
RAPPORT

FLAUMFAREKARTLEGGING HUSAVATNET
OSTERØY KOMMUNE



Kunde: Osterøy kommune ved Anders Gulowsen

Prosjektnummer: 10220001

Dato: 06.11.2020

Samandrag:

Det er gjort ei flaumfarekartlegging av området som har avrenning til Husavatnet og planområdet nedstrøms Husavatnet. Flaumsikker høgde «i Husavatnet» er $51.54+0.3=51.84$ m.o.h. Elles så er det flaumsonekartet i vedlegg 2 + sikkerheitspåslag på 30 cm som gjeld.

Rapporteringsstatus:

- Endeleg
- Oversendt for kommentar
- Utkast

Utarbeida av: Agathe Alsaker Hopland	Sign.:
Eythor Gudlaugsson	Sign.:
Kontrollert av: Anne Bjørkenes Christiansen	Sign.:
Prosjektleder: Agathe Alsaker Hopland	Prosjekteigar: Karel Grootjans

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Skildring	Utarbeida av	Kontrollert av

Innhold

1	Bakgrunn	4
1.1	Områderegulering Lonevåg – Husavatnet	6
1.2	Flaum	7
1.2.1	Sesonginndeling	8
1.2.2	Storleik og forløp	8
1.3	Dagens situasjon	8
2	Nedbørsfelt	10
3	Flaumvurdering	11
3.1	Rasjonal metode	11
3.2	Flaumfrekvensanalyse (FFA)	14
3.3	Nasjonalt formelverk (NIFS)	18
3.4	Oppsummering flaumvurdering	19
4	Hydraulisk Modell	19
4.1	Programvare	19
4.2	Kartdata og geometri	19
4.3	Ruhet	19
4.4	Grensekraft	19
5	Resultat	21
5.1	Usikkerheit og sikkerheitsmargin	22
6	Referansar	23
7	Vedlegg	24

1 Bakgrunn

Osterøy kommune har kontakta Sweco på rammeavtale for å få gjennomført ei flaumfarekartlegging av området som har avrenning til Husavatnet og området nedstrøms i samband med krav i reguleringsplanlegging (sjå figur 1). Flaumfarekartlegginga skal støtte nasjonale krav til arealplanlegging, og arbeidet skal nyttast i samband med «Områderegulering Lonevåg». Alle dokument tilhøyrande reguleringsplanen finns i planregisteret til kommunen: <https://www.nordhordlandskart.no/pr>. Oversiktskart over Husavatnet er vist i figur 2.

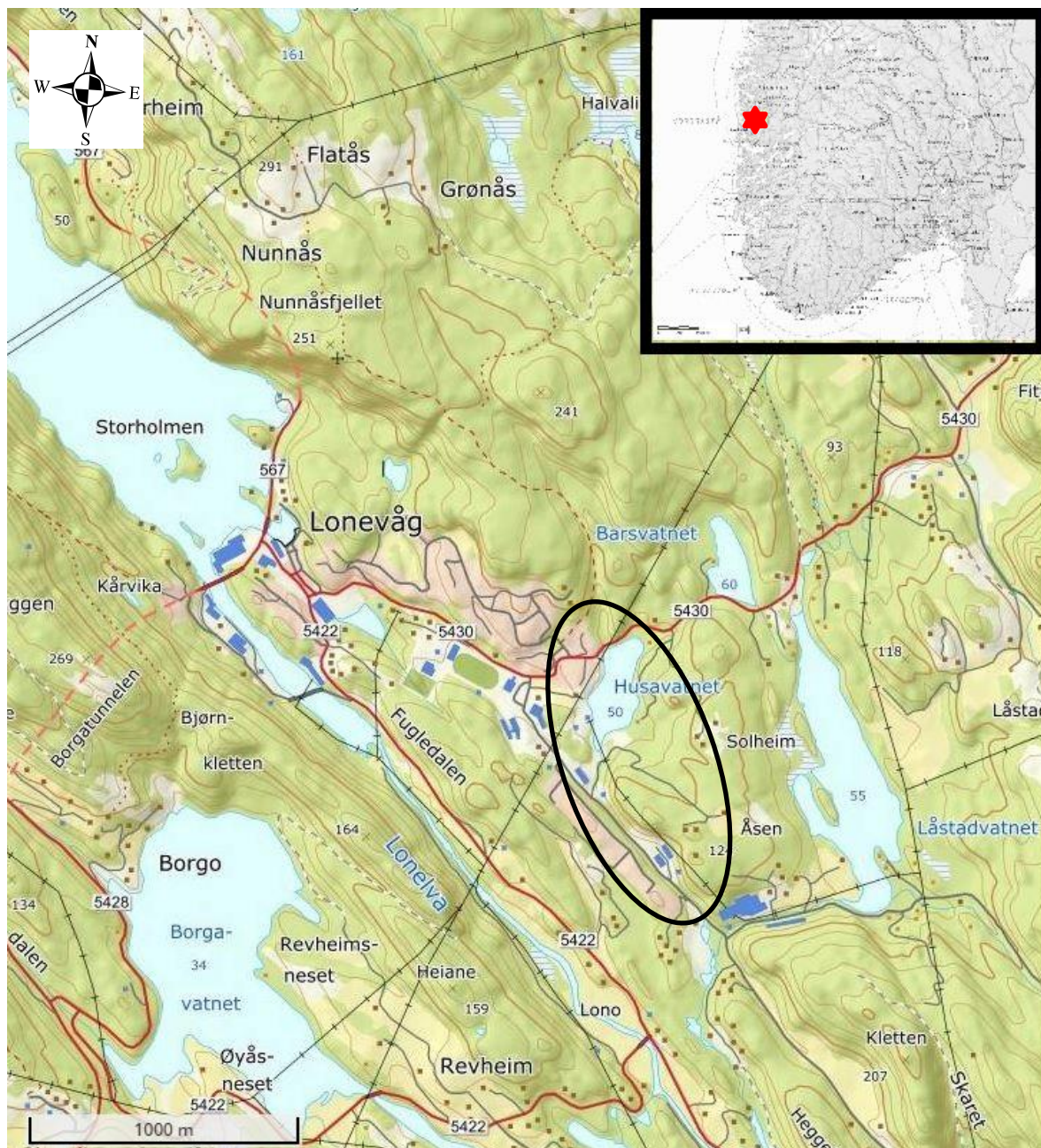
Dette notatet gir Sweco sin faglege og skjønnsmessige vurdering av flaumfaren rundt Husavatnet. Det er ikkje gjennomført synfaring av området etter ønske frå kommunen.



Figur 1 Skisser oversendt av kunde for å illustrere området det er snakk om (Kjelde: e-post frå Osterøy kommune datert 11.09.2020).

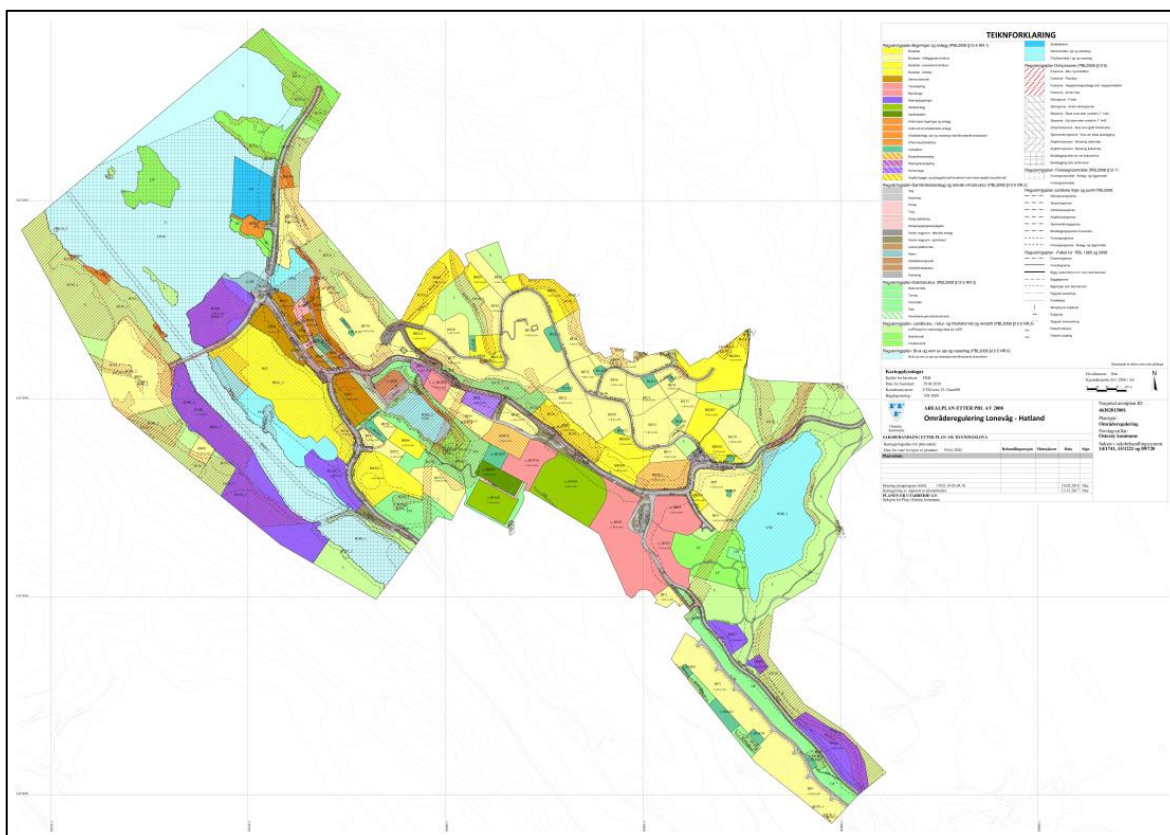
Arbeidsomfang

1. Utføre flaumutrekning for 200-års flaum.
2. Lage terrengmodell basert på laserdata.
3. Kontroll av kulvertar/rør etc. Disse er antatt tilstoppa.
4. Vurdere konservativ ruhet.
5. Lage flaummodell.
6. Modellere aktuelle flaumsoner for 200-års flaum.
7. Lage flaumsonekart og kortfatta notat.



Figur 2 Oversiktskart som viser kor modelleringsområdet (svart sirkel) er plassert i Lonevåg, Vestland fylke (Kjelde: <https://www.nordhordlandskart.no/>). Utklippet øvst til høyre viser kor planområdet er plassert på noregskartet (Kjelde: <https://atlas.nve.no/>).

1.1 Områderegulering Lonevåg – Husavatnet

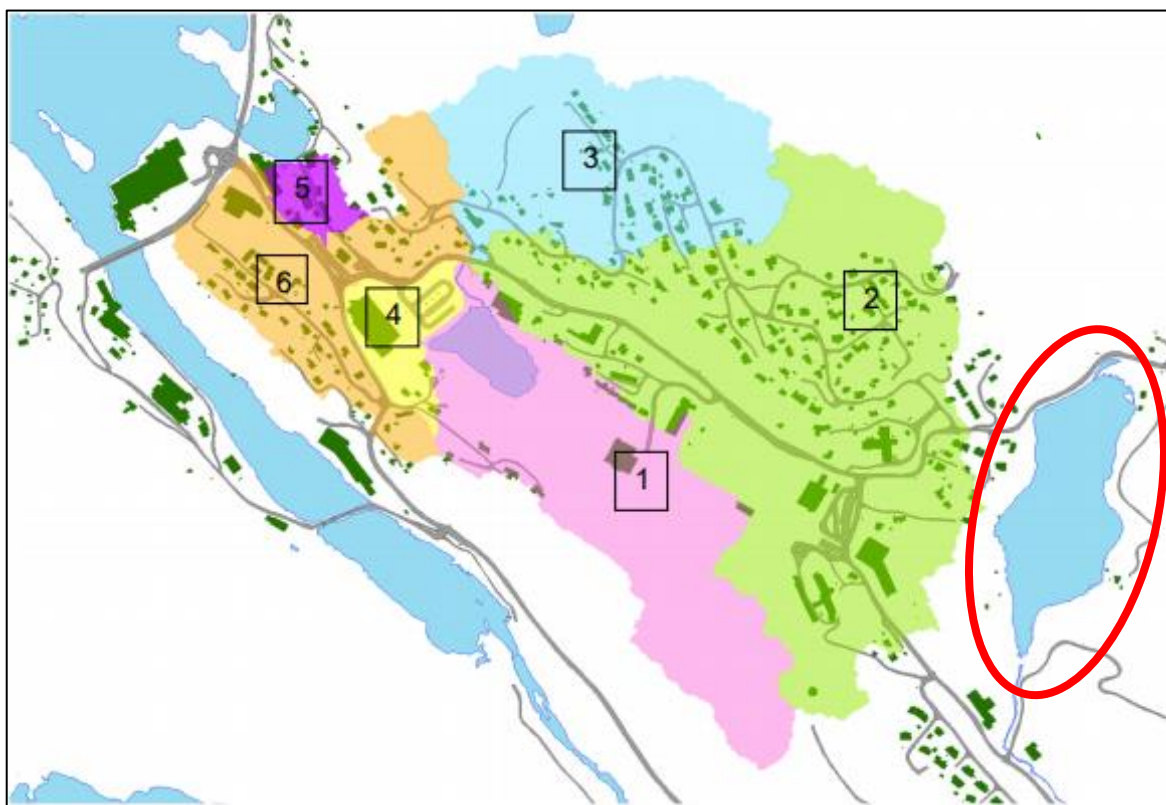


Figur 3 Arealplankart versjon 1 datert 29.04.2020 (Kjelde: <https://www.nordhordlandskart.no/pr/>).

Osterøy kommune har opplyst at flaumfarekartlegginga skal brukast i samband med «Områderegulering Lonevåg», plankart i figur 3. I planskildringa skriv kommunen at «Området langs Husavatnet er svært viktig for friluftsliv, og er i dag noko lagt til rette for bruk. Planen vil legge til rette for å forvalte dette området med endå større grad av tilrettelegging.» (Osterøy kommune, 2020). I «Arealinnspel 180119-030319» (Osterøy kommune, 2019) har NVE bl.a. kommentert:

«Husavatnet er ein del av det verna vassdraget Loneelvi. Planområdet dekker og den smale vågen inn mot vassdraget sitt utløp i sjøen. Rikspolitiske retningslinjer for verna vassdrag skal leggjast til grunn i planarbeidet. Retningslinjene gjeld hovudelv, sideelvar, større bekkar, innsjøar og tjern, og eit område på inntil 100 m breidd på sidene av desse. Det må leggjast opp til ein arealbruk som ikkje reduserer verneverdiane knytt til vassdraget.» (side 11)

I 2017 gjorde Asplan Viak ei flaumfarekartlegging for kommunesenteret i Lonevåg (Birkeland, 2017) med påfølgjande konseptanalyse for risikoreduserande tiltak (Hystad, 2017). Denne kartlegginga dekte ikkje området rundt Husavatnet, sjå figur 4.



Figur 4 Figur som viser nedbørsfeltet Asplan Viak vurderte i flaumsonekartlegginga frå 2017. Husavatnet i raud sirkel (Kjelde: Birkeland, 2017).

1.2 Flaum

Det er dei klimatiske og fysiografiske forholda i vassdraget som påverkar flaumforholda. Som ein hovudregel er det regn som skapar flaumar - då særleg regnbyer med høg intensitet som varer tilsvarende konsentrasjonstida til vassdraget. Det kan variere frå nokre minutt i urbane eller bratte områder, til veker i store vassdrag som Glomma eller i innsjøar med smale utløp. Det er likevel ikkje ein eintydig samanheng mellom mykje nedbør og flaum. Kvart år får ein flaumar mange stader i landet på grunn av snøsmelting, men når skadeflaumar oppstår er slike stort sett årsaka av regn eller ein kombinasjon av regn og snøsmelting.

Årstidene for dei største flaumane variera stort i Norge. Dei store flaumane oppstår som regel når nedbør kjem i kombinasjon med andre ugunstige forhold som snøsmelting, frosen mark og/eller fordi jorda allereie er metta med vatn. I kyststrøka er det haust- og vinterflaumane som bruka å dominere med regn på metta eller frosen mark, og i innlandet er det som oftast vår og førsommar som er kritisk med snøsmelting kombinert med regn.

Topografiske forhold som høgde og helling har også avgjerande betydning for utviklinga av flaum i eit vassdrag. Normalt får ein ikkje snøsmelting samtidig i høgjellet og låglandet, men i nedbørsfelt med liten høgdeforskjell kan snøsmeltinga være nesten like intens i heile feltet samtidig. I bratte felt vil flaumvatnet samlast raskare i hovudvassdraget enn i flate. Det same gjelder felt med eit godt utvikla dreneringsnett i forhold til felt med få bekkar og elvar.

Om det finns innsjøar og kor desse er plassert i nedbørsfeltet har stor betydning for utviklinga av flaum. Innsjøar dempar verkinga av flaumen, særleg store innsjøar og innsjøar som ligg langt nede i vassdraget (NVE, 4/2011).

1.2.1 Sesonginndeling

For store delar av landet skil ein hovudsakleg mellom to forskjellige flaumtypar, vårflaum og sommar-/haustflaum. Disse må difor skiljast statistisk. Ut frå observerte flaumar i eller i nærheita av feltet kan sesongen som skapar flaum fastleggast og dermed kva ekstreme nedbørsverdiar som skal ligge til grunn for eventuell utrekning i ein hydrologisk modell.

Sesonginndelinga vel ein ut frå feltet si geografiske plassering. I enkelte delar av landet, for eksempel langs kysten, vil det være umogeleg å skilje mellom vår- og sommar-/haustflaumar. Her må ein sjå på årsflaum. Viss det er store flaumar både vår og haust i eit område kan det være fare for at ein undervurdera dei store flaumane ved å utføre separate analyser for vår- og haust-sesongen. I slike tilfelle bør ein utføre flaumfrekvensanalyse på årsflaumar.

1.2.2 Storleik og forløp

Som regel er det flaumen sin kulminasjonsstorleik som er interessant, men i flaumutrekning for regulerte magasin og innsjøar kan flaumen si varigheit og forløpet være av interesse. Er dempinga i innsjø eller magasin liten er kulminasjonsvassføringa viktigast. Er dempinga stor er flaumen sitt volum av større betydning. Hydrologisk tilstand i feltet har mykje å sei for flaumstorleiken.

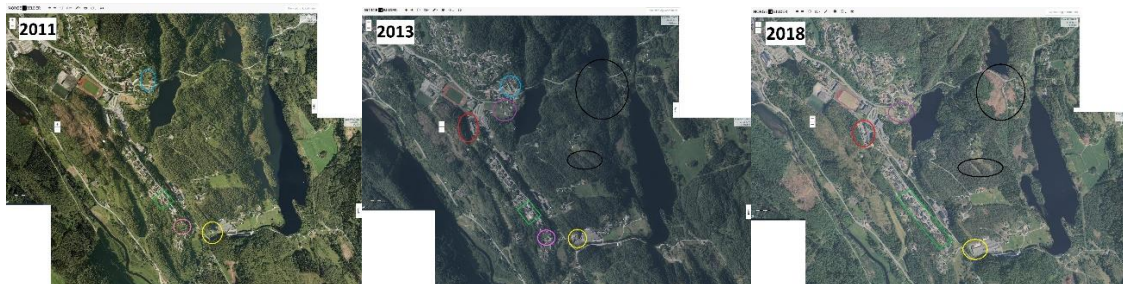
Viss flaumverdien er utrekna som døgnmiddelverdiar må ein også estimere kulminasjonsverdien. Om ein har data anbefalast det at flaumfrekvensanalysa blir utført på momentanflaumar (kulminasjonsvassføringar). Alternativt kan forholdet mellom kulminasjonsvassføring og døgnmiddelverdi ved dei største flaumane i vassdraget eller i samanliknbare nedbørsfelt nyttast. Viss ein ikkje har data blir det anbefalt å bruke formlane i NVE sine retningslinjer for utrekning av flaum (NVE 4/2011).

Basert på feltparametrar kan ein finne observerte forholdstalet mellom momentanflaum og døgnmiddelflaum i NVE sine retningslinjer for ei rekke målestasjonar. For enkelte små nedbørsfelt eller felt med veldig lite naturleg demping er det funne faktorar mellom døgnmiddel- og kulminasjonsverdi på opp mot ca. 3.

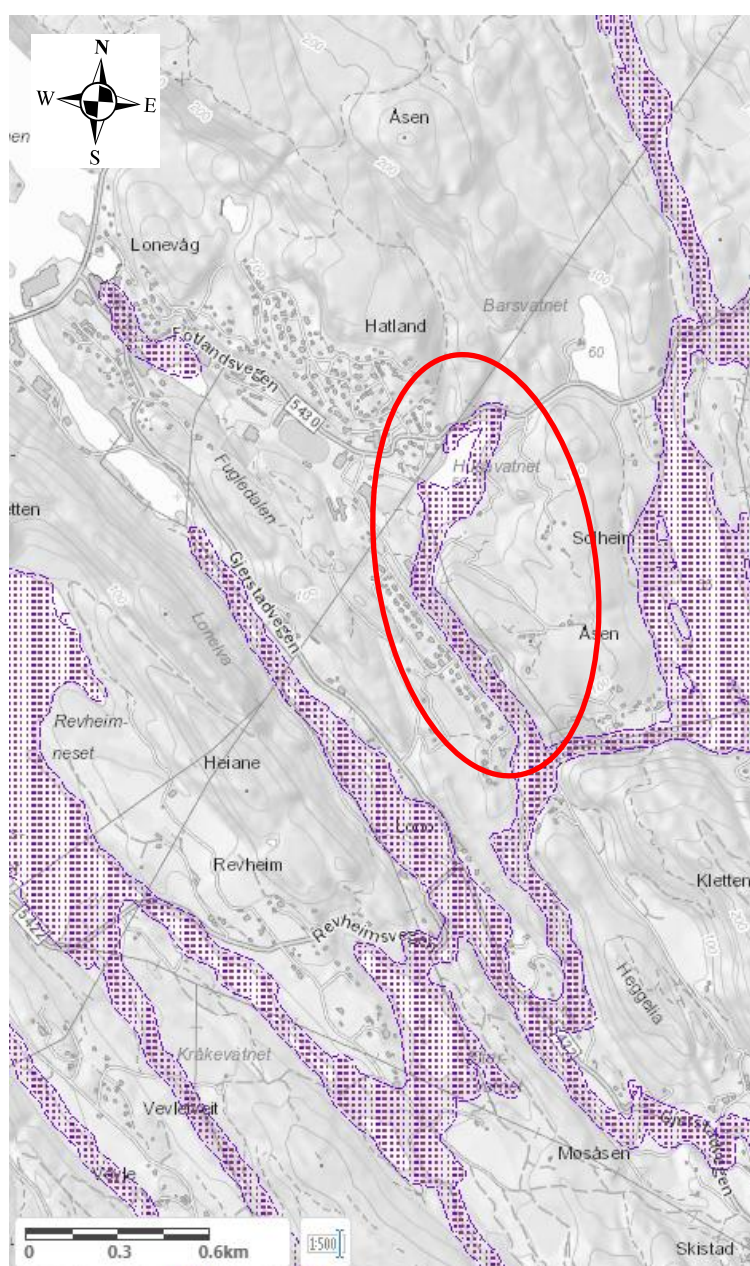
1.3 Dagens situasjon

Dei siste laserdata som finns ved Husavatnet på hoydedata.no er frå 2011. Det finns ortofoto på «Norge i bilder» (www.norgeibilder.no) frå 2011, 2013 og 2018. I figur 5 er endringane som kjem tydeleg fram på desse ortofoto rundt og nedstrøms Husavatnet markert.

I NVE Atlas (<https://atlas.nve.no/>) ligg Husavatnet og nedstrøms areal i eit aktsemdsområde for flaum, sjå figur 6. «Klimaprofil Hordaland» fortel at det er venta meir kraftig nedbør, meir overvatn, fleire og større regnflaumar, og tidlegare snøsmelteflaumar i området. På nedbørshendingar under 3 timar er det tilrådd eit klimapåslag på minimum 40 %. På flaumvassføring er det anbefalt eit klimapåslag på enten 20 % eller 40 % for alle nedbørsfelt avhengig av geografisk plassering og flaumsesong (Norsk Klimaservicesenter, 2017). Det er ikkje registrert nokon hendingar i området på Flomhendelser (www.flomhendelser.no).



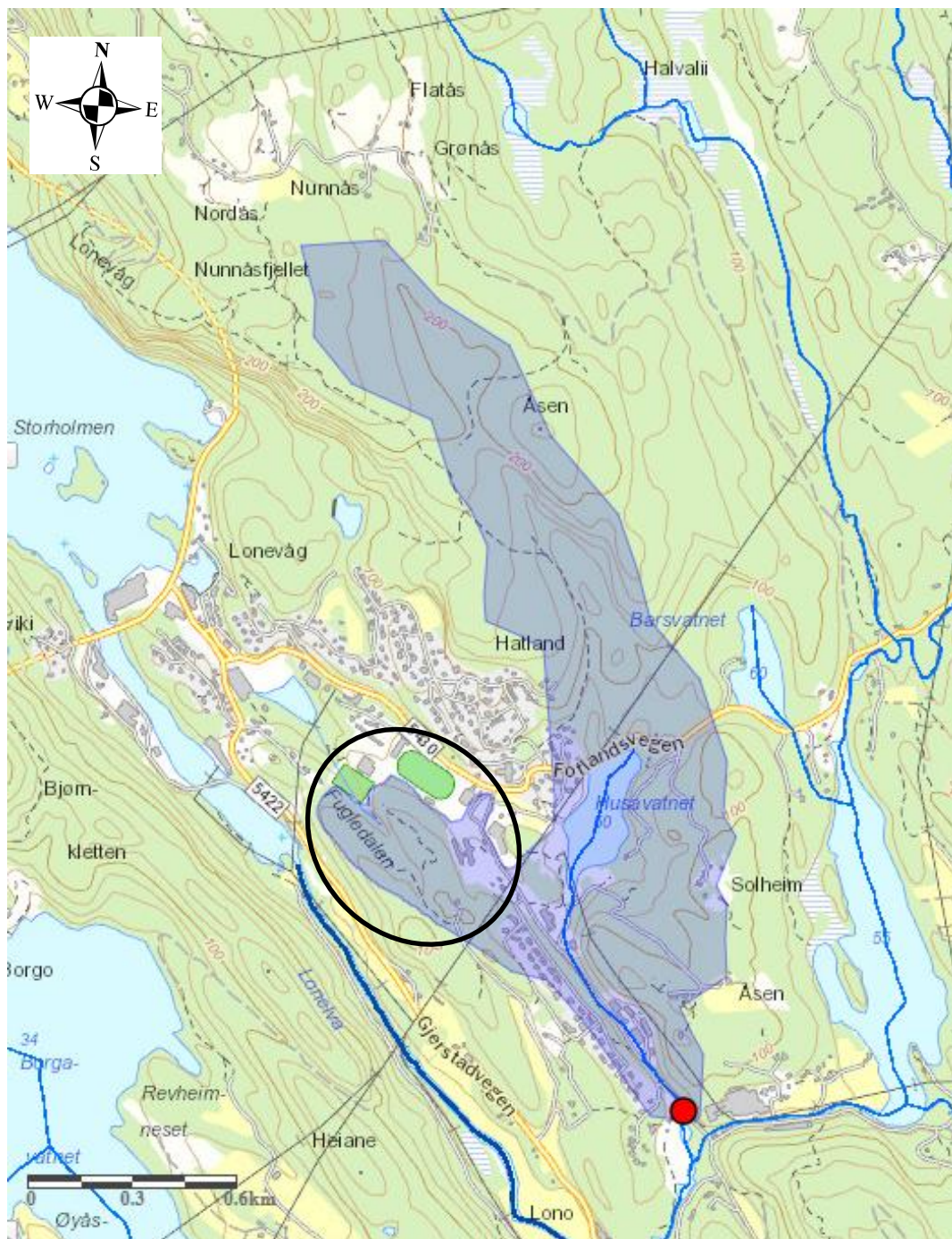
Figur 5 Samanlikning av ortofoto frå 2011, 2013 og 2018. Sirkalar med ulik farge viser endringar som er oppdaga (Kjelde: <https://norgebilder.no/>).



Figur 6 Prikkete lilla område er det NVE definera som «flom aktsomhetsområde». Raud sirkel markera aktsemdsområdet i planområdet. (Kjelde: <https://atlas.nve.no/>)

2 Nedbørsfelt

Nedbørsfeltet til modelleringsområdet (figur 7) er lokalisert nordaust for Bergen. Nedbørsfeltet er ein del av nedbørsfeltet Lonelvi (060.4Z), som er eit kystfeltet på Osterøy (<https://temakart.nve.no/tema/nedborfelt>). Nedbørsfeltet er utvida etter informasjon frå Osterøy kommune om at det kjem til å kome eit bustadfelt (Fugledalen) som skal drenere til Husavatnet. Sjå svart sirkel i figur 7. Nedbørsfeltet til modelleringsområdet drenera sørover, og inneheld ca. 87 % skog, 4 % sjø, 3 % urbane områder og 2 % dyrka mark. Resten er «uklassifisert areal» (vedlegg 1). Tabell 1 gir ei oversikt over feltparameterane til nedbørsfeltet.



Figur 7 Nedbørsfeltet til modelleringsområdet inkl. tillegg (svart sirkel) som er oppgitt frå Osterøy kommune at skal drenere mot Husavatnet når blir utbygd (Kjelde: <https://nevina.nve.no/>).

Tabell 1 Felldata for nedbørsfeltet til modelleringsområdet (Kjelde: <https://nevina.nve.no/>).

Feltparametrer							
Feltareal	A	(km ²)	1,29	Spesifikk avrenning, 1961-1990	Q _N	(l/s km ²)	77,2
Effektiv sjøprosent	A _{SE}	(%)	2,75	Middelvassføring (A·Q _N)	Q _{mid}	l/s	99,6
Innsjø		%	3,7	H _{min}		m	46
Myr		%	0	H _{max}		m	263
Urbanområde		%	3,3	Årsnedbør		mm	2314
Skog		%	86,8	Årstemperatur		°C	6,7
Dyrka mark		%	1,6				
Uklassifisert		%	4,6				

3 Flaumvurdering

For Husavatnet og området nedstrøms er det valt å samanlikne tre metodar med bakgrunn i storleiken på nedbørsfeltet (1,29 km²):

1. Rasjonal metode (kulminasjon)
2. Flaumfrekvensanalyse (døgnmiddel)
3. NIFS (kulminasjon)

Basert på Klimaservicesenteret sine anbefalingar i «*Klimaprofil Hordaland*» er det valt å bruke eit klimapåslag på 40 % (klimafaktor 1,4).

3.1 Rasjonal metode

NVE anbefala ikkje denne metodikken brukt på nedbørfelt over 0,5 km² (Fergus et al. 2010). Bane NOR anbefala metoden brukt på mikrofelt, som dei klassifisera som under 1 km² (https://trv.banenor.no/wiki/Underbygning/Prosjektering_og_bygging/Drenering#Stikkrenner).

Statens vegvesen anbefala ikkje formelen brukt på felt over 2 km² (SVV, 2018). Blir vassdraga særleg større enn 2 km² gjev rasjonal metode store usikkerheiter i resultatane.

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

Q = vassføring [l/s]

C = avrenningsfaktor (0-1)

i = nedbørsintensitet [l/s ha]

A = areal [ha]

K_f = klimafaktor

Avrenningsfaktor C er satt til 0,5 (SVV, 2020) med bakgrunn i at ein ved ein 200-års flaum antar at all jord er 100 % metta. Areal 1,29 km² er henta frå NEVINA-rapporten (vedlegg 1). Det blir ikkje lagt til noko klimafaktor her for å kunne samanlikne verdiane med dei andre metodane.

Nedbørsintensitet i er funne ut frå ei estimert IVF-kurve ved Husavatnet, sjå figur 8 og 9. For å finne konsentrasjonstid t_c er denne formelen brukt:

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

L = feltlengde [m]

ΔH = høgdeforskjellen i feltet [m]

A_{se} = del innsjø i feltet

L og ΔH er henta frå NEVINA-rapporten (vedlegg 1).

$$A_{se} = 2,75 \%$$

$$t_c = 0,6 * 2800 * (217)^{-0,5} + 3000 * 2,75 = 139 \text{ min.} \sim \underline{140 \text{ min}}$$

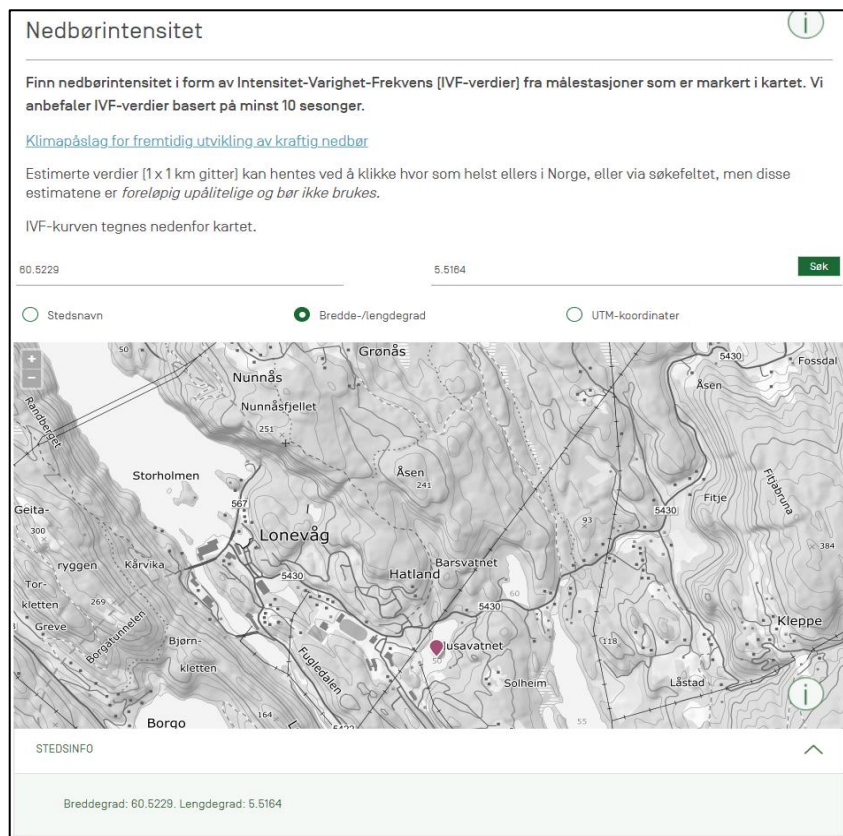
For å finne ein nedbørsintensitet ved 140 min. er returverdiane for den estimerte IVF-kurva brukt (figur 9). For å finne verdien ved 140 min. i tabell 2 er det interpolert 200-års verdiar (0,85) mellom 120 min og 180 min.

120 min.	130 min.	140 min.	150 min.	160 min.	170 min.	180 min.
66,0 l/s*ha	65,15 l/s*ha	64,3 l/s*ha	63,45 l/s*ha	62,6 l/s*ha	61,75 l/s*ha	60,9 l/s*ha

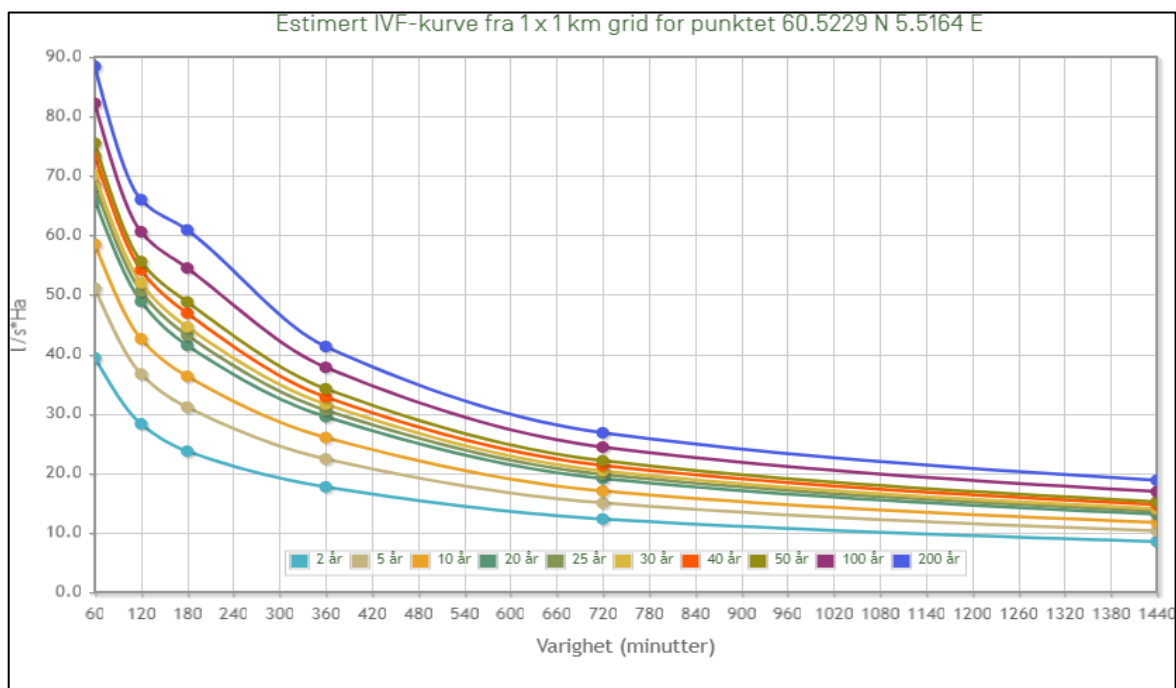
Dette gir ei kulminasjonsvassføring i nedbørsfeltet på:

$$Q_{200} = 0,5 * 64,3 \text{ l/s*ha} * 129 \text{ ha} * 1 \sim \underline{4147 \text{ l/s}} = \underline{4,1 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$= 4147 \text{ l/s} / 1,29 \text{ km}^2 = \underline{3215 \text{ l/s*km}^2}$$



Figur 8 Lilla merke viser plassering av punkt for å hente ut estimert IVF-kurve ved Husavatnet (Kjelde: <https://klimaservicesenter.no>).



Figur 9 Estimert IVF-kurve brukt for å hente ut verdi for nedbørsintensitet ved Husavatnet
(Kjelde: <https://klimaservicesenter.no>).

Tabell 2 Estimerte returverdier for nedbør (Kjelde: <https://klimaservicesenter.no>).

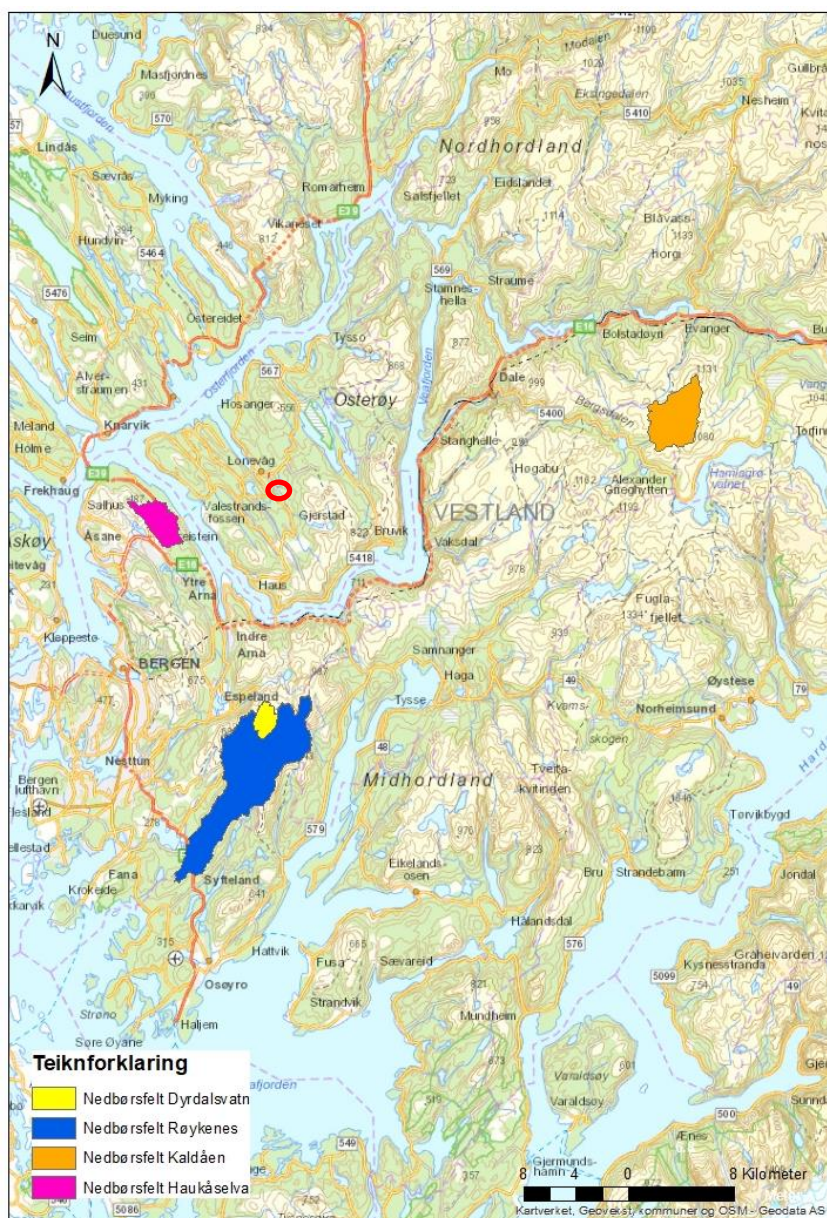
Returverdi for nedbør [L/s*ha]						
RETURPERIODE (ÅR)	VARIGHET (MINUTTER)					
	60	120	180	360	720	1440
2	39.4	28.3	23.7	17.7	12.3	8.5
5	51.1	36.7	31.1	22.4	15.0	10.3
10	58.5	42.6	36.3	26.0	17.0	11.7
20	65.9	48.9	41.5	29.5	19.1	13.1
25	68.4	50.6	43.2	30.6	19.8	13.6
30	70.2	52.0	44.6	31.6	20.4	14.0
40	73.4	54.2	46.9	32.8	21.3	14.7
50	75.5	55.6	48.8	34.2	22.1	15.2
100	82.2	60.6	54.5	37.8	24.4	16.9
200	88.4	66.0	60.9	41.3	26.8	18.8

Versjon: idf_bma1km_v3

3.2 Flaumfrekvensanalyse (FFA)

Flaumfrekvensanalysar er basert på analysar av målte avløpsseriar. Vanlegvis brukar ein denne metoden til å rekne på tilløpsflaumar¹ med gitte gjentakintervall. For små vassdrag og i områder med dårleg datagrunnlag kan det være nødvendig å bruke nedbør-avløps analyse. I slike tilfelle må resultatet likevel vurderast mot observerte flaumdata eller erfaringstal for flaumstorleikar.

For å finne aktuelle vassføringsstasjonar blei NVE rapporten «Vannføringsstasjonar i Norge med felt mindre enn 50 km²» (NVE, 66/2013) og NVE Atlas nytta. Det blei sett på 14 stasjonar i gamle Hordaland fylke, som igjen blei korta ned til 4 stasjonar pga. bl.a. feltstorleik og gamle eller korte måleseriar. Plasseringa av dei fire nedbørsfeltene er vist i figur 10, og data er vist i tabell 3.



Figur 10 Oversikt over plasseringa til dei fire målestasjonane som er vurdert i FFA. Husavatnet er markert med raud sirkel.

¹ Tilløpsflaum er flaum i uregulerte felt (magasin, innsjø, stad i vassdraget) der sjølvregulering i alle oppstrøms magasin/innsjøar og nedbør i magasin/innsjø er medrekna.

Tabell 3 Samanlikning av dei 4 valte vassføringsstasjonane mot feltparametrar til nedbørsfeltet.

Stasjonsnummer	Årsnedbør	Namn	Feltareal	Observasjonsperiode	Høgde min	Høgde maks	Dyrka mark	Myr	Skog	Sjø	Snaufjell	Urbant	Flomkvalitet	Flomserie
	2314	Husavatnet	1.29	----	46	263	1.6	0	86.8	3.7	0	3.3	----	----
55.4.0.1	2000-3000	Røykenes	50.09	1934-2019 (85 år)	53	960	0.46	0.76	52.16	3.9	31.66	0.22	?	Primær
61.13.0.1	2000-3000	Haukåselva	7.38	2007-2019 (13 år)	41	470	8.25	2.84	39.65	2.71	11.23	4.6	Middels	?
61.8.0.1	2000-3000	Kaldåen	15.34	1985-2019 (34 år)	591	1128	0	0.34	4.04	2.13	93.41	0	Middels	Sekundær
55.5.0.1	3000-4000	Dyrdalsvatn	3.31	1977-1996, 2001-2019 (39 år)	436	802	0	2.85	0	3.89	93.15	0	Meget bra	?

Røykenes og Haukåselva er vurdert til å være dei mest samanliknbare på grunn av feltparametrar: h.o.h., dyrka mark, skog, sjø, urbant og lite snaufjell. Av desse er Røykenes plassert øvst på lista på grunn av den lange måleserien på 85 år. Kaldåen og Dyrdalsvatn er vurdert som minst samanliknbare fordi dei ligg høgare over havet, har null i urbane områder og består av over 90 % snaufjell.

Det er likevel valt å køyre ei flaumfrekvensanalyse i HYDRA II på alle fire stasjonane. Det blei køyrd ekstremverdianalyse på Normalfordeling, Gumbel, GEV og Weibull. Plott i figur 11. Samanstilling av valte resultat i tabell 4.

For Røykenes blei Gumbel vurdert som beste alternativ med 89,39 % treff, men til tross for dette blei det valt å gå for GEV med bakgrunn i vurdering av plott. Figur 11 viser heilt klart nokre høge verdiar der GEV blir nærmaste linje, og sidan Røykenes har ein observasjonsperiode på 85 år til saman verkar det fornuftig å få for den høgaste verdien.

For Haukåselva blei Gumbel vurdert som beste alternativ med 51,96 % treff, men også her er det valt å stole meir på GEV basert på vurdering av plott. Figur 11 var dårleg til å vurdere Haukåselva, og det blei tatt ut eit eige plott for denne stasjonen (figur 13). Her blir det valt å gå for analysemetoden som gir den høgaste verdien.

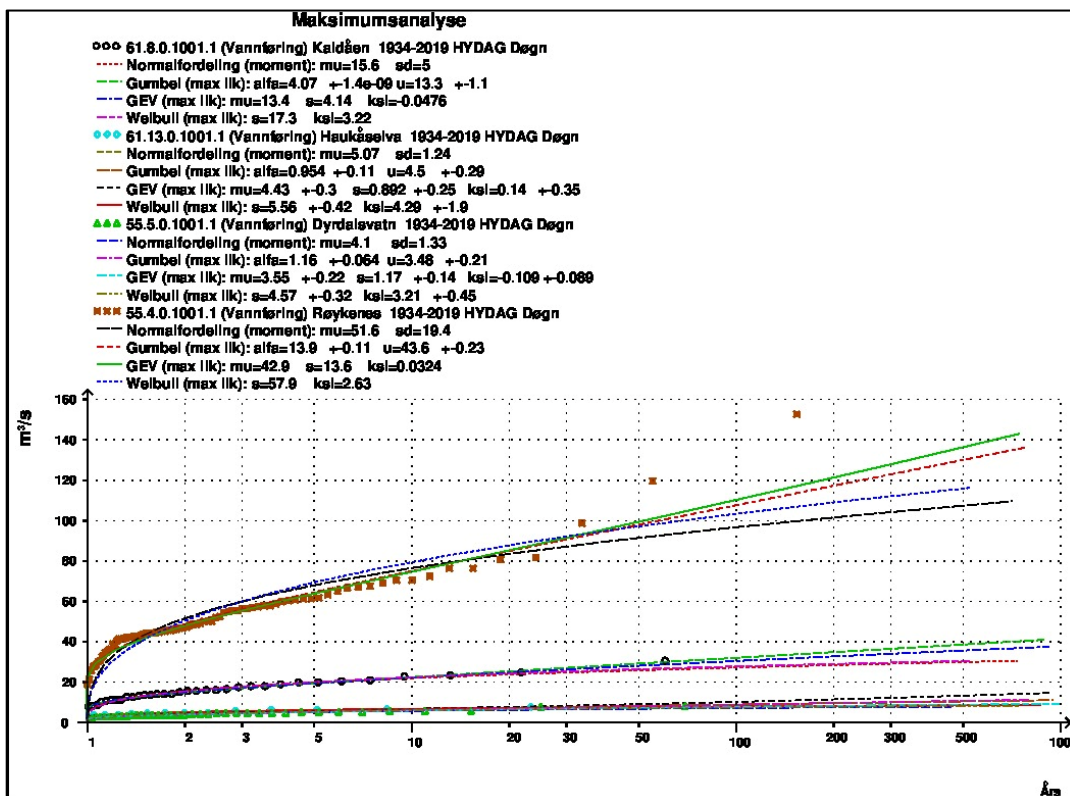
For Kaldåen blei Gumbel vurdert som beste alternativ med 66,9 % treff, og basert på vurdering frå plott i figur 11 er det valt å gå for denne metode. Den gir også den høgaste Q-verdien.

For Dyrdalsvatn blei også Gumbel vurdert som beste alternativ med 47,73 % treff. Figur 11 var dårleg til å vurdere Dyrdalsvatn, so det blei også her henta ut eit eige plott for stasjonen (figur 14). Basert på plottet i figur 14 blei det valt å gå vidare med Gumbel, som også her gav den høgaste Q-verdien.

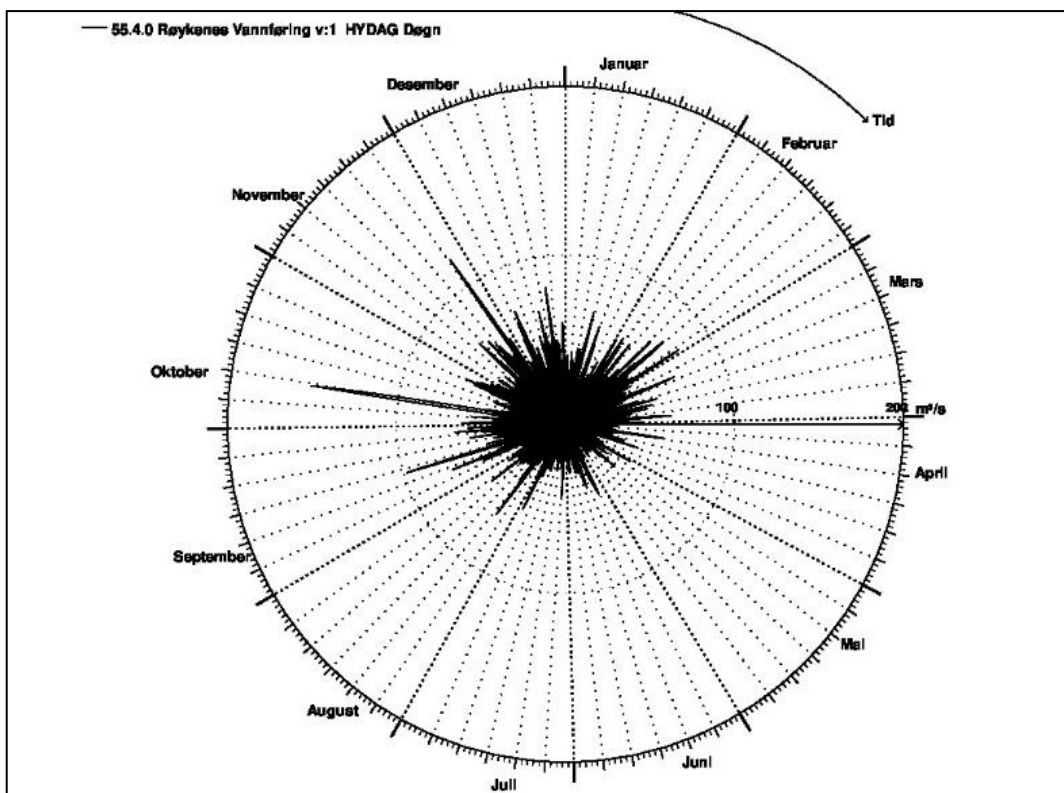
På grunn av feltstorleik burde ein gå vidare med Q_{200} frå Dyrdalsvatn, men denne verdien vil truleg være litt høg pga. lite urbant og mykje snaufjell i motsetning til feltet til Husavatnet som har 90 % skog. Det er difor valt å gå vidare med verdien frå Røykenes da dette nedbørsfeltet har fleire samanliknbare feltparameter sjølv om feltet er 50x større. I figur 10 ser vi også at det er Røykenes og Dyrdalsvatn som ligg på ca. same lengdegrad som Husavatnet. Figur 12 viser årsplokk av vassføringane til Røykenes. Ein ser tydeleg at det er flaum heile året i området, og det er difor valt å gjere ei årsanalyse.

Tabell 4 Oversikt over valte resultat frå flaumfrekvensanalysa.

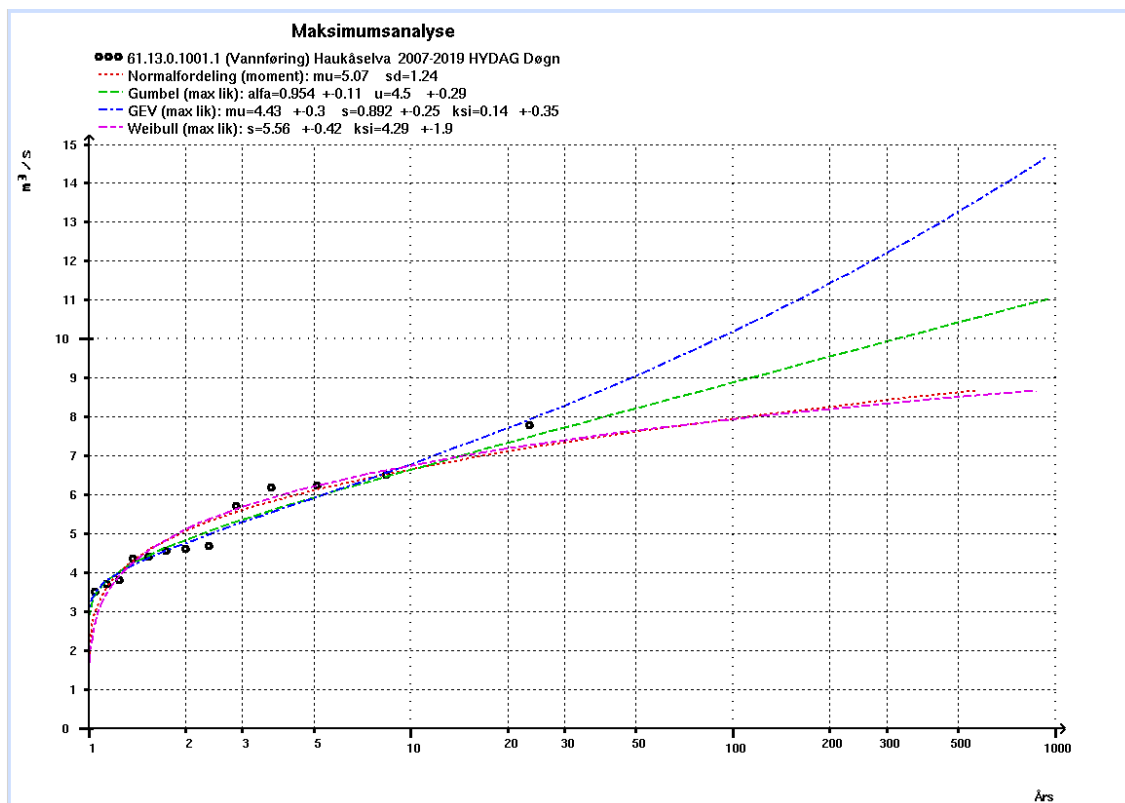
Stasjon	Valt metode	Feltareal	Q_{200} (døgnmiddel)		
			m^3/s	l/s	$l/s \cdot km^2$
Røykenes	GEV	50,09 km ²	121,24	121.240	2420
Haukåselva	GEV	7,38 km ²	11,43	11.430	1549
Kaldåen	Gumbel	15,34 km ²	34,83	34.830	2271
Dyrdalsvatn	Gumbel	3,31 km ²	9,62	9620	2906



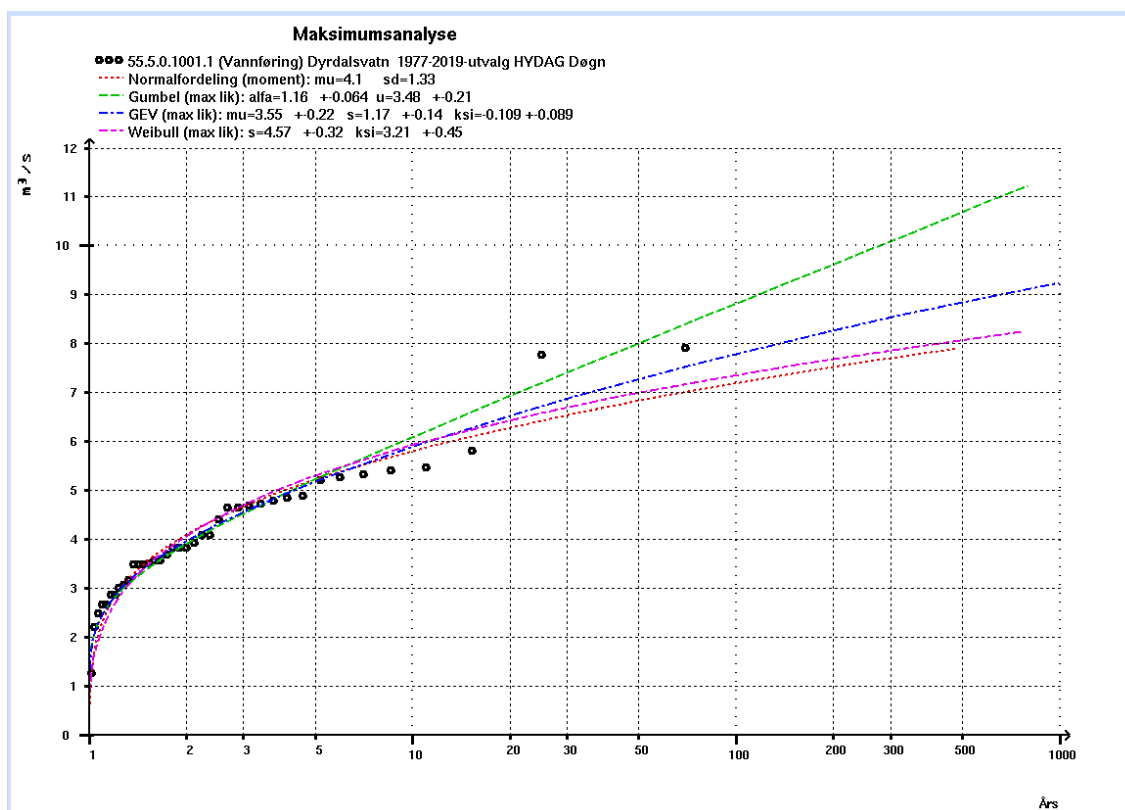
Figur 11 Ekstremverdianalyse for Røykenes, Haukåselva, Kaldåen og Dyrdalsvatn (Kjelde: HYDRA II <http://www4.nve.no/xhydra/>).



Figur 12 Plott av vassføringane ved Røykenes (Kjelde: HYDRA II <http://www4.nve.no/xhydra/>).



Figur 13 Ekstremverdianalyse for Haukåselva (Kjelde: HYDRA II <http://www4.nve.no/xhydra/>).



Figur 14 Ekstremverdianalyse for Dyrdalsvatn (Kjelde: HYDRA II <http://www4.nve.no/xhydra/>).

For å kunne samanlikne Q_{200} Røykenes med rasjonell metode og NIFS treng ein å vite kulminasjonsverdien. I «Retningslinjer for flomberegninger» (NVE, 4/2011) er kulminasjonsverdien til Røykenes oppgitt til å være 1,35.

Dette gir ei kulminasjonsvassføring frå FFA på:

$$Q_{200} = 1,35 * 2420 \text{ l/s*km}^2 = \underline{\underline{3267 \text{ l/s*km}^2}}$$

3.3 Nasjonalt formelverk (NIFS)

I samband med etatsprogrammet NIFS² er det utarbeida eit nasjonalt formelverk for utrekning av flaum i små nedbørsfelt (NVE, 13/2015). NVE sin rapport 13/2015 *Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørsfelt* skildrar arbeidet med å lage eit nasjonalt formelverk for utrekning av middelflaum³ og flaumar med høge gjentakintervall for små naturlege og uregulerte nedbørsfelt i heile Norge. Formelverket kalkulerer direkte på kulminasjonsverdiar. Regresjonsanalysar blei utført på eit datasett av vassføringsseriar og feltkarakteristika frå 149 nedbørsfelt. Analysane resulterte i eit formelverk kor middelflaumen Q_M blir estimert ved hjelp av middeltilsiget (middelvassføring i perioden 1961-1990 [m^3/s]) og effektiv sjøprosent.

$$Q_m(\text{MIDTILSIG}, \text{EFF_SJO}) = 18.97 \text{ MIDTILSIG}^{0.864} e^{-0.251 \sqrt{\text{EFF_SJO}}}$$

Det blei også etablert eit formelverk for å estimere vekstkurva for små umålte nedbørsfelt - korleis ein kan gå frå middelflaum til ein flaum med eit høgare gjentakintervall. Analysen gav ein formel med 3 parameter: middelflaum [m^3/s], middelavrenning (gjennomsnittleg årsavrenning i perioden 1961-1990 [l/s*km^2]) og effektiv sjøprosent. Formelverket gjer kulminasjonsverdiar. Formelen reknar ut forholdstalet mellom en flaum Q_T med gjentakintervall T år og middelflaum Q_M .

$$\frac{Q(T)}{Q_m} = 1 + 0.308 \text{ AVR} \cdot 6190^{-0.137} \left[\Gamma(1+k) \Gamma(1-k) - (T-1)^{-k} \right] e^{0.16k} / k \text{ der}$$

$$k = -1 + 2 / \left[1 + e^{0.391 + 1.54 \text{ EFF_SJO} / 100} \right]$$

Tabell 5 Resultat frå utrekning av Q_{200} i nedbørsfeltet etter NIFS-metoden.

Beregnet middelflom, Q_M	$Q(T)/Q_M$	Q	$q_{\text{spes}} (\text{l/s/km}^2)$	5%, konfidensintervall	95%, konfidensintervall
2.3	1	1.71	1322	0.96	3.02
5	1.20	2.05	1591	1.03	4.11
10	1.40	2.39	1849	1.19	4.77
20	1.61	2.75	2130	1.37	5.50
50	1.93	3.30	2557	1.65	6.60
100	2.22	3.79	2935	1.89	7.57
200	2.55	4.35	3370	2.17	8.69
500	3.07	5.23	4051	2.38	11.50
1000	3.53	6.01	4662	2.73	13.23

NIFS gir ei kulminasjonsvassføring ved Husavatnet på:

$$Q_{200} = \underline{\underline{3370 \text{ l/s*km}^2}} \text{ (tabell 5)}$$

² Naturfare – Infrastruktur, Flaum og Skred. Eit samarbeidsprosjekt mellom Jernbaneverket (no Bane NOR), NVE og Statens vegvesen (SVV) mellom 2012-2015 for førebygging og handtering av naturfare. Samarbeidet i NIFS gav so bra resultat at *Naturfareforum* blei oppretta etter 2015. Dette er eit organisert nettverk med ei styringsgruppe som består av Direktoratet for samfunnssikkerheit og beredskap (DSB), NVE, SVV, Bane NOR, Landbruksdirektoratet, Kommunesektorens organisasjon, Miljødirektoratet, Meteorologiske Institutt (MET), Kartverket og Fylkesberedskapssjefane.

³ Middelflaum Q_M = gjennomsnittet av største vassføring kvart år eller kvar sesong.

3.4 Oppsummering flaumvurdering

Rasjonell metode: $Q_{200} = 3215 \text{ l/s*km}^2$
FFA: $Q_{200} = 3267 \text{ l/s*km}^2$
NIFS: $Q_{200} = 3370 \text{ l/s*km}^2$

Vel å gå vidare med NIFS-verdien til modellen sidan dette er den høgaste.

$Q_{200} = 3370 \text{ l/s*km}^2 \sim 4347 \text{ l/s} = 4,35 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q_{200+\text{klima}} = 6,1 \text{ m}^3/\text{s}$

4 Hydraulisk Modell

For å kunne planlegge sikker arealbruk langs vassdrag er det nødvendig å vite kor høgt vasstanden står under ein 200-års flaum. Utrekningar av vasstand for ei gitt vassføring langs ei elv eller ein bekk blir kalla vasstandsutrekning. Slike utrekningar blir utført ved hjelp av ulike hydrauliske datamodellar.

4.1 Programvare

Programmet som er nytta til utrekning av vasstand er HEC-RAS 5.0.7. Programmet er ein 1- og 2-dimensjonal hydraulisk modell for utrekning av stasjonære og ikkje-stasjonære strømmingar, og eit av dei mest brukte programma innan hydrauliske utrekningar i naturlege og kanaliserte elvar. Modellert område ved Husavatnet er vist i figur 15. For meir informasjon om HEC-RAS sjå <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.

4.2 Kartdata og geometri

Laserdata er nytta for området, og henta frå <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>. Kartgrunnlaget som er brukt ved Husavatnet er frå 2011. Dette er laserdata oppmålt 16.09.2011 med ei punkttettheit på 2 punkt/m². Basert på laserdata er ein digital terrengmodell laga med hjelp av ArcMap 10.8.1.

4.3 Ruhet

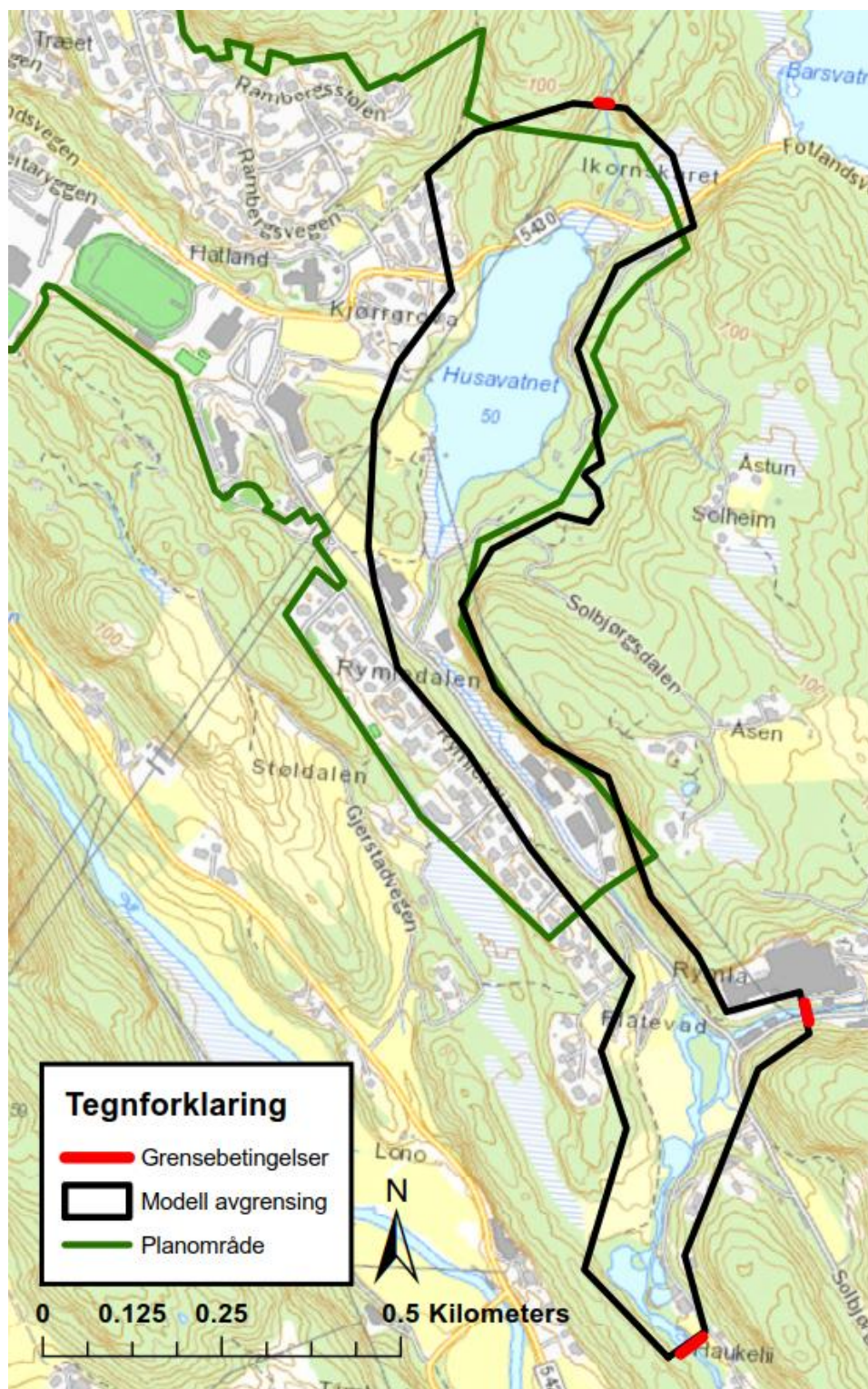
I HEC-RAS må elva og terrenget si ruhet (motstand mot strøyming) uttrykkast ved hjelp av Manning sin koeffisient n . I modellen er Manning satt til $n = 0.06$ (Chow, 1959). Modellen er ukalibrert da ingen kalibreringsdata eksisterer.

4.4 Grensekrav

Det er modellert 200-års flaum med og utan klimapåslag. I tillegg er det køyrt nokon ekstra simuleringar med endra ruhet og flaumstorleik for å sjå kor følsame resultatane var. Som oppstrøms grensekrav er vassføringa brukt. Den utrekna flaumverdien er satt som grensekrav oppstrøms Husavatnet. Normaldybde er brukt som nedre grensekrav. Det er brukt ei vassføring på 100 m³/s for vassføringa frå Låstadvatnet, basert på flaumverdiar frå NEVINA. Dette er i overkant av det som NEVINA oppgjer som 200-års flaum med klimapåslag. Vasstraumen blir derimot kritisk eller nær kritisk ved den nedre kulverten i planområdet, sånn at flaumvasstanden i planområdet er tilnærma upåverka av begge nedre grensekrava og flaumvassføringa frå Låstadvatnet i modellen.

$Q_{200} = 4,3 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q_{200+\text{klima}} = 6,1 \text{ m}^3/\text{s}$
 Mannings: 0,06

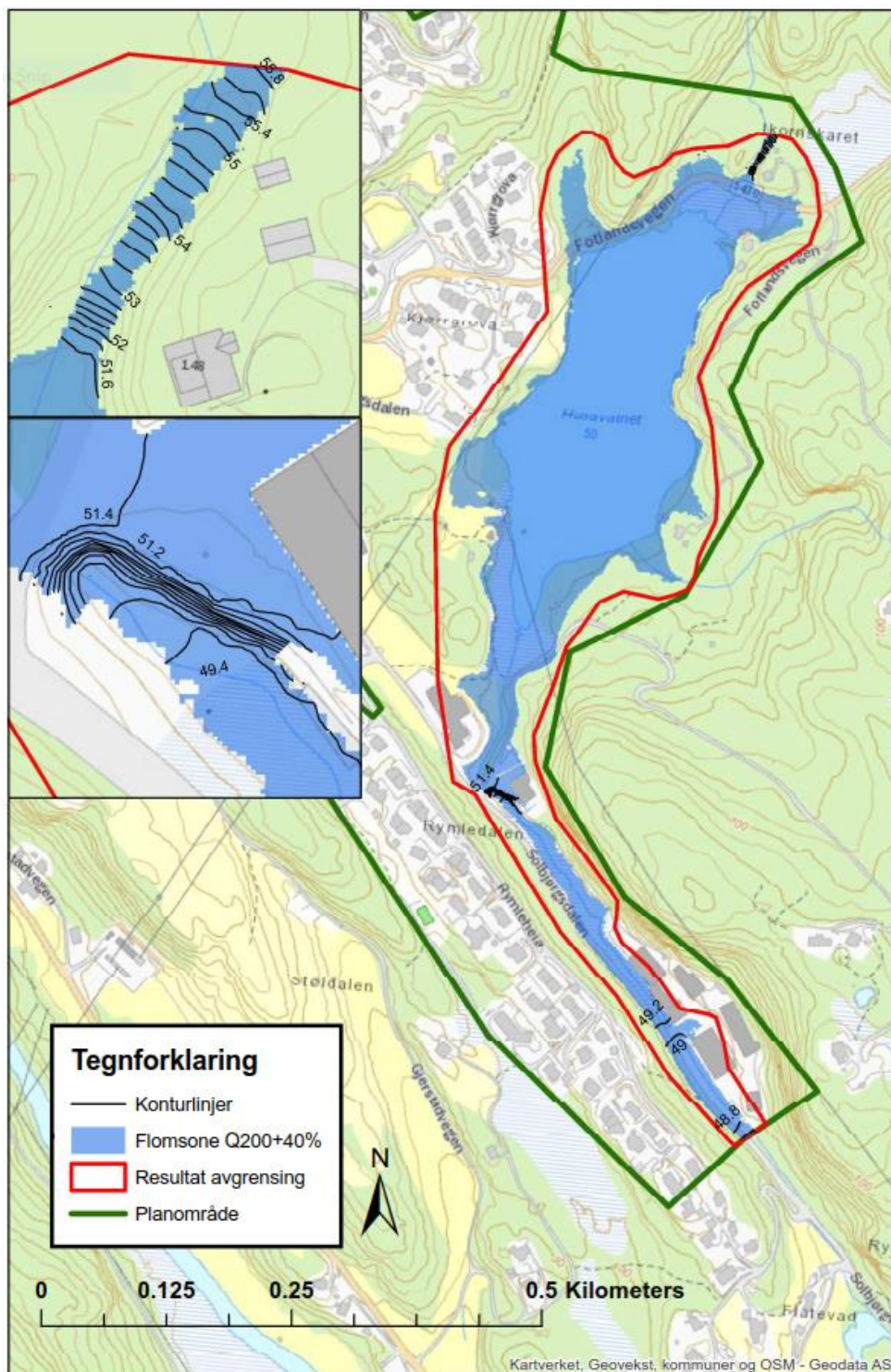
Q = 6.1 m³/s er brukt som input til vassføringa det er laga flaumsonekart for.



Figur 15 Modellert område i HEC-RAS.

5 Resultat

Simuleringa viser ein flaumvasstand ved ein 200-års flaum + 40 % klimapåslag (figur 16) på 51.54 m.o.h. i Husavatnet. Flaumsonekart er vedlagt i vedlegg 2. Dette er utan sikkerheitspåslag (sjå kapittel 5.1).



Figur 16 Flaumsonekart av simulert 200-års flaum med klimapåslag rundt og nedstrøms Husavatnet. (Ligg også ved som vedlegg 2.)

5.1 Usikkerheit og sikkerheitsmargin

Det er utført ei sensitivitetsanalyse ved å variere ruhet (Mannings) og vassføringa (Q) for å sjå korleis dette påverkar vasstanden. Modellresultata viser ikkje stor sensitivitet for desse endringane, og resultata blir difor vurdert til å være relativt robuste. Basert på sensitivitetsanalysen er det bestemt eit sikkerheitspåslag på 30 cm i tillegg til utrekna vasstand med klimapåslag. Dette for å ta høgde for usikkerheit i modellen og for eksempel bølgehøgde ved mykje vind med Husavatnet.

6 Referansar

- Birkeland, Ingri Dymbe (2017) *Flaumsonekartlegging av Lonevåg*. Asplan Viak. Tilgjengeleg frå: <https://www.nordhordlandskart.no/WebServices/generic/Media.aspx/Download?&uuid=c32a9079-75ce-4107-a2ab-10f786b62458> (Henta 28.09.2020).
- Chow (1959) *Manning's n Values*. Tilgjengeleg frå http://www.fsl.orst.edu/geowater/FX3/help/8_Hydraulic_Reference/Mannings_n_Tables.htm (Henta 21.10.2020).
- DIBK (2020) *Byggteknisk forskrift, TEK 17*. Direktoratet for byggkvalitet. Tilgjengeleg frå <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/> (Henta 29.09.2020).
- Fergus Tharan, Hoseth Knut Aune, Sæterbø Einar (2010) *Vassdragshåndboka*. 1. utgåve. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag. ISBN: 978-82-519-2425-2.
- Hystad, Charlotte Hvidevold (2017) *Konseptanalyse for risikoreduserande tiltak for flaum*. Asplan Viak. Tilgjengeleg frå: <https://www.nordhordlandskart.no/WebServices/generic/Media.aspx/Download?&uuid=48292bc9-3101-401d-af22-fc6aa56edbee> (Henta 28.09.2020).
- Norsk Klimaservicesenter (2017) *Klimaprofil Hordaland*. Tilgjengeleg frå <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/klimaprofiler/klimaprofil-hordaland/attachment/13183?ts=16243d9ca17> (Henta 30.09.2020).
- NVE (2020) *NVE Aktsomhetskart for Flom*. Tilgjengeleg frå: <https://gis3.nve.no/link/?link=flomaktsomhet> (Henta 29.09.2020).
- NVE (13/2015) *Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt*. ISBN: 978-82-410-1060-6. Tilgjengeleg frå: http://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_13.pdf (Henta 12.10.2020).
- NVE (66/2013) *Vannføringsstasjoner i Norge med felt mindre enn 50 km²*. ISBN: 978-82-410-0937-2. Tilgjengeleg frå: http://publikasjoner.nve.no/rapport/2013/rapport2013_66.pdf (Henta 20.10.2020).
- NVE (4/2011) *Retningslinjer for flomberegninger*. ISSN: 1501-9810. Tilgjengeleg frå <https://www.nve.no/Media/7090/retningslinjer-for-flomberegninger-med-tillegg-1-og-2-juli-2018.pdf> (Henta 12.10.2020).
- Osterøy kommune (2019) *Arealinnspel 180119-030319. Arealinnspel områderegulering Lonevåg plan-ID 46302015001*. Tilgjengeleg frå: <https://www.nordhordlandskart.no/WebServices/generic/Media.aspx/Download?&uuid=c4e0f745-bc16-4fcc-9e44-7581292155ef> (Henta 28.09.2020).
- Osterøy kommune (2020) *Planskildring områderegulering Lonevåg*. Tilgjengeleg frå: <https://www.nordhordlandskart.no/WebServices/generic/Media.aspx/Download?&uuid=54265711-77ab-476c-8166-76734427dde2> (Henta 28.09.2020).
- SVV (2020) *Håndbok V240 Vannhåndtering*. Vegdirektoratet og Statens vegvesen. ISBN: 978-82-7207-760-9. Tilgjengeleg frå: https://www.vegvesen.no/attachment/2988797/binary/1371938?fast_title=H%C3%A5ndbok+V240+Vannh%C3%A5ndtering+--+Flomberegninger+og+hydraulisk+dimensjonering.pdf (Henta 20.10.2020).
- SVV (2018) *Håndbok N200 Vegbygging*. Vegdirektoratet og Statens vegvesen. ISBN: 978-82-7207-723-4. Tilgjengeleg frå: https://www.vegvesen.no/attachment/2364236/binary/1269980?fast_title=H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+--+gjeldende+fra+15.+juli+2018+%2810+MB%29.pdf (Henta 20.10.2020).

7 Vedlegg

1. NEVINA flaumindeks rapport.
2. Flaumsone Q₂₀₀ inkl. 40 % klima.

Regional flomberegning

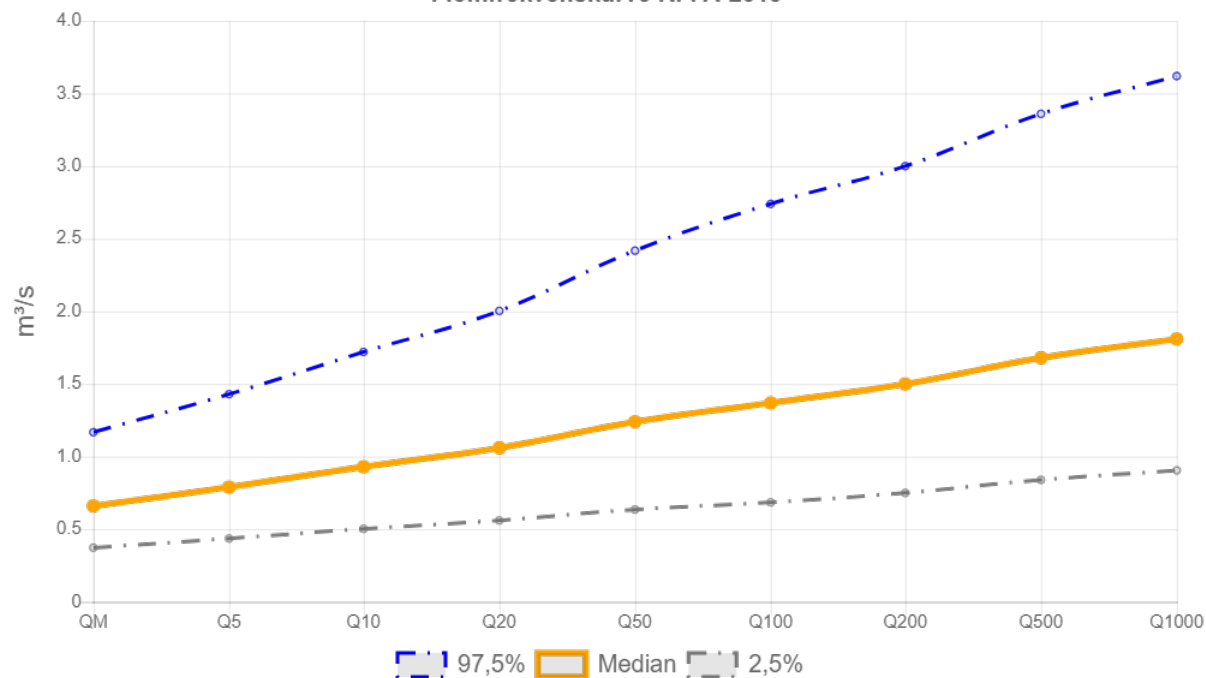
Vassdragsnr.: 060.4Z
Kommune.: Osterøy
Fylke.: Vestland
Vassdrag.: Lonelvi
Nedbørfeltareal: 1.29 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).

Hvordan bruke resultatene fra rapporten, se her.

Flomfrekvenskurve RFFA-2018



RFFA-2018

Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	512	l/s*km ²
Klimapåslag	40	%
Kulminasjonsfaktor	-	-

NIFS-2015

Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	1124	l/s*km ²
Klimapåslag	40	%

Annet

Tilløpsflom	Nei	-
-------------	-----	---

RFFA-2018 (døgnmiddel)

	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.20	1.41	1.61	1.88	2.08	2.27	2.55	2.74	-
Flomverdier, m ³ /s	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.1
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3	3.4	3.6	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	-

NIFS (kulminasjon)

	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.21	1.42	1.64	1.99	2.29	2.64	3.20	3.70	-
Flomverdier, m ³ /s	1.4	1.8	2.1	2.4	2.9	3.3	3.8	4.6	5.4	5.4
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	2.6	3.2	3.8	4.5	5.6	6.6	7.7	9.3	10.7	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	0.8	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.3	2.7	-

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

