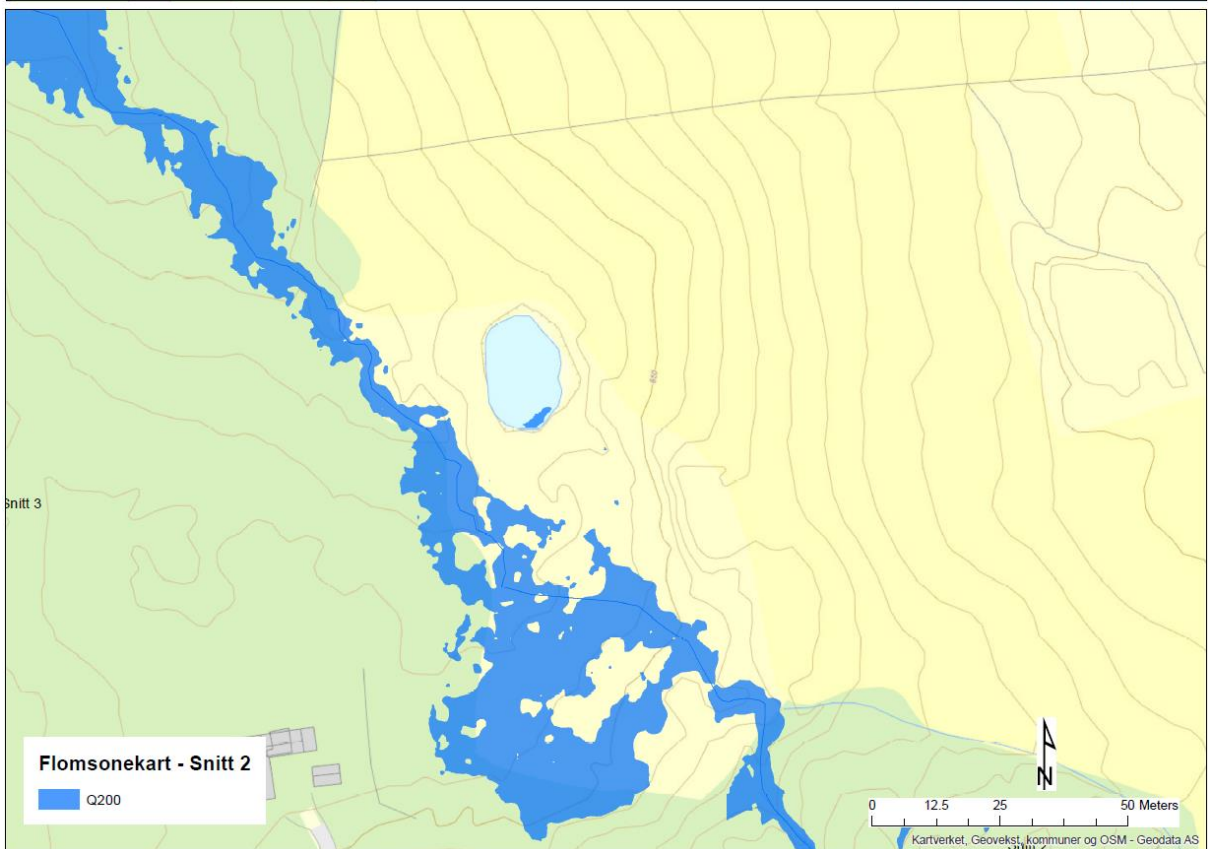
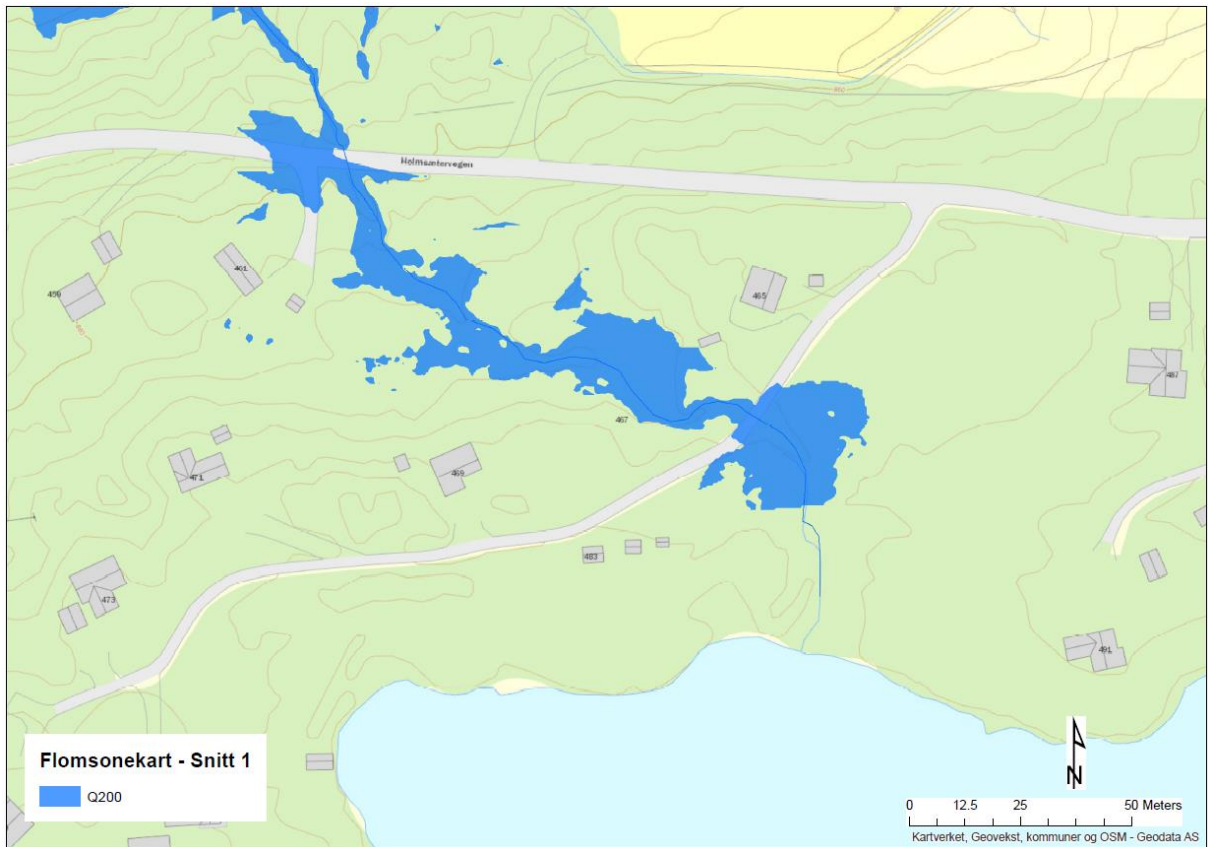
Sikkerhetskrav for byggverk i forhold til flom og stormflo er gitt av Plan- og bygningsloven (TEK 17 § 7-2). Kravene baserer seg på type bebyggelse og hvilken største nominelle årlige sannsynlighet for flom som kan aksepteres. Flomsonekartet kan benyttes direkte til å identifisere hvilke områder som ikke bør bygges ut, og hvilke risikoreduserende tiltak som kan være aktuelt dersom utbygging ikke kan unngås.

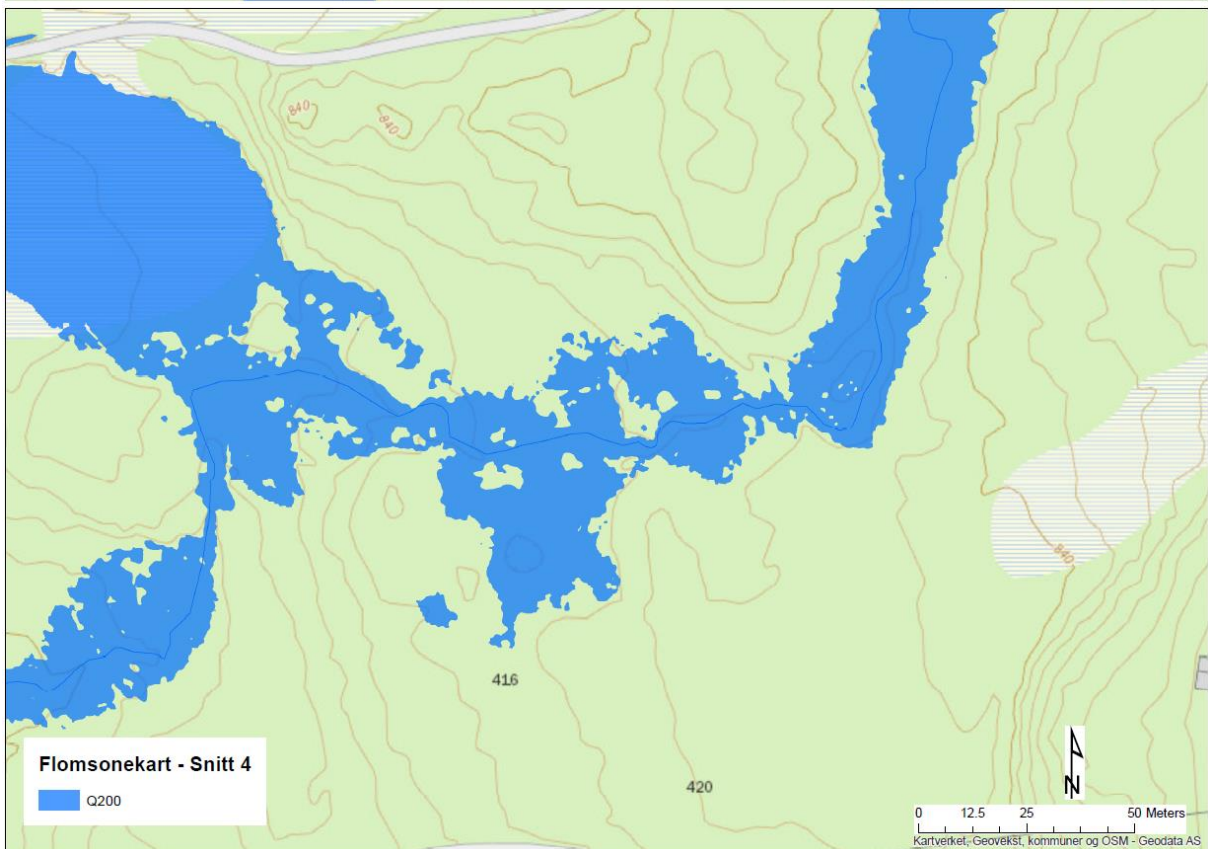
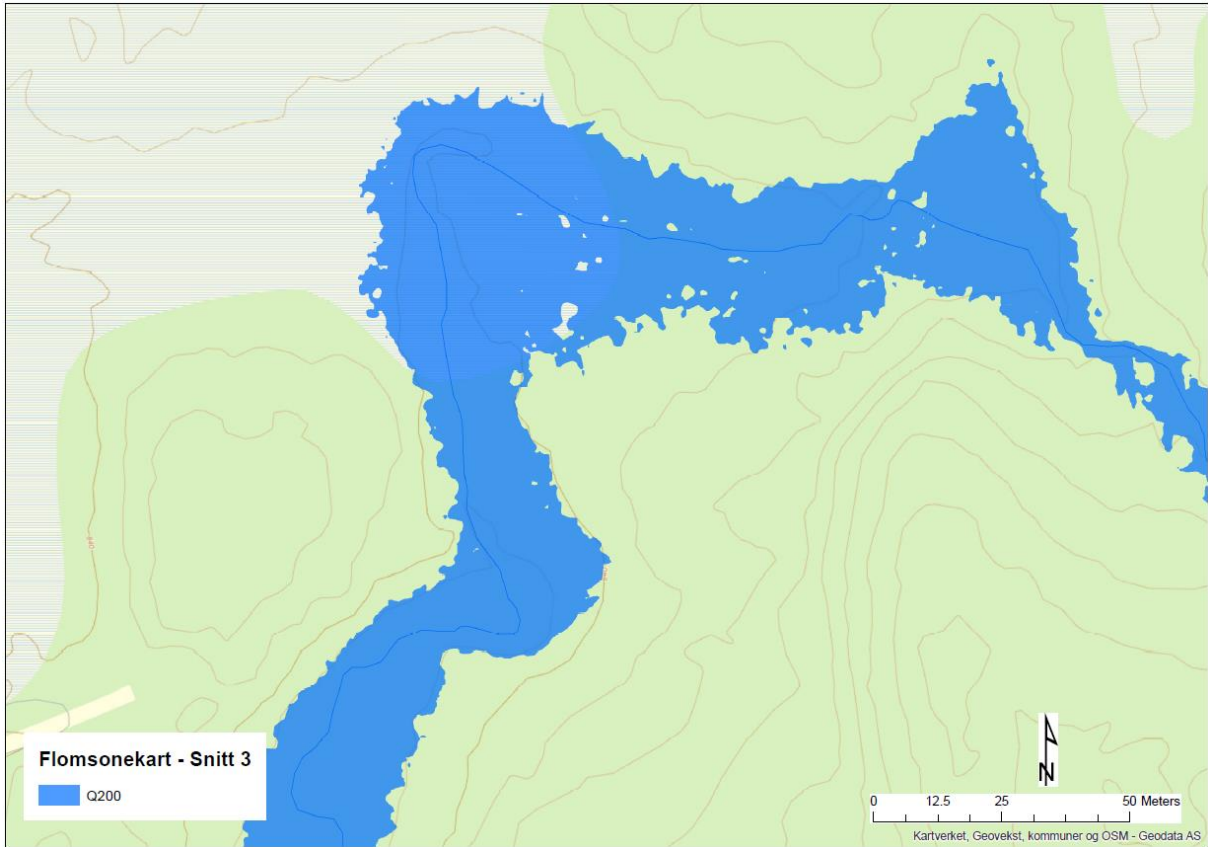
Usikkerheten til flomsonekart må tas i betraktning, da kartene har en begrenset nøyaktighet. Dette gjelder spesielt i forbindelse med detaljplanlegging og ved bygge- og delesaksbehandling der vannstander bør kontrolleres mot terrenghøyder. Det anbefales at usikkerheten i kartene tas hensyn til i form av å legge på en sikkerhetsmargin på 50 cm til beregnede vannstander. Størrelsen til den anbefalte sikkerhetsmarginen bygger på resultatene fra sensitivitetsanalysen (kap 3.7).

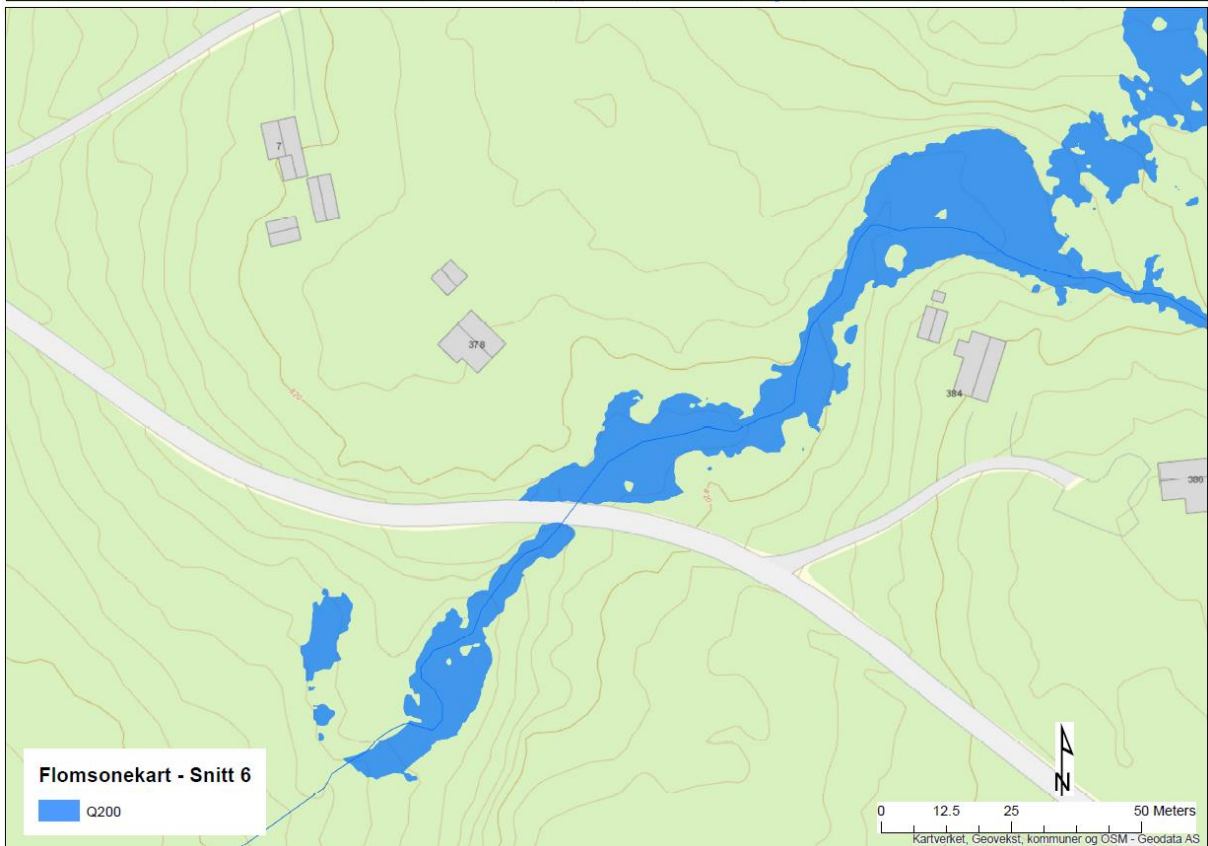
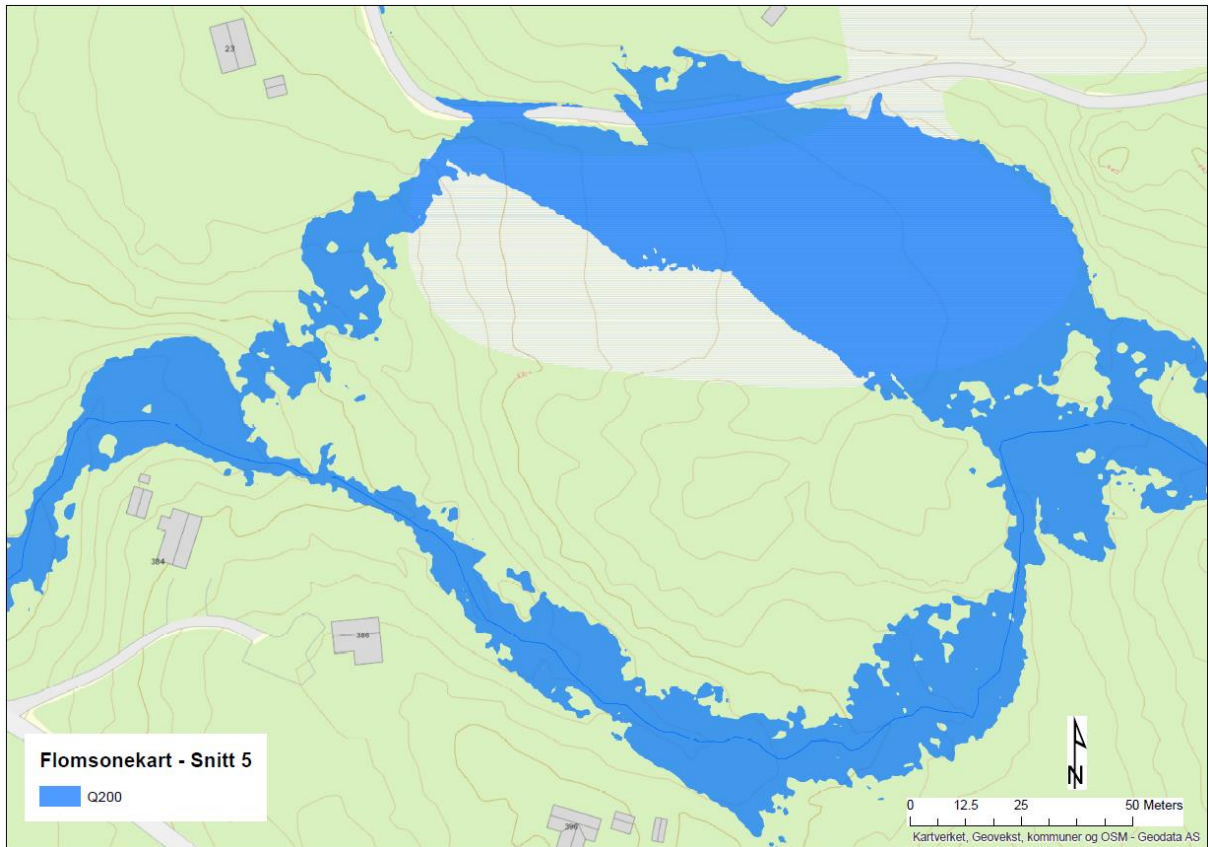
4.3. Flomsonekart - Eksisterende situasjon



Figur 4-1: Oversiktskart for utsnittene.







Figur 4-2: Flomsoneskart, 200-årsflom inkludert 40% klimapåslag.

5. KONKLUSJON

Flomsikre nivåer for en 200-årsflom i henhold til sikkerhetsklasse F2 i TEK17 er gitt i Tabell 3-3 med henvisning til profiler i Figur 3-5. Beregningene viser at områder nær bekken kan være utsatt ved en 200-årsflom.

Reguleringsområdet ligger innenfor beregnet flom vannstand. Som vist i Figur 4-2, vil areal nærmest bekken bli oversømmet i en 200-års flom med dagens terrengnivå. Det er lagt opp til at areal nærmest Hundtjønnbekken skal være friområde. En 200-års flom berører således ikke bebyggelse som legges på flomsikkert nivå. Friområdet vil danne en buffer og en sikkerhetsavstand mot elva.

6. KILDER

Fergus, T., Hoseth K.A., Sæterbø, E., 2010: Vassdragshåndboka, Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø, Tapir, Trondheim.

HEC-USACE, 2018: HEC-RAS 5.0.7 River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, US Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC), Davis, CA, USA.

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

NVE, 2008: Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag. NVE veileder 1-2008.

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

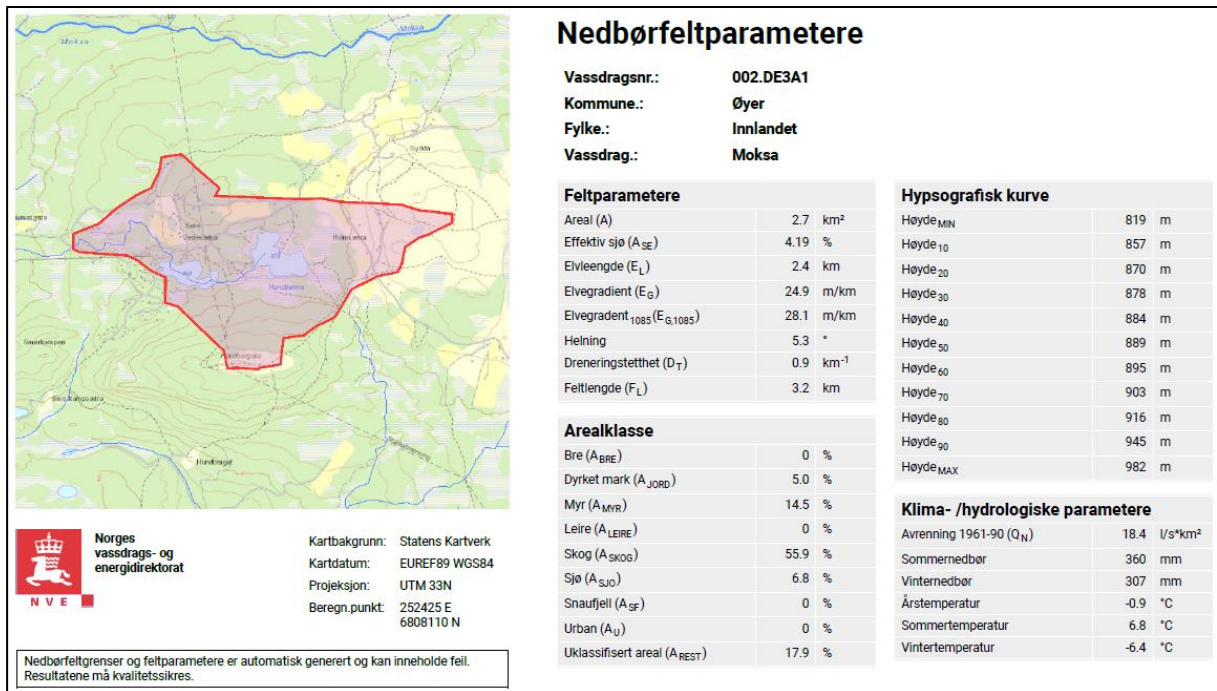
Databaser og kartverktøy:

www.hoydedata.no

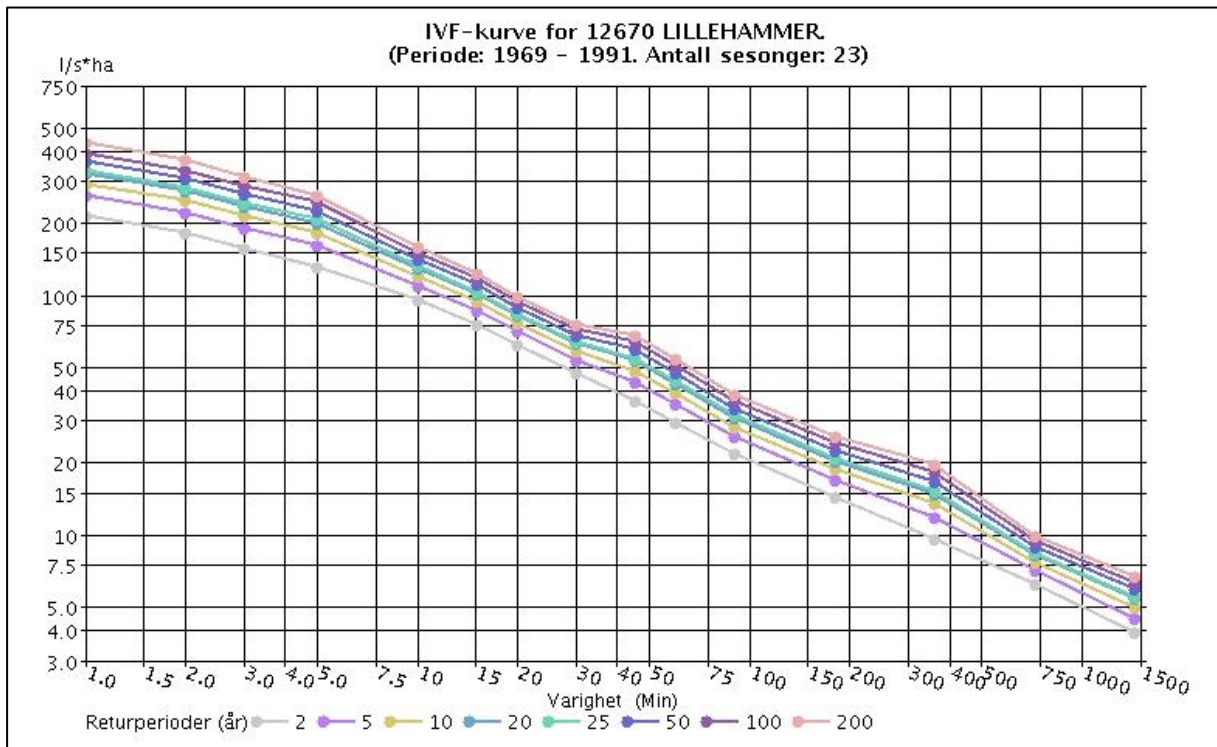
www.nve.no: NVE Atlas, NEVINA, Hydra II

7. VEDLEGG

Vedlegg 1: Lavvannskart/NEVINA-rapport for nedbørfelt



Vedlegg 2: IVF-Kurver



Vedlegg 3: Tverrprofil av bekken med beregnet vannlinje for profiler vist i figuren nedenfor

