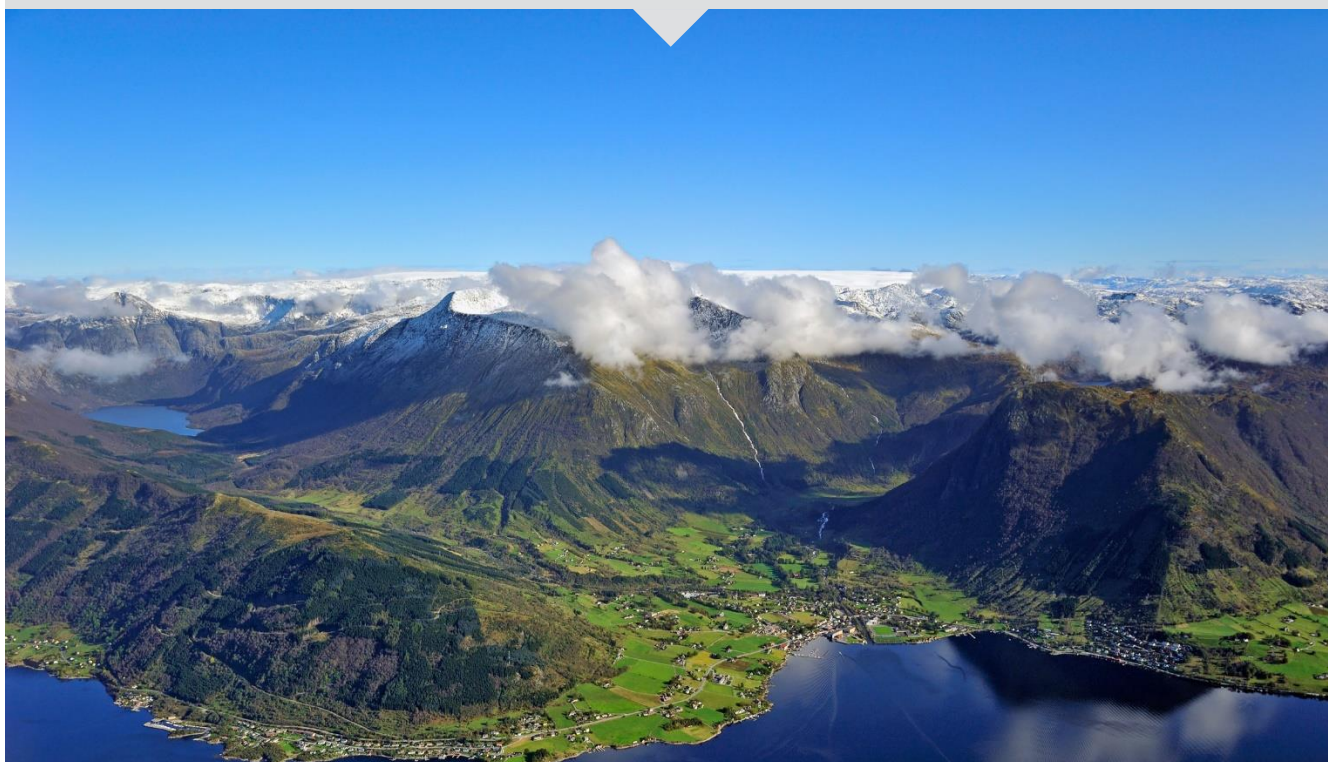


Kvinnherad kommune

# Flomsonekartlegging i Kvinnherad kommune

Hattebergselva og Melselva



Oppdragsnr.: 5185895 Dokumentnr.: D01 Versjon: J03  
2019-02-04

**Oppdragsgiver:** Kvinnherad kommune  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Hildegunn Furdal  
**Rådgiver:** Norconsult AS, Vestfjordgaten 4, NO-1338 Sandvika  
**Oppdragsleder:** Jon Olav Stranden  
**Fagansvarlig:** Henrik Opaker (NVE godkjent innen fagområde V, hydraulikk, alle klasser)  
**Andre nøkkelpersoner:** Gunnar Fiskum

J03	2019-02-04	Kontrollert av Kvinnherad kommune	Gunnar Fiskum		
J02	2018-11-30	Utkast til oppdragsgiver	Gunnar Fiskum	Henrik Opaker	Jon Olav Stranden
J01	2018-11-01	Utkast til oppdragsgiver	Gunnar Fiskum	Henrik Opaker	Jon Olav Stranden
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## Sammendrag

Norconsult har på oppdrag fra Kvinnherad kommune kartlagt flomsone for flere elver i kommunen. Denne rapporten dokumenterer beregnet flomsone for Hattebergselva og Melselva som begge renner ned til og gjennom Rosendal. Det er gjort beregninger for flom med gjentaksintervall på 20-, 200- og 1000 år inkludert klimapåslag.

Flomstørrelser er beregnet med utgangspunkt i frekvensanalyser gjort på nærliggende og representative vannmerker. Resultatene fra frekvensanalysen er kontrollert ved bruk av NIFS formelverk. For å ta høyde for fremtidige klimaendringer er flomverdiene økt med 40%. Vannstandsstigning i vassdraget er beregnet ved bruk av en 2-dimensjonal hydraulisk beregning i dataprogrammet HECRAS.

Flom i Hattebergsvassdraget fører til at lavtliggende områder langs elvene oversvømmes. Gjennom Rosendal berøres områdene og bygningene knyttet til ridebanen og idrettsplassen ved en 20-årsflom (inkl. 40% klimapåslag). I tillegg berøres havne- og industriområdet som ligger nord for elvas utløp.

Omfanget av oversvømmelsene øker ved større gjentaksintervall. Flom med gjentaksintervall tilsvarende 1000 år (inkl. 40% klimapåslag) er i tillegg forventet å gi vannstand som vil overtoppe flomvollen som i dag beskytter boligområdet sør for Hattebergselva og nord for fylkesvegen. I en slik situasjon vil flomvannet oversvømme relativt store områder sør i Rosendal, deriblant rådhuset og barneskolen. Også ved lavere gjentaksintervall er vannstanden i elva høyere enn terrenget bak flomvollen. Hvis flomvollen brister eller forfaller, vil disse områdene berøres av flom selv om utført kartlegging tilsier at de ligger trygt.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning og forutsetninger</b>	<b>4</b>
1.1	Beskrivelse av nedbørfelt	5
<b>2</b>	<b>Beregning av flomstørrelser</b>	<b>8</b>
2.1	Målestasjoner	8
2.2	Vurdering av årsmiddeltilsg i Hattebergselva	9
2.3	Sesongvariasjon	10
2.4	Flomfrekvensanalyse døgnmiddelflom	10
2.5	Regresjonsanalyse	11
2.6	Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt	12
2.7	Beregning av momentanflom	13
2.8	Endelig valg av flomstørrelse og klimapåslag	13
<b>3</b>	<b>Hydraulisk modell</b>	<b>15</b>
3.1	Beregningsmodell og datakvalitet	15
3.2	Grensebetingelser	16
3.3	Infrastruktur i modellen	17
<b>4</b>	<b>Resultat og konklusjon</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Diskusjon og vurdering av resultat</b>	<b>19</b>
5.1	Tidligere flommer i Rosendal	19
5.2	Usikkerheter	19
5.3	Sensitivitetsvurdering	20
<b>6</b>	<b>Bilag og referanser</b>	<b>21</b>
6.1	Bilag	21
6.2	Referanser	21

# 1 Innledning og forutsetninger

Norconsult er engasjert av Kvinnherad kommune for å kartlegge flomsone langs flere vassdrag i kommunen. Hovedformålet med kartleggingen er å lage et grunnlag som kan utnyttes i arealplanlegging, byggesakshåndtering og for beredskap mot flom. Det er gjort beregninger for flom med gjentaksintervall på 20-, 200- og 1000 år inkludert klimapåslag.

Denne rapporten omhandler elvene Hattebergselva og Melselva, og dokumenterer flomutbredelse gjennom Rosendal ved ulike gjentaksintervall. NVE har ikke utført flomsonekartlegginger i området tidligere. Kvinnherad kommune er markert på oversiktskart i Figur 1.



Figur 1 Oversiktskart med markering av Kvinnherad kommune

## 1.1 Beskrivelse av nedbørfelt

Hattebergsvassdraget består av hovedelvene Hattebergselva og Melselva. Disse elvene møtes i Rosendal før de renner ut i sjøen. Begge elvene har nedbørfelt som ligger vest for Folgefonna, men feltene har ikke avrenning fra selve breen. Nedre del av Hattebergselva er også kjent som Rosendalselvi, men Hattebergselva er benyttet som navn på denne delen av elven i denne rapporten.

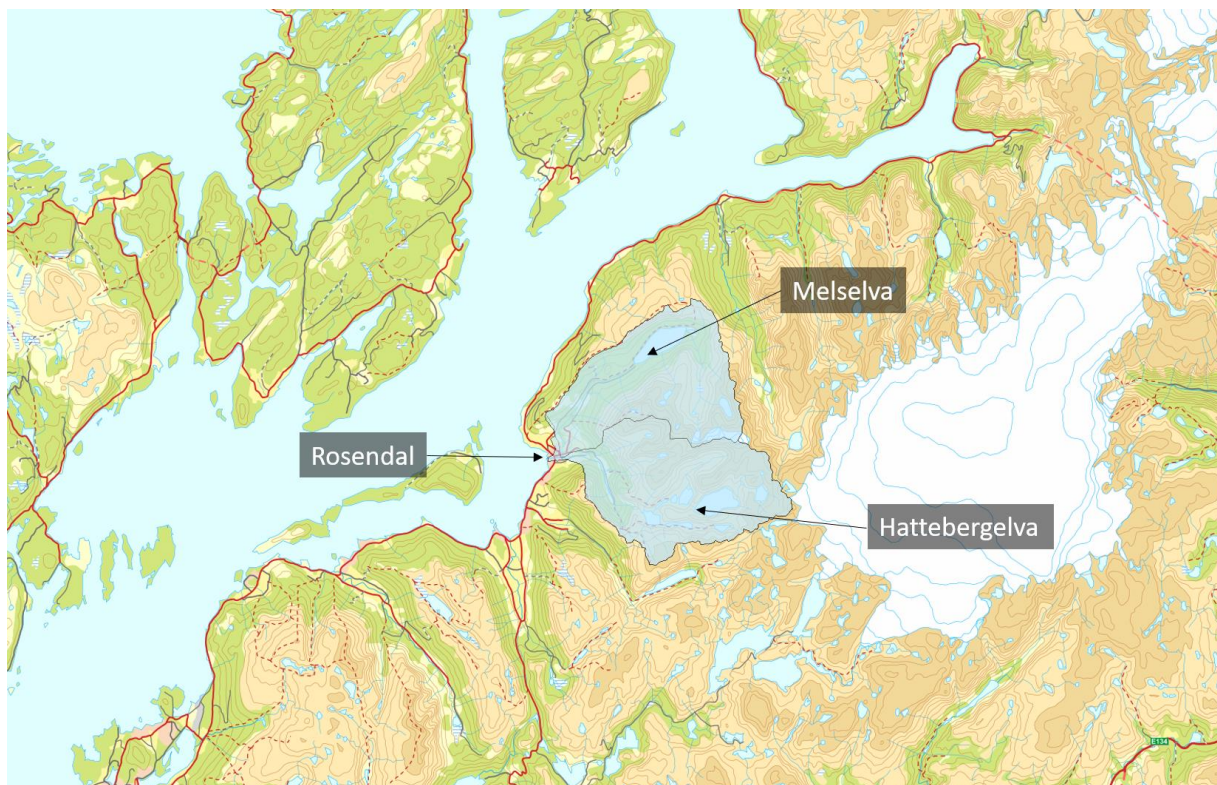
Vassdragene er benyttet til kraftproduksjon med vannkraftverkene Vollakvern-fallet (0,15 MW) og Rosendal (0,5 MW) i Melselva, og Hattebergsdalen kraftverk (5 MW) i Hattebergselva. I forbindelse med Hattebergsdalen kraftverk er magasinene Prestavatn og Svartavatn regulert. Disse magasinene har et samlet regulert vannvolum på 6,3 Mm<sup>3</sup>. Volumet er lite i forhold til tilsiget, og magasinene vil fylles hurtig ved en storflom. Magasinene er derfor inkludert i feltets effektive sjøprosent. Det er ingen kjente overføringer til eller fra noen av feltene.

Nøkkeldata for nedbørfeltene er presentert i Tabell 1, mens et oversiktskart med markering av nedbørfeltene er vist i Figur 2 og Figur 3. Figur 4 viser et flyfoto over Rosendal, mens Figur 5 viser et bilde av Hattebergselva tatt fra Skåla bru.

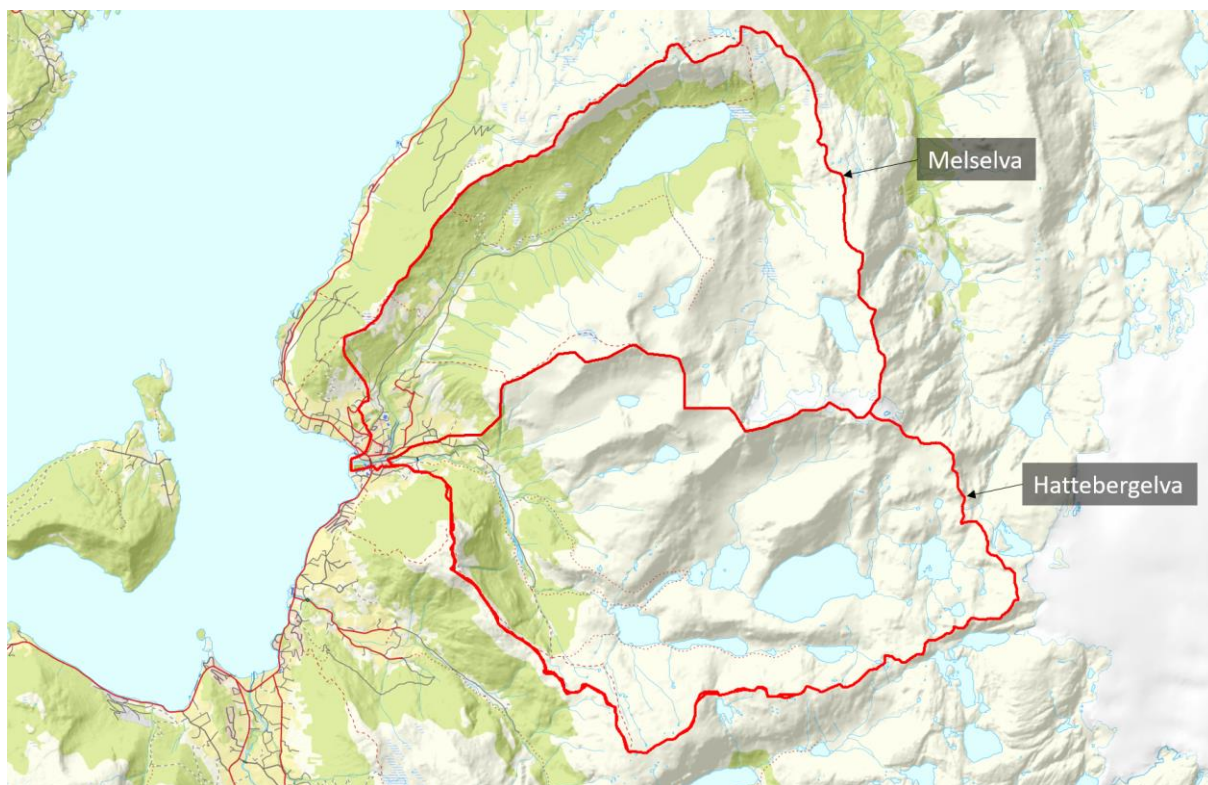
Tabell 1 Nøkkeldata for nedbørfelt i Hattebergsvassdraget.

Nedbørfelt	Areal (km <sup>2</sup> )	Effektiv sjø % (%)	Felthøyde, min-med-maks (moh.)	Breandel (%)	Middelvannføring <sup>1</sup> l/(s*km <sup>2</sup> )
Hattebergselva utløp	70,2	1,3	1-787-1428	0,9	102
Delfelt Hattebergselva	36,6	2,1	13-877-1428	0,2	111
Delfelt Melselva	33,3	3,1	13-633-1428	1,7	92

<sup>1</sup> Fra NVEs lavvannskart NEVINA



Figur 2 Oversiktskart med markering av nedbørfeltet til Melselva og Hattebergelva.



Figur 3 Oversiktskart over nedbørfeltene til Melselva og Hattebergelva



Figur 4 Flyfoto over Rosendal



Figur 5 Bilde av Hattebergselva tatt fra Skåla bru



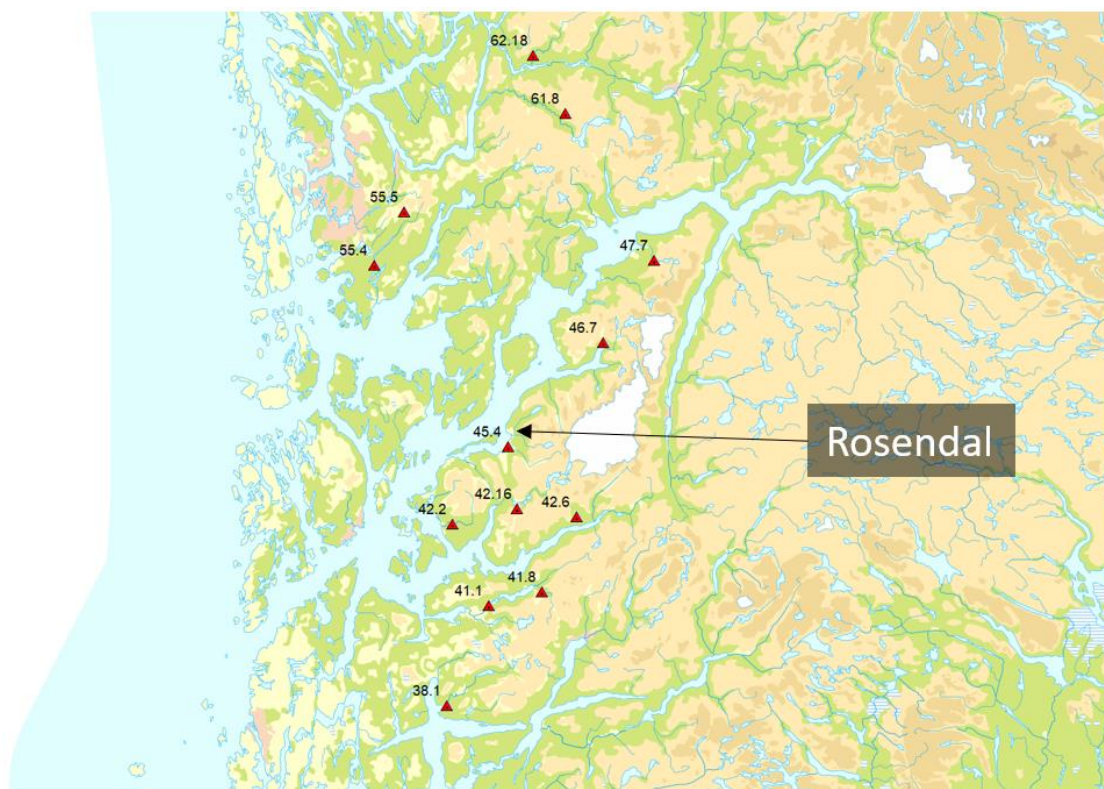
## 2 Beregning av flomstørrelser

### 2.1 Målestasjoner

Utvalgte vannmerker/målestasjoner i Sunnhordaland er benyttet i en regional flomanalyse. En oversikt over stasjonene er gitt i Tabell 2. Målestasjonene er valgt ut fra geografisk nærhet til Kvinnherad kommune og likhet med feltene. Feltene er typiske kystnære vestlandsfelt med stor variasjon i høyde over havet. Det eksisterer flere vannmerker i området med stor brendel. Disse er ikke tatt med i flomanalysen. Et oversiktskart med markering av vannmerker er vist i Figur 6.

Tabell 2 Vannmerker/målestasjoner benyttet i flomberegning

Nr.	Navn	Periode	H <sub>med</sub> (moh.)	Areal (km <sup>2</sup> )	Ase (%)	Bre (%)	Q <sub>n</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )
47.7	Fodnastøl	1963-1995	1063.00	43.4	3.75	1.01	60
46.7	Brakhaug	1974-2005	947.00	9.25	2.27	0.00	122
45.4	Seimsfoss	2007-2016	782.00	36.4	1.08	2.68	125
42.6	Baklihøl	1966-2016	898.00	19.9	0.15	0.00	134
42.16	Fjellhaugen	1998-2017	685.00	7.22	1.08	0.00	118
42.2	Djupevad	1964-2016	526.00	31.9	0.34	0.00	101
41.8	Hellaugvatn	1982-2017	904.00	27.5	1.97	0.00	118
38.1	Holmen	1983-2017	556.00	117	1.56	0.00	109
41.1	Stordalsvatn	1913-2017	681.00	131	6.68	0.00	98
55.5	Dyrdalsvatn	1979-2017	581.00	3.31	3.98	0.00	125
55.4	Røykenes	1934-2017	307.00	50.1	2.24	0.00	97
61.8	Kaldåen	1988-2017	884.00	15.3	0.10	0.00	100
62.18	Svartavatn	1988-2017	754.00	72.4	0.32	0.00	112



Figur 6 Vannmerker benyttet i regional flomanalyse

## 2.2 Vurdering av årsmiddeltilsg i Hattebergselva

NVEs avrenningskart (61-90) oppgir et årsmiddeltilsg på  $102 \text{ l/s/km}^2$  ved Hattebergselvas utløp i sjøen. Vannmerke 45.4 Seimsfoss ligger i nabovassdraget rett sør for nedbørfeltet til Hattebergselva. Ved Seimsfoss er det over hele måleperioden 2007-2016 observert en årlig middelvannføring på  $125 \text{ l/s/km}^2$ , mens avrenningskartet i samme området gir  $105 \text{ l/s/km}^2$ . Det betyr at målingene til vannmerket gir en middelvannføring som er 19% større enn beregningene gjort i avrenningskartet.

Vannmerke 42.2 Djupevad har observert middelvannføring på  $101 \text{ l/s/km}^2$ . Avrenningskartet for samme området gir middelvannføring på  $110 \text{ l/s/km}^2$ . Målingene til vannmerket ligger dermed 9% lavere enn avrenningskartet.

Fjellhaugen, vannmerke 42.16, har registrert middelvannføring på  $118 \text{ l/s/km}^2$ , noe som er 6% større enn NVEs avrenningskart for samme området. Kartet oppgir en verdi på  $111 \text{ l/s/km}^2$ .

Ved det nedlagte målepunktet 46.7 Brakhaug, var uregulert årsmiddeltilsg på  $122 \text{ l/s/km}^2$ , 3,5% større enn avrenningskartet som opplyser  $118 \text{ l/s/km}^2$  for samme felt.

Det vurderes rimelig at årsmiddeltilsg i Hattebergselva er noe lavere enn i nabofeltet Seimsfoss. Feltene er relativt like, men Seimsfoss har breavrenning. Samtidig er det en tendens at avrenningskartet underestimerer noe for målestasjonene i området. For å ta hensyn til mulig lav middelvannføring fra NVEs avrenningskart er middelvannføringen i Hattebergsvassdraget økt med ca. 10 %, til  $112 \text{ l/s/km}^2$  for utløpet av Hattebergselva. Det påpekes at sammenligningene mellom måleseriene og avrenningskartet ikke nødvendigvis dekker samme tidsperiode, noe vi vurderer som en akseptabel tilnærming i dette tilfellet.

## 2.3 Sesongvariasjon

I flomberegninger er det vanlig å skille på ulike flomsesonger. I dette området på Vestlandet er dette lite hensiktsmessig. De største flommene opptrer normalt på høsten og tidlig på vinteren, men i prinsippet kan de opptre hele året. Flomfrekvensanalyse er derfor utført på årsflommer.

## 2.4 Flomfrekvensanalyse døgnmiddelflom

Det er utført flomfrekvensanalyse på vannmerker i regionen som ligger langt ut mot kysten, og har hoveddelen av nedbørfeltet liggende lavere enn 1000 moh. Tabell 3 viser en oversikt over vannføring ved middelflom, samt forholdstallet mellom middelflom og estimert 20, 200 og 1000-årsflom for utvalgte vannmerker. Beregningene er gjort med NVEs programvare for ekstremver dianalyse, DAGUT, ved bruk av Gumbelfordeling og GEV-fordeling. Frekvenskurver for vannmerkene ligger vedlagt i Bilag 4.

Tabell 3 Flomfrekvensanalyse

Nr.	Navn	Areal (km <sup>2</sup> )	Periode	Q <sub>M</sub> l/(s*km <sup>2</sup> )	Q <sub>20</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>200</sub> /Q <sub>M</sub>	Q <sub>1000</sub> /Q <sub>M</sub>	Ford. funksjon
47.7	Fodnastøl	43.4	1963-1995	354	1.73	2.43	2.92	Gumbel
46.7	Brakhaug	9.25	1974-2005	992	1.43	1.84	2.13	Gumbel
45.4	Seimsfoss	36.4	2007-2016	735	1.68	2.35	2.81	Gumbel
42.6	Baklihøl	19.9	1966-2016	1412	1.65	2.28	2.72	Gumbel
42.16	Fjellhaugen	7.22	1998-2017	1220	1.75	2.47	2.97	Gumbel
42.2	Djupevad	31.9	1964-2016	1056	1.57	2.20	2.69	GEV
41.8	Hellaugvatn	27.5	1982-2017	929	1.52	2.22	2.37	Gumbel
38.1	Holmen	117	1983-2017	807	1.54	2.06	2.42	Gumbel
41.1	Stordalsvatn	131	1913-2017	557	1.51	2.15	2.69	GEV
55.5	Dyrdalsvatn	3.31	1979-2017	1246	1.64	2.26	2.69	Gumbel
55.4	Røykenes	50.1	1934-2017	1047	1.67	2.49	3.16	GEV
61.8	Kaldåen	15.3	1988-2017	1027	1.64	2.27	2.71	Gumbel
62.18	Svartavatn	72.4	1988-2017	1099	1.55	2.09	2.46	Gumbel
	<b>Middel</b>	<b>43,4</b>		<b>960</b>	<b>1,61</b>	<b>2,24</b>	<b>2,67</b>	

## 2.5 Regresjonsanalyse

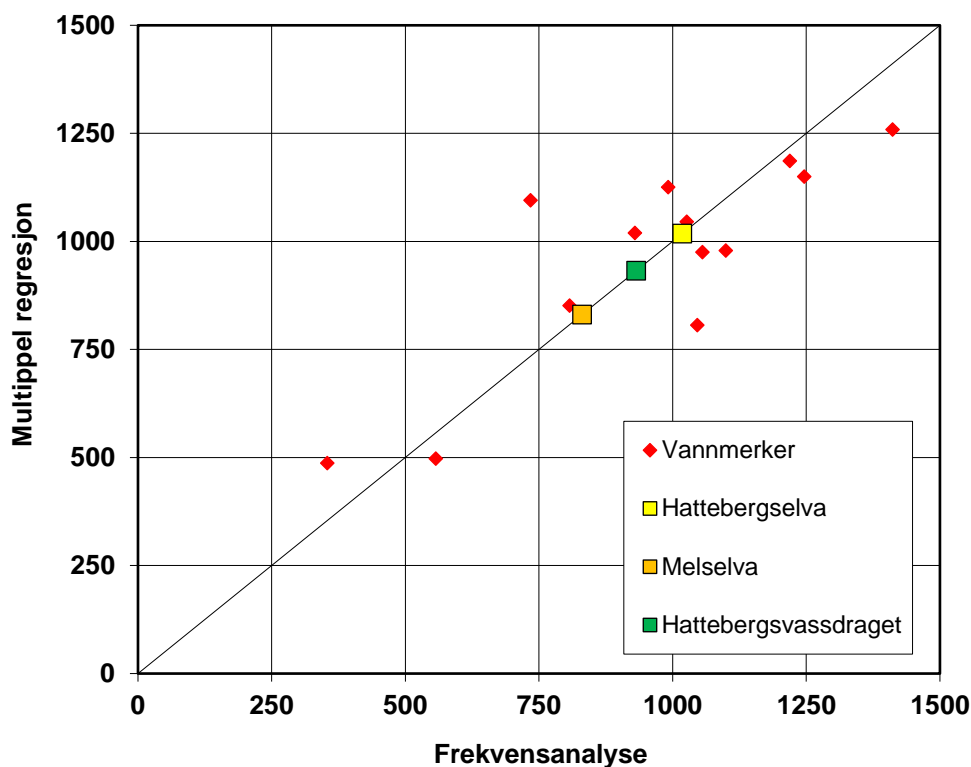
For å vurdere om døgnmiddelflommen i regionen kan forklares med grunnlag i nedbørfeltene karakteristika, er det utført en multipl regressjonsanalyse på datasettet fra Tabell 3. En slik analyse gir indikasjoner om hvorvidt det er reell statistisk sannsynlighet for at en gitt parameter har betydning for spesifikk flom i et felt. Ved å eliminere parametere som ikke har åpenbar betydning for flomstørrelsene har vi kommet frem til følgende ligning for middelflommen:

$$Q_m = 595 - 87,8 (\log A) + 6,9 (Q_n) - 52,6 (Eff. sjø. \%) \quad (1)$$

R<sup>2</sup> er en måleparameter som sier noe om hvor god den aktuelle ligningen er og hvorvidt den kan gjenskape flomstørrelsene fra frekvensanalysene. Ligningen ovenfor har en R<sup>2</sup>-verdi på 0,71, noe som anses som en akseptabel tilnærming. Regresjonsligningen på feltparametere for Hattebergsvassdraget gir flomverdier som vist i Tabell 4, mens et regresjonsplott med verdier fra analysen er vist i Figur 7.

Tabell 4 Middelflom beregnet med regresjonsanalyse

Felt	Middelflom (l/s/km <sup>2</sup> )	Middelflom (m <sup>3</sup> /s)
Hattebergsvassdraget	930	65
Hattebergselva	1020	37
Melselva	830	28



Figur 7 Regresjonsplott for vannmerker og felt benyttet i regresjonsanalyse

## 2.6 Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt

I forbindelse med prosjektet «Naturfare – Infrastruktur, flom og skred» (NIFS) utarbeidet NVE en ligning for beregning av flomvannføringer i små og uregulerte felt (2). Formelen er gyldig for felt i hele landet med feltareal mindre enn 50-60 km<sup>2</sup>, men er anbefalt verifisert mot lokale målinger (NVE, 2015). Av den grunn er Hattebergselva og Melselva beregnet separat. I formelen er flomstørrelsen i et gitt felt avhengig av normalt årsmiddeltilsg og effektiv sjøprosent. Det vises til [NVE-rapport 7-2015](#) for flere detaljer. Årsmiddeltilsg benyttet i ligningen er økt med 10% i forhold til avrenningskartet til NVE. Middelflommen utregnes som en momentanverdi og skaleres ved hjelp av en vekstkurve opp til 200-årsflom. Videre skalering til 1000-årsflom er gjort ved bruk av gjennomsnittlige forholdstall hentet fra vannmerkene i frekvensanalysen. Forholdstallet for skalering fra Q<sub>200</sub> til Q<sub>1000</sub> er **1,19**. Omregning fra momentanverdi til døgnverdi er gjort ved bruk av formel for Q<sub>mom</sub>/Q<sub>døgn</sub> hentet fra NVEs retningslinjer for flomberegninger (høstverdi). Tabell 5 viser døgnverdier for middelflom, 20-årsflom, 200-årsflom og 1000-årsflom funnet med NIFS-formelverk.

$$Q_m = 18,97 \times Q_n^{0,864} \times e^{-0,251 \sqrt{A_{se}}} \quad (2)$$

$$\frac{Q_T}{Q_m} = 1 + 0,308 q_N^{-0,137} [\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}] / k \quad (3)$$

$$k = -1 + \frac{2}{\left[ 1 + e^{0,391 + \frac{1,54 A_{se}}{100}} \right]} \quad (4)$$

Q<sub>T</sub> er vannføring ved angitt gjentaksintervall og Γ er gammafunksjon

Tabell 5 Døgnverdier for middelflom, 20-årsflom, 200-årsflom og 1000-årsflom beregnet med NIFS formelverk

Felt	Døgnmiddelflom (l/s/km <sup>2</sup> )	Døgnflom Q <sub>20</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Døgnflom Q <sub>200</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )	Døgnflom Q <sub>1000</sub> (l/s/km <sup>2</sup> )
Hattebergselva	909	1447	2259	2692
Melselva	765	1232	1955	2330

## 2.7 Beregning av momentanflom

Flomstørrelsene beregnet i avsnittene over gjelder for gjennomsnittlig verdi over ett døgn. Maksimal flomstørrelse vil alltid være større enn døgnmiddelverdien. Siden høstflommene gjerne er de største i dette området, er kulminasjonsvannføringen i feltet beregnet ved bruk av forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom, basert på formelen for høstflommer. Formelen (5) for forholdstallet er hentet fra NVEs retningslinjer for flomberegninger og gjengitt under. For feltene i Hattebergsvassdraget er det beregnet forholdstall mellom momentanflom og døgnmiddelflom ( $Q_{mom}/Q_{døgn}$ ) presentert i Tabell 6.

$$Q_{mom}/Q_{døgn} = 2,29 - 0,29 \cdot \log(A) - 0,270 \cdot A_{SE}^{0,5} \quad (5)$$

Tabell 6 Forholdstall mellom momentanflom og døgnmiddelflom i Hattebergsvassdraget

Felt	$Q_{mom}/Q_{døgn}$
Hattebergsvassdraget	1,45
Hattebergselva	1,45
Melselva	1,37

## 2.8 Endelig valg av flomstørrelse og klimapåslag

NVE anbefaler i rapport 81-2016 «minst 20 %» klimapåslag i alle felt mindre enn 100 km<sup>2</sup> på Vestlandet, og 40 % for alle felt som ligger i nærheten av nedbørfelt med opp mot 40-60 % prognosert økning i flomstørrelsene frem til år 2100.

Vannmerket 42.2 Djupevad (32 km<sup>2</sup>) ligger i Handelandselva sentralt i Kvinnherad kommune og drenerer et nedbørfelt som er ganske typisk for mange av de små og mellomstore elvene uten breavrenning i Kvinnherad kommune. Trendene i utvikling av flomstørrelser i Handelandselva forventes derfor også å være representative for Hattebergsvassdraget. I NVE-rapport 81-2016 er økningen i flomstørrelser ved dette vannmerket forventet til 7-10 % (forventningsverdi 7 %) dersom klimascenario RCP4.5 (moderat) legges til grunn, og 5 til 26 % (forventningsverdi 12 %) dersom klimascenario RCP8.5 (høyt) legges til grunn.

**Som en konservativ betraktning og etter ønske fra Kvinnherad kommune er det valgt å benytte et klimapåslag på 40 % for Hattebergsvassdraget.**

Beregnet flomverdi for Hattebergselva fra regresjonsanalyse er på 1020 l/s/km<sup>2</sup>, mens NIFS-formelverk til sammenligning gir 909 l/s/km<sup>2</sup>. Regresjonsligningen gir 830 l/s/km<sup>2</sup> i feltet til Melselva, mens NIFS-formelverk gir 765 l/s/km<sup>2</sup> i samme felt. For begge feltene gir regresjonsanalysen størst verdier og er gjennomsnittlig 10 % større enn verdiene beregnet med NIFS. Sammenligning av verdiene er presentert i Tabell 7. Differansen i flomverdi mellom feltene skyldes i all hovedsak at effektiv sjøprosent er høyere i Melselva sammenlignet med Hattebergselva.

Tabell 7 Sammenligning av døgnmiddelflom beregnet med regresjonsanalyse og NIFS-formelverk

Felt	Døgnmiddelflom med regresjonsanalyse (l/s/km <sup>2</sup> )	Døgnmiddelflom med NIFS-formelverk (l/s/km <sup>2</sup> )
Hattebergselva	1020	909
Melselva	830	765

Det er i de videre beregningene valgt å ta utgangspunkt i flomvannføring beregnet med regresjonsanalyse, men noe redusert på grunn av lavere resultat med NIFS. Det gir en middelflom i Hattebergselva på 1000 l/s/km<sup>2</sup>, middelflom i Melselva på 800 l/s/km<sup>2</sup> og en middelflom ved utløpet av vassdraget på 900 l/s/km<sup>2</sup>. Skalering fra middelflom til flommer med større gjentaksintervall er gjort med gjennomsnittlig forholdstall ( $Q_x/Q_m$ ) hentet fra frekvensanalysen (se Tabell 3). Flomverdier (kulminasjonsverdi) for ulike gjentaksintervall inkludert klimapåslag (40%) er presentert i Tabell 8.

Tabell 8 Flomverdier (kulminasjonsverdier) for Hattebergsvassdraget inkludert klimapåslag gitt i m<sup>3</sup>/s

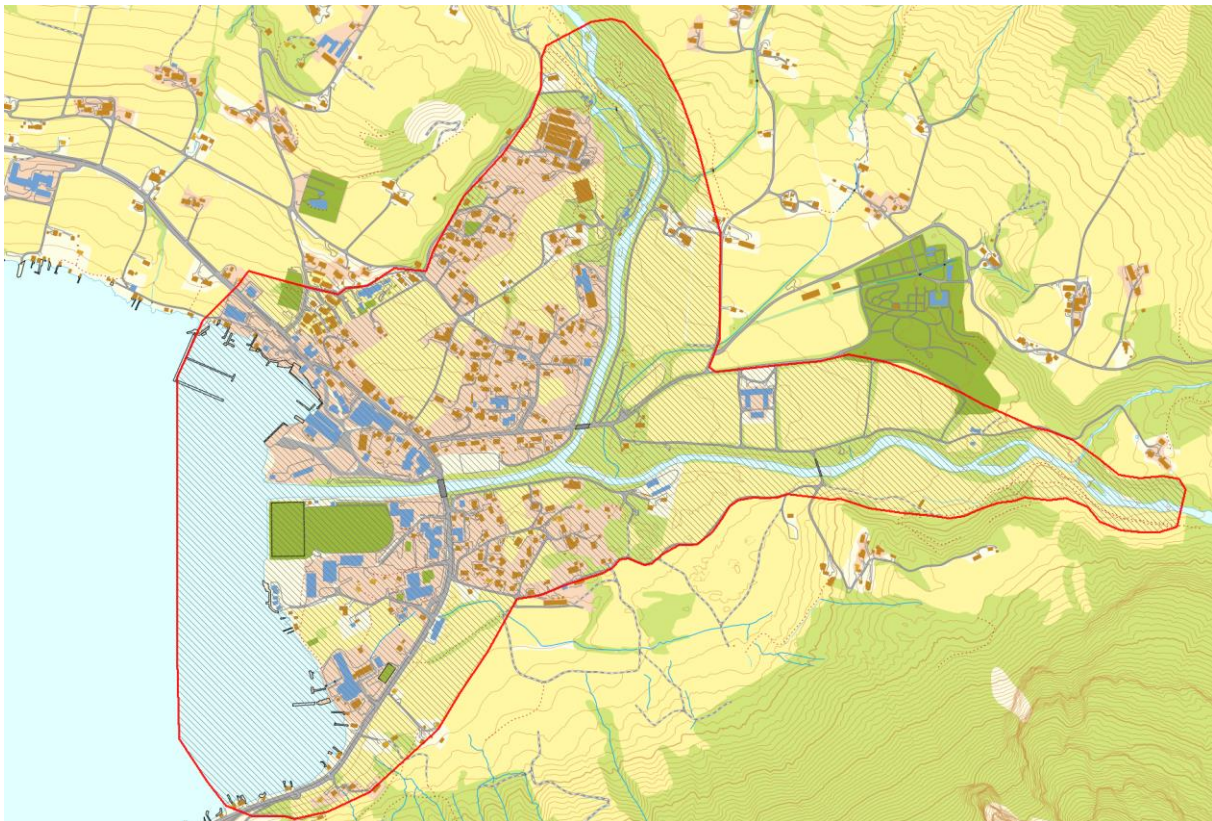
Felt	Q <sub>M</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>20</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>200</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>1000</sub> (m <sup>3</sup> /s)
Hattebergselva	74	119	166	198
Melselva	51	82	115	137
Hattebergsvassdraget ved utløp i sjøen	128	206	287	342

## 3 Hydraulisk modell

### 3.1 Beregningsmodell og datakvalitet

Vannstandsstigning gjennom Rosendal er beregnet ved bruk av en 2-dimensjonal hydraulisk modell i dataprogrammet HECRAS. Grunnlaget for modellen er laserdata over området fra 2013 hvor nøyaktigheten/tettheten er 2 pkt. per kvadratmeter og oppløsningen er 0,5 meter. Høydene i modellen refererer til høydedatum NN2000. Modellen beregner vannføring, vannstand og vannhastighet mellom celler i et «beregningsmesh». Cellestørrelsen for «meshet» i elven har dimensjoner på 4x4 meter, mens markante endringer i terrenget slik som ved flomvollene har mer detaljert oppløsning. Flatere områder har grovere oppløsning.

Modellen starter i underkant av kote 100 moh. i både Hattebergselva og Melselva og går derfra ut i sjøen. Se markering av modellert område i Figur 8.



Figur 8 Modellert område rundt Rosendal



### 3.2 Grensebetingelser

2D-modellen i HECRAS er satt opp med en øvre og nedre grensebetingelse hvor oppstrøms grensebetingelse er flomvannføring inn på beregningsområdet i Melselva og Hattebergselva. Flomvannføringen er momentanverdi for flom ilagt klimapåslag som vist i Tabell 8, korrigert for lokaltilsig nederst i vassdraget. Det er gjort beregninger for flere ulike gjentaksintervall.

Nedre grensebetingelse i modellen er vannstanden i sjøen. 1-års stormflo i år 2100 er satt som en fast vannstand i modellen. Vannstanden er hentet fra Kartverkets side for havnivå som opplyser 1-års stormflo i Rosendal til 85 cm. Havnivået er beregnet med tidevann fra Bergen ilagt tidsforskjell og høydekorreksjon. Forventet havnivåstigning som følge av klimaendringer er satt lik middelverdien i klimasenario RCP8.5 til 46 cm. Totalt gir det en forventet vannstand i år 2100 på 131 cm. I modellen er denne vannstanden økt ytterligere til **140 cm** i henhold til anbefaling fra DSB.

Det er ikke utført befaring i området og friksjonsforholdene er derfor vurdert ut fra tidligere befaring, kartdata og flyfoto. Fra samløpet mellom Hattebergselva og Melselva ned til sjøen renner elven rett og består av relativt stor stein med vegetasjon på elvebreddene. Oppstrøms samløpet er begge elvene brattere og har flere stryk. Langs med elven er det mye jordbruksområder i tillegg til bolighus, lokale næringsbygg og idrettsplasser.

Friksjonsfaktoren for beregningsstrekningen er basert på Manningstall ( $n$ ), og varierer fra 0,02 der det er infrastruktur til 0,1 i skogområdene på elvebredden. I tillegg er bygninger gitt en verdi på 50. Resterende areal typer er gitt Manningstall ( $n$ ) som i Tabell 9. Inndeling av arealsoner er basert på arealressurskart fra Statens kartverk.

Tabell 9 Manningstall benyttet i HECRAS-modell

Arealtype	Manningstall ( $n$ )
Vann	0,04
Fulldyrka jord	0.05
Innmarksbeite	0.045
Åpen fastmark	0.035
Bebygd område	0.02
Bygning	50
Overflatedyrka jord	0.045
Skog	0.1
Samferdsel	0.02

### 3.3 Infrastruktur i modellen

Det er tre vegbroer som krysser Hattebergsvassdraget der flomsonen er vurdert. Melsbrua (Fv54) som krysser over Melselva, Omsbru som krysser Hattebergselva, og Skålabru (Fv48) som krysser Hattebergselva nedstrøms samløpet med Melselva. Broene er kontrollmålt av Kvinnherad kommune og oppmålingsprofiler, samt bilder av broene ligger vedlagt i Bilag 1. Bruene berøres ikke direkte av flom og bruene Skålabru og Melsbru er ikke lagt inn i modellen. Brupilarene til Omsbru er lagt inn i modellen.



Figur 9 Kart med markering av bruer som krysser Hattebergsvassdraget i Rosendal

## 4 Resultat og konklusjon

Flomsonekart over Rosendal for flom med gjentakintervall på 20-, 200- og 1000-år inkludert klimapåslag ligger vedlagt i Bilag 2-Bilag 4. Bygningsmassen på kartene er ikke helt oppdatert og mangler blant annet deler av Rosendal Ungdomsskole og bygningen på adresse Øyro 24. I hovedsak følger flommen elveløpene frem til samløpet mellom Hattebergselva og Melselva ved de ulike gjentakintervallene. Områder i Rosendal som er spesielt utsatt for flom er idrettsplassen og havneområdet som ligger ved utløpet av elva i tillegg til ridebanen som ligger like oppstrøms Fv. 48. Disse områdene blir berørt allerede ved en 20-årsflom og omfanget øker ved større gjentakintervall. Ved 1000-årsflom er det forventet at flomvollen nord for Fv.48 og sør for Hattebergselva overtoppes. Det gjør at flommen finner et nytt løp og berører et relativt stort område og flere bygninger sør i Rosendal. Flere steder langs elva er elvebredden beskyttet av flomvoller og vannstanden i elva er stedvis høyere enn terrenget som ligger bak flomvollene. Disse områdene er utsatt hvis flomvollene ikke vedlikeholdes og ettersees jevnlig. Tabell 10 viser en oversikt over bolighus og andre bruksbygninger som er forventet å bli berørt ved flom. Garasjer, boder og lignende er utelatt fra tabellen. Det er ikke vurdert om kjellere blir berørt.

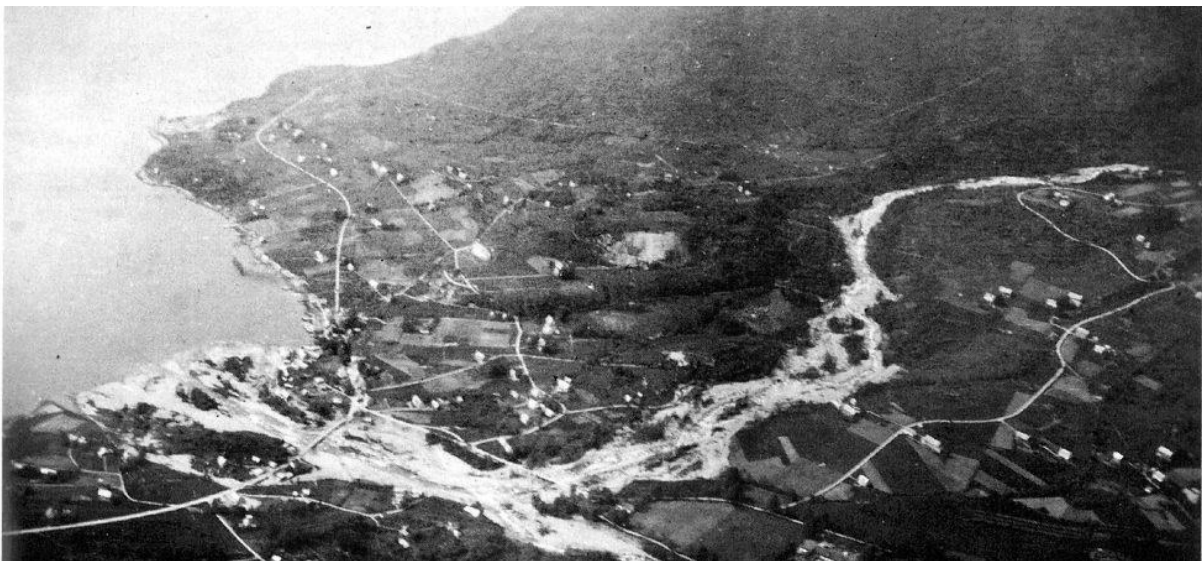
Tabell 10 Berørte bygninger

Adresse	Bruksområde	Berørt ved flom
Skålofjæro 3	Industri	Q <sub>20</sub> + 40% klima
Skålofjæro 1	Vannbehandlingsanlegg	Q <sub>20</sub> + 40% klima
Skålofjæro 9	Kontorbygning	Q <sub>20</sub> + 40% klima
Skålofjæro 13	Kunstgalleri	Q <sub>20</sub> + 40% klima
Baronivegen 4B	Bolighus	Q <sub>20</sub> + 40% klima
	Idrettsplassen	Q <sub>20</sub> + 40% klima
	Ridebanen	Q <sub>20</sub> + 40% klima
Øyro 20,8	Rosendal Ungdomsskole	Q <sub>20</sub> + 40% klima
Øyro 24	Treningscenter Norsafe	Q <sub>20</sub> + 40% klima
Rosendalvegen 4	Grendehus	Q <sub>200</sub> + 40% klima
Rosendalsvegen 8	Svømmehall	Q <sub>200</sub> + 40% klima
Baronivegen 26	Bolighus	Q <sub>200</sub> + 40% klima
Skålofjæro 8,10	Kontorbygg	Q <sub>200</sub> + 40% klima
Vangssaga	Museum	Q <sub>1000</sub> + 40% klima
Elvaborjo 12,8,10,4,14	Bolighus	Q <sub>1000</sub> + 40% klima
Rosendalsvegen 9,11,13,15,17	Bolighus	Q <sub>1000</sub> + 40% klima
Rosendalsvegen 10	Rådhus	Q <sub>1000</sub> + 40% klima
Malsanger 3	Bolighus	Q <sub>1000</sub> + 40% klima
Øyro 2 (Malmanger skule)	Skole	Q <sub>1000</sub> + 40% klima
Rosendalsvegen 46	Hotell	Q <sub>1000</sub> + 40% klima
Øyro 11	Bolighus	Q <sub>1000</sub> + 40% klima

## 5 Diskusjon og vurdering av resultat

### 5.1 Tidligere flommer i Rosendal

Bilde i Figur 10 viser flommen i Rosendal fra november 1940. Flommen oversvømte store områder ved utløpet i sjøen i tillegg til at elvebreddene i Melselva ble oversvømt. Sammenlignet med resultatene i flomsonekartleggingen har flommen på bildet vesentlig større utbredelse. Siden 1940 er det gjort flere flomtiltak i vassdraget, og dette er sannsynligvis årsaken til forskjellene. Vi kjenner ikke gjentakintervallet til flommen fra 1940.



Figur 10 Bilde av flom gjennom Rosendal november 1940 [4]

### 5.2 Usikkerheter

Det vil alltid være usikkerheter knyttet til beregninger av flom og flomvannstand. Registrering av flomdata ved målestasjoner vil alltid ha en usikkerhet, særlig som følge av usikkerhet i vannføringskurven. Denne er søkt redusert ved at analysene er basert på regionale analyser med mange målestasjoner og formler som er avledet fra regionale flomfrekvensanalyser. Usikkerhetene i den hydrauliske modellen knytter seg i hovedsak til vurdering av friksjonsforhold og usikkerheten i størrelsen til flommene.

Terrengmodellen er basert på en punktsky med bakkepunkt registrert fra fly. Særlig i områder med tett vegetasjon vil terrengmodellen være interpolert, og dette gir unøyaktigheter i modellen. En annen kilde til usikkerhet er endring i elveprofilen på grunn av erosjon eller tiltak som er skjedd etter at kartlegging ble foretatt. Terrengmodellen er beregnet på grunnlag av en kartlegging på et tidspunkt der det var moderat til liten vannføring i vassdragene i området (20-23/7-2013 og 30/9-3/10+11/10-13/10-2013). Siden laserkartlegging med tradisjonell laser ikke kan kartlegge under vann, gjør dette at beregningen blir litt konservativ, særlig på strekninger der vassdraget har en viss dybde.

Bruene i vassdraget berøres i utgangspunktet ikke ved flom, men det er alltid en risiko for at bruer tilstoppes eller får begrenset avløpskapasitet. Det kan føre til økt vannstandsstigning tilbake i vassdraget som ikke er vist på kartene.

Siden vassdraget oppstrøms Rosendal er relativt bratt, samtidig som utløpet til elven er relativt slakt er det fare for at sedimenter fra bratte områder avsettes i slakere områder. Også det kan føre til høyere flomvannstand enn det som er gitt på flomsonekartene.

### 5.3 Sensitivitetsvurdering

Mye av bebyggelsen i Rosendal er vernet mot flom ved at det tidligere er blitt bygget flomvoller. Det gjør at konsekvensene begrenses helt til flomvollene overtoppes eller brister. Generelt er vannstanden i elva ved stor flom høyere enn terrenget som ligger like bak flomvollene. Disse områdene er avhengige av at flomvollene holdes i stand og ved overtopping eller skade på vollene vil relativt store områder kunne berøres. Spesielt gjelder dette boligområdet sør for Hattebergselva og øst for fylkesvegen. Ved bruk av flomsonekartene anbefales det å betrakte områder som ligger lavere enn flomvannstanden i vassdraget som potensielt utsatt for flom.

Det er på grunn av usikkerhetene gjort en sensitivitetsanalyse der flomstørrelsen ( $Q_{1000}$  inkludert klimapåslag) og friksjonen i modellen er økt med 20 %. Dette gir et utslag på de beregnede vannstandene på ca. 0,3-0,4 meter. For de allerede flomberørte områdene vil ytterligere vannstandsstigning ha relativt liten betydning på skadeomfanget. Størst vannstandsstigning vil oppstå der elven er smalest.

Det anbefales generelt å tillegge en sikkerhetsmargin på 0,5 meter til beregnede flomvannstander.

## 6 Bilag og referanser

### 6.1 Bilag

1. Innmålinger av broer
2. Flomsonekart 20-årsflom med klimapåslag
3. Flomsonekart 200-årsflom med klimapåslag
4. Flomsonekart 1000-årsflom med klimapåslag
5. Frekvenskurver fra utvalgte vannmerker

### 6.2 Referanser

#### Litteratur:

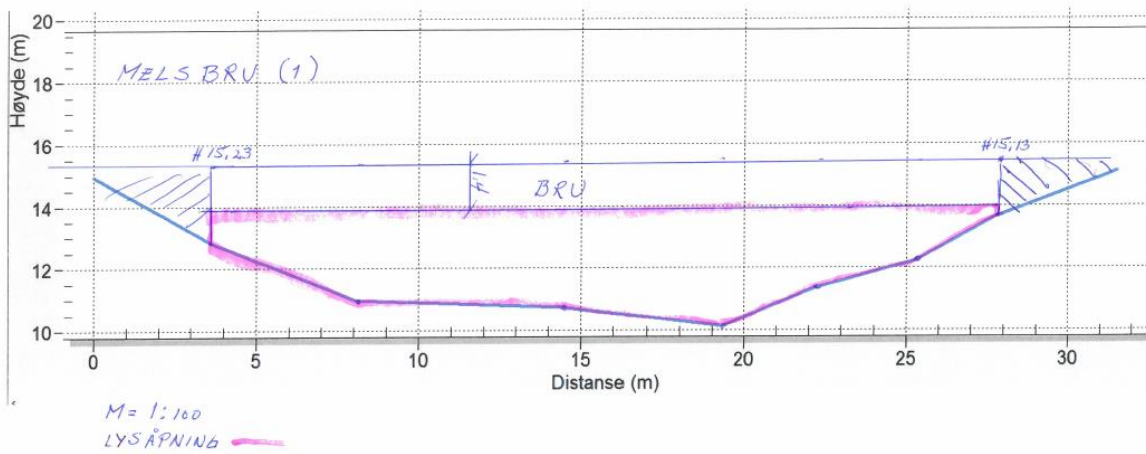
1. NVE (2011). *Retningslinjer for flomberegninger*. NVE-rapport 4-2011.
2. NVE (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. NVE-rapport 81-2016.
3. Miljødirektoratet (2015). *Sea Level Change for Norway*. NCCS report no. 1/2015

#### Bilder:

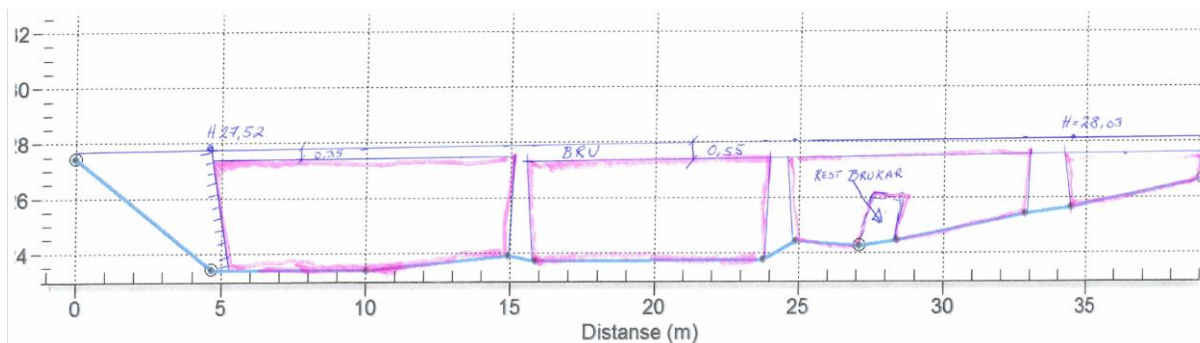
4. Grenda (26 november 2015), *Då elva raserte bygda*, lastet ned 25.10.2018 fra: <https://grenda.no/da-elva-raserte-bygda/>

## Bilag 1 Innmåling av bruer

### Melsbru



## Omsbru



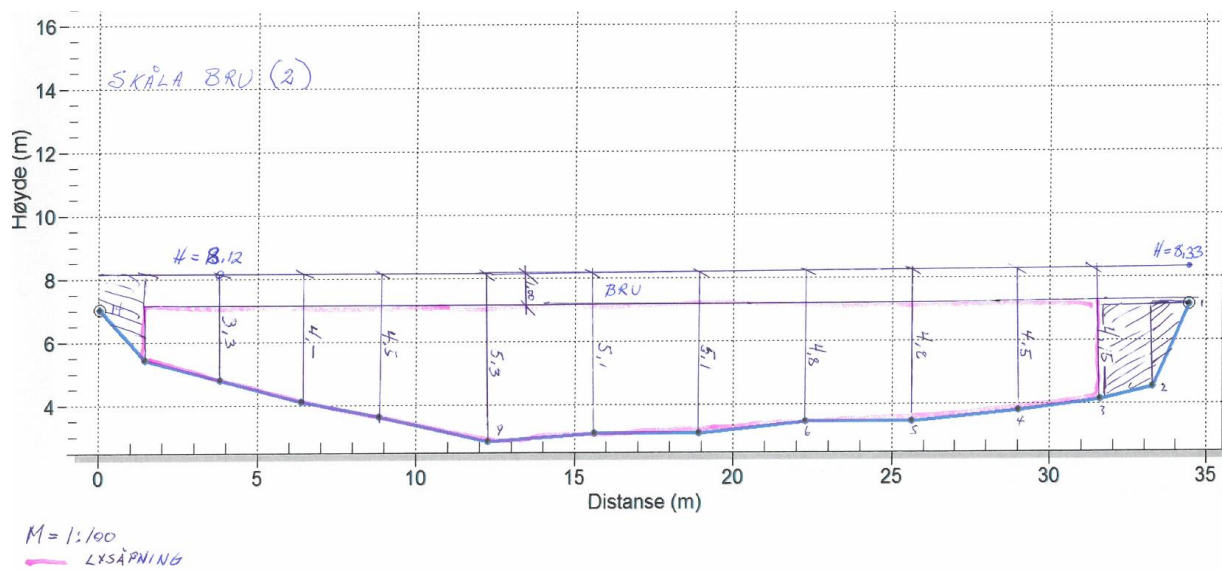
Målestokk: 1:100

Lysåpning: 

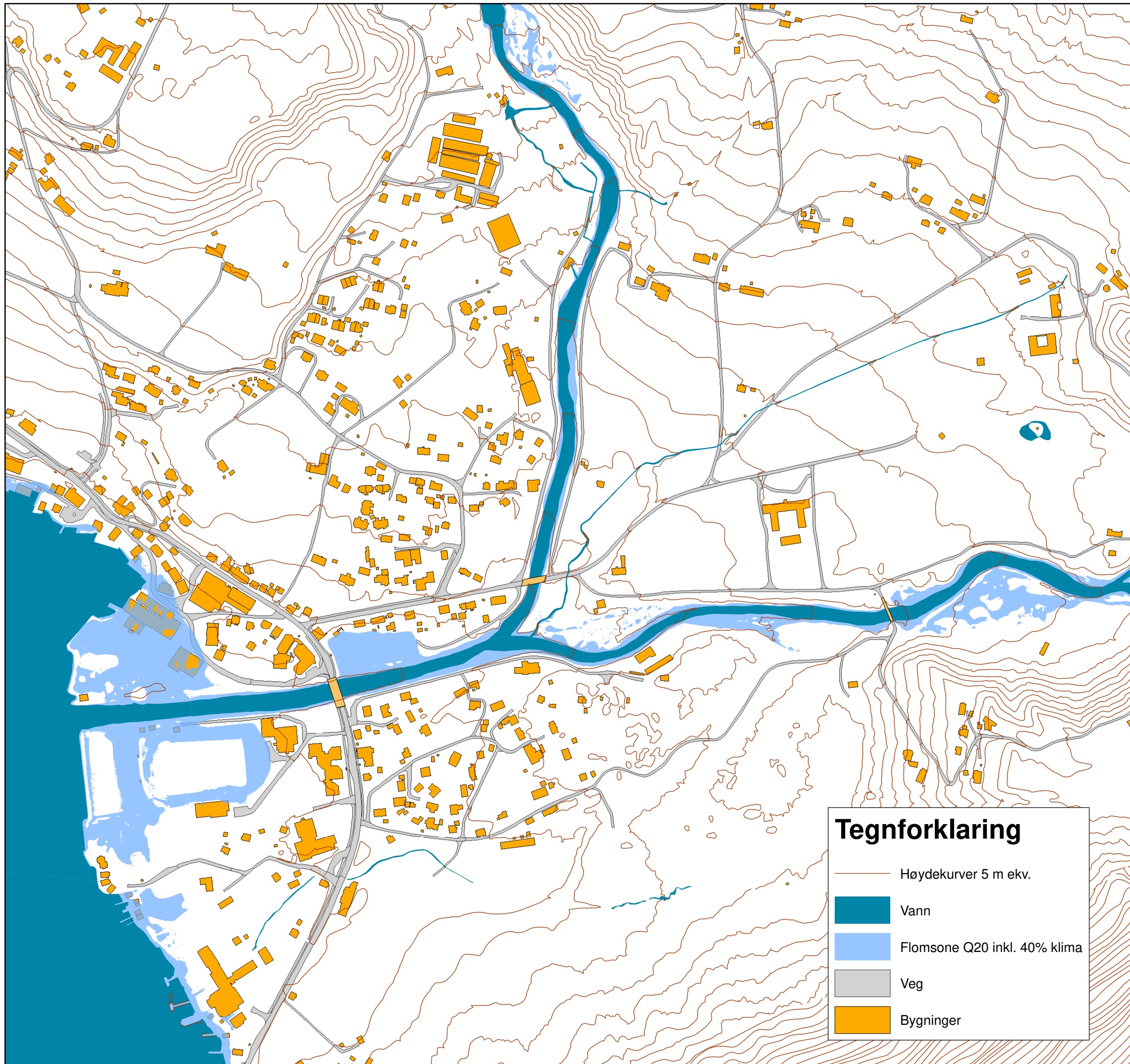






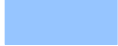


## Skålabru

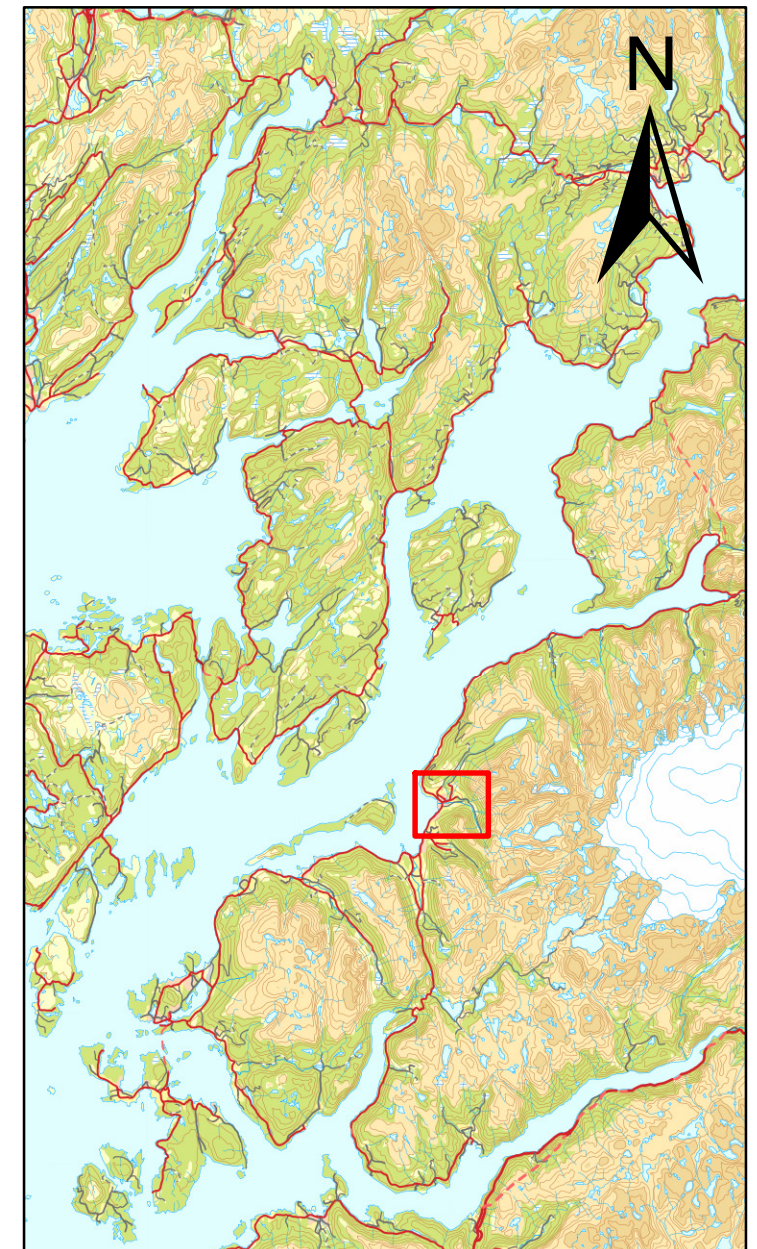


## Bilag 2 Flomsone 20-årsflom med klimapåslag



**Tegnforklaring**

-  Høydekurver 5 m ekv.
-  Vann
-  Flomsone Q20 inkl. 40% klima
-  Veg
-  Bygninger



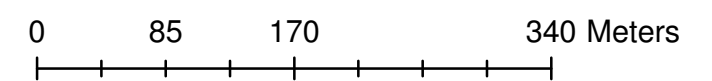
**Flomsonekartlegging i Rosendal**  
**Flomsituasjon: 20-årsflom + 40%**

Målestokk: 1:5000  
 1 cm = 50 meter  
 Format: A3

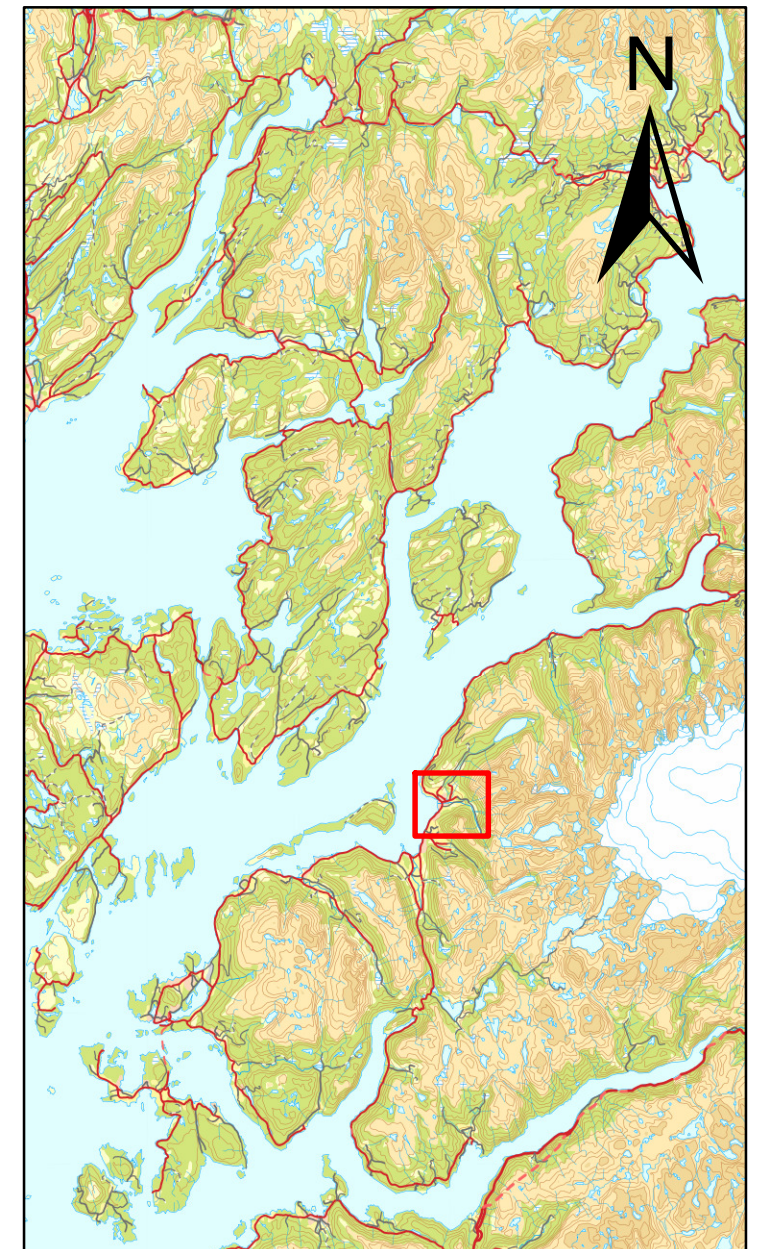
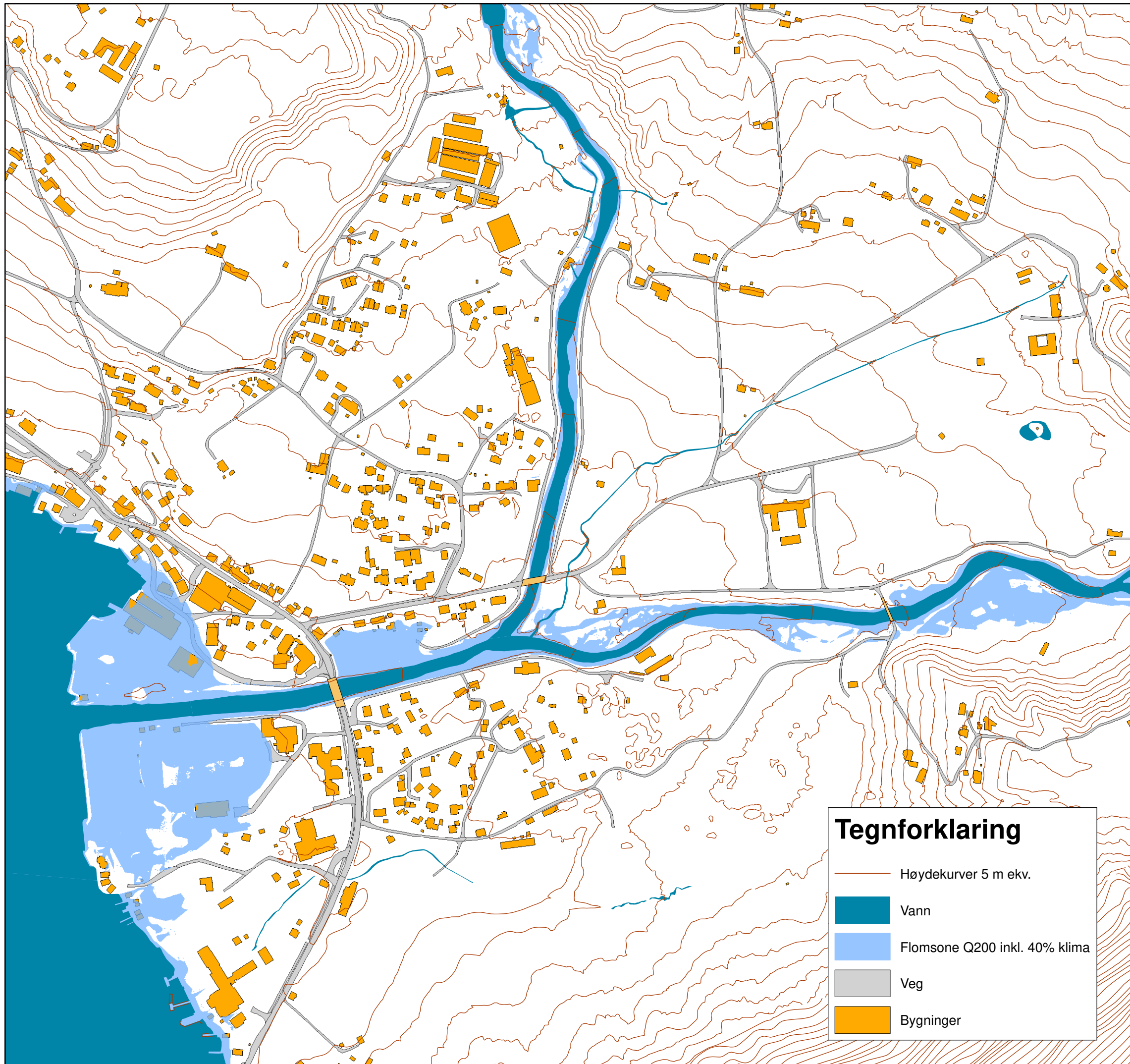
Kartgrunnlag: Laserdata, Etne-Kvinnherad 2013  
 Koordinatsystem: ETRS\_1989\_UTM\_32N  
 Høydesystem: NN2000

Flomberegning: Norconsult oktober 2018  
 Vannlinjeberegning: Norconsult oktober 2018

Oppdragsgiver: Kvinnherad kommune  
 Oppdragsnummer: 5185895  
 Kartnummer: D01-1  
 Dato: 25.10.2018



## Bilag 3 Flomsone 200-årsflom med klimapåslag



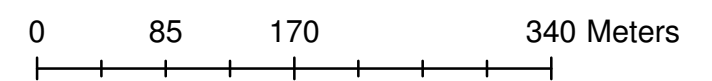
**Flomsonekartlegging i Rosendal**  
**Flomsituasjon: 200-årsflom + 40%**

Målestokk: 1:5000  
 1 cm = 50 meter  
 Format: A3

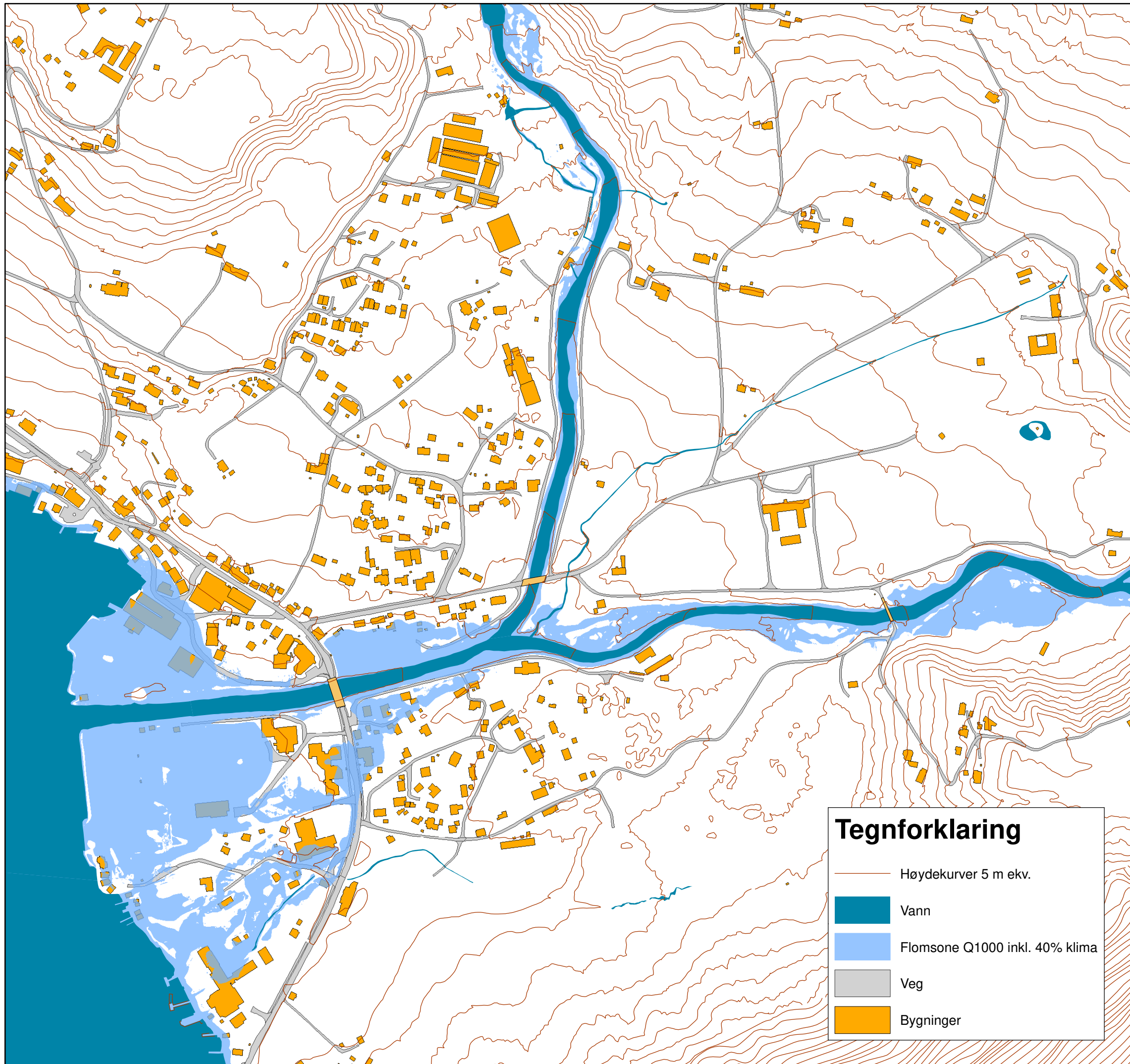
Kartgrunnlag: Laserdata, Etne-Kvinnherad 2013  
 Koordinatsystem: ETRS\_1989\_UTM\_32N  
 Høydesystem: NN2000

Flomberegning: Norconsult oktober 2018  
 Vannlinjeberegning: Norconsult oktober 2018



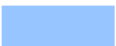


Oppdragsgiver: Kvinnherad kommune  
 Oppdragsnummer: 5185895  
 Kartnummer: D01-2  
 Dato: 25.10.2018

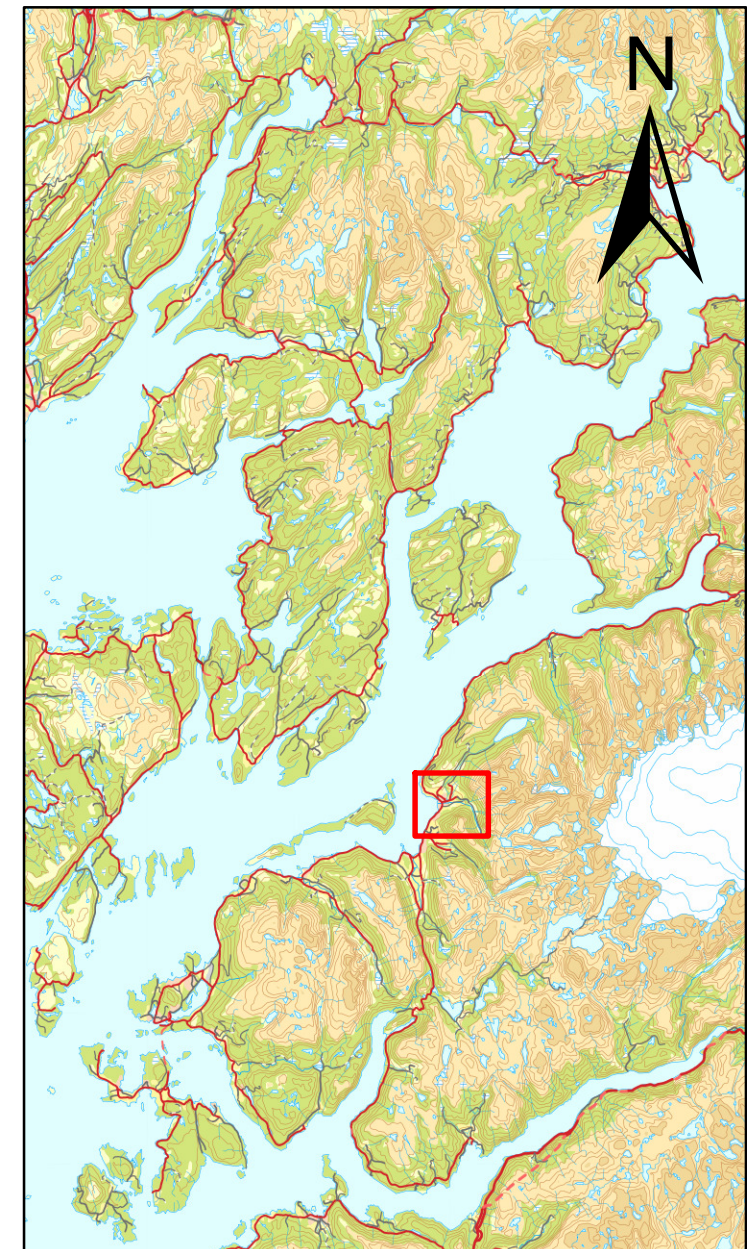


## Bilag 4 Flomsone 1000-årsflom med klimapåslag



### Tegnforklaring

-  Høydekurver 5 m ekv.
-  Vann
-  Flomsone Q1000 inkl. 40% klima
-  Veg
-  Bygninger



## Flomsonekartlegging i Rosendal

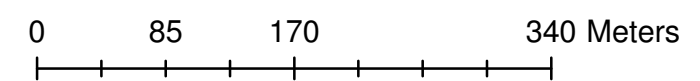
### Flomsituasjon: 1000-årsflom + 40%

Målestokk: 1:5000  
 1 cm = 50 meter  
 Format: A3

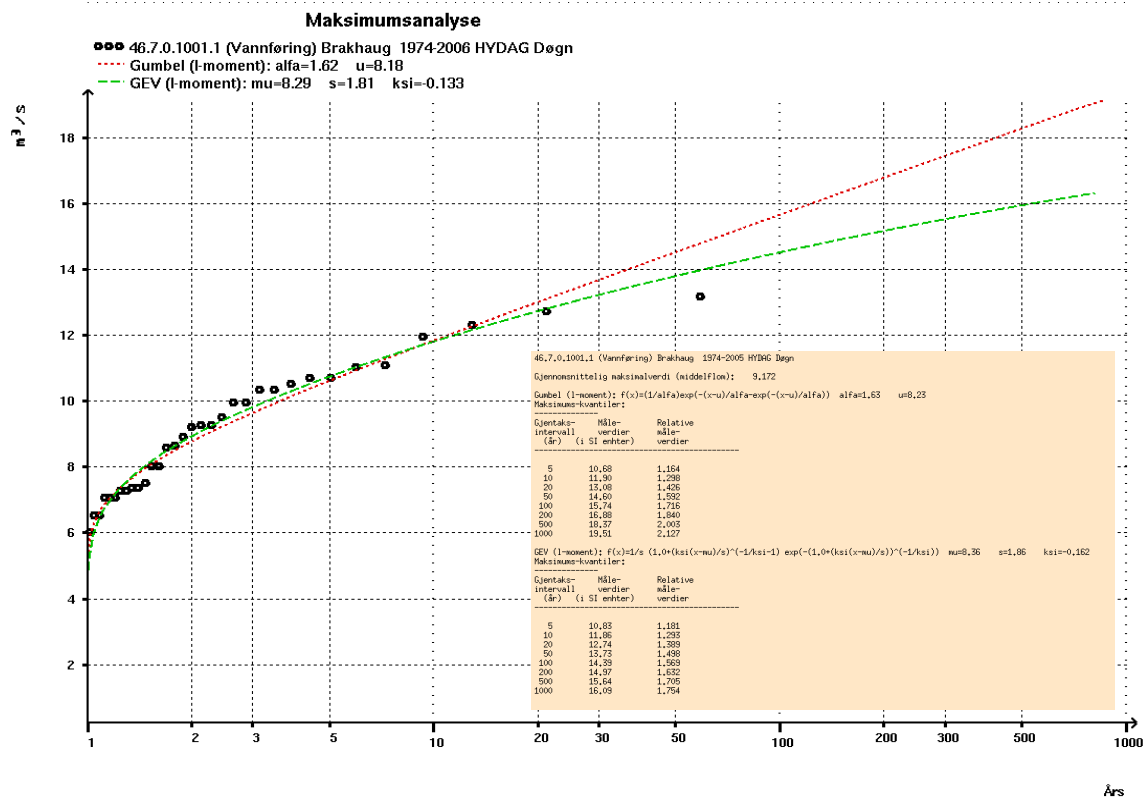
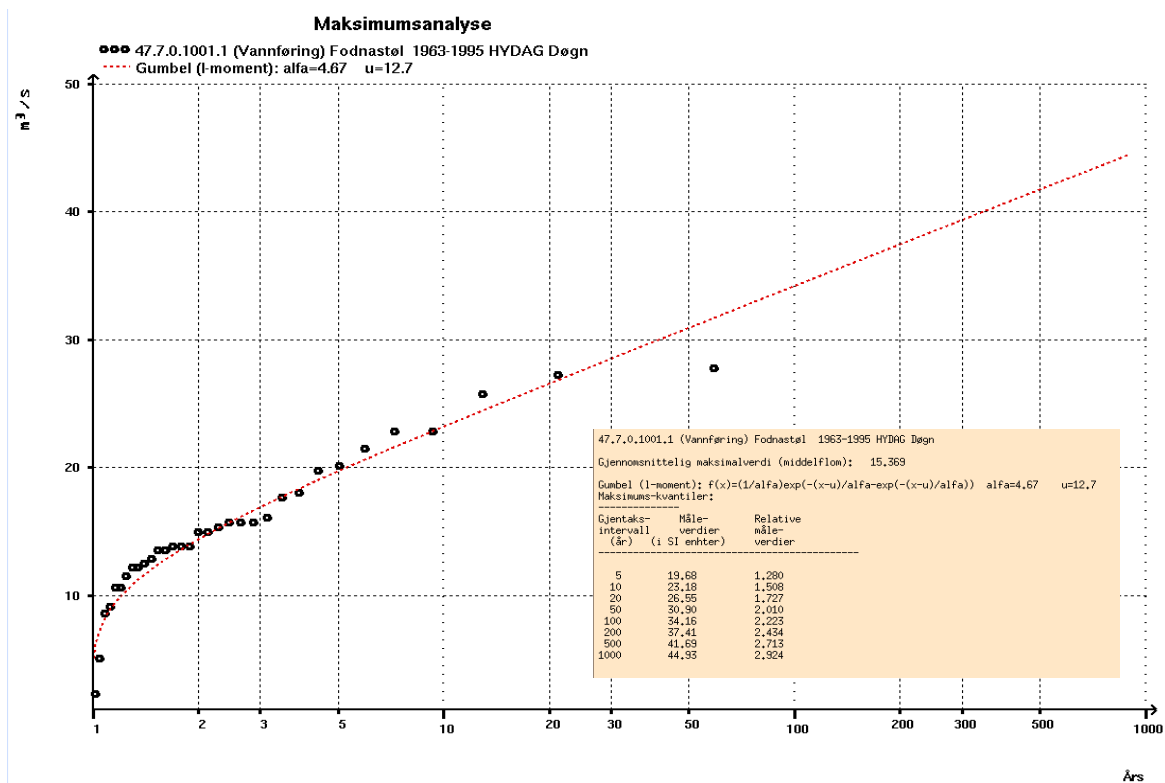
Kartgrunnlag: Laserdata, Etne-Kvinnherad 2013  
 Koordinatsystem: ETRS\_1989\_UTM\_32N  
 Høydesystem: NN2000

Flomberegning: Norconsult oktober 2018  
 Vannlinjeberegning: Norconsult oktober 2018

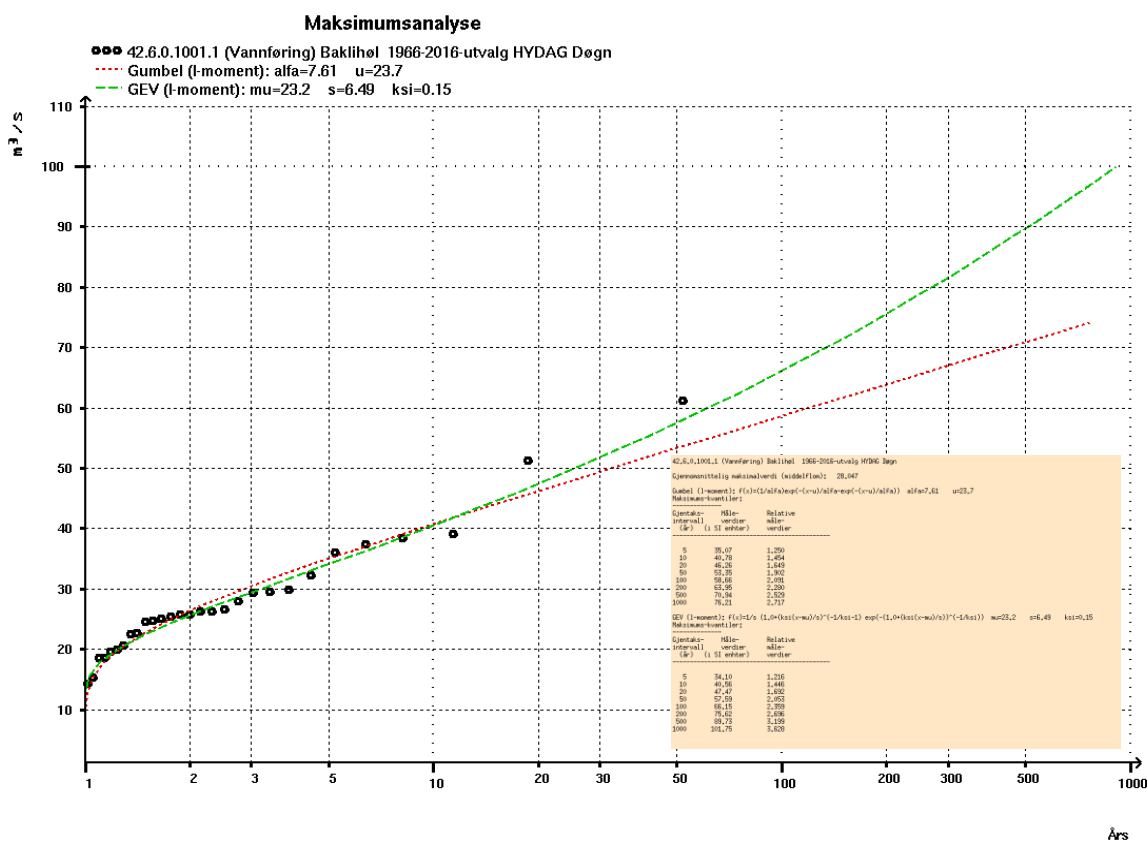
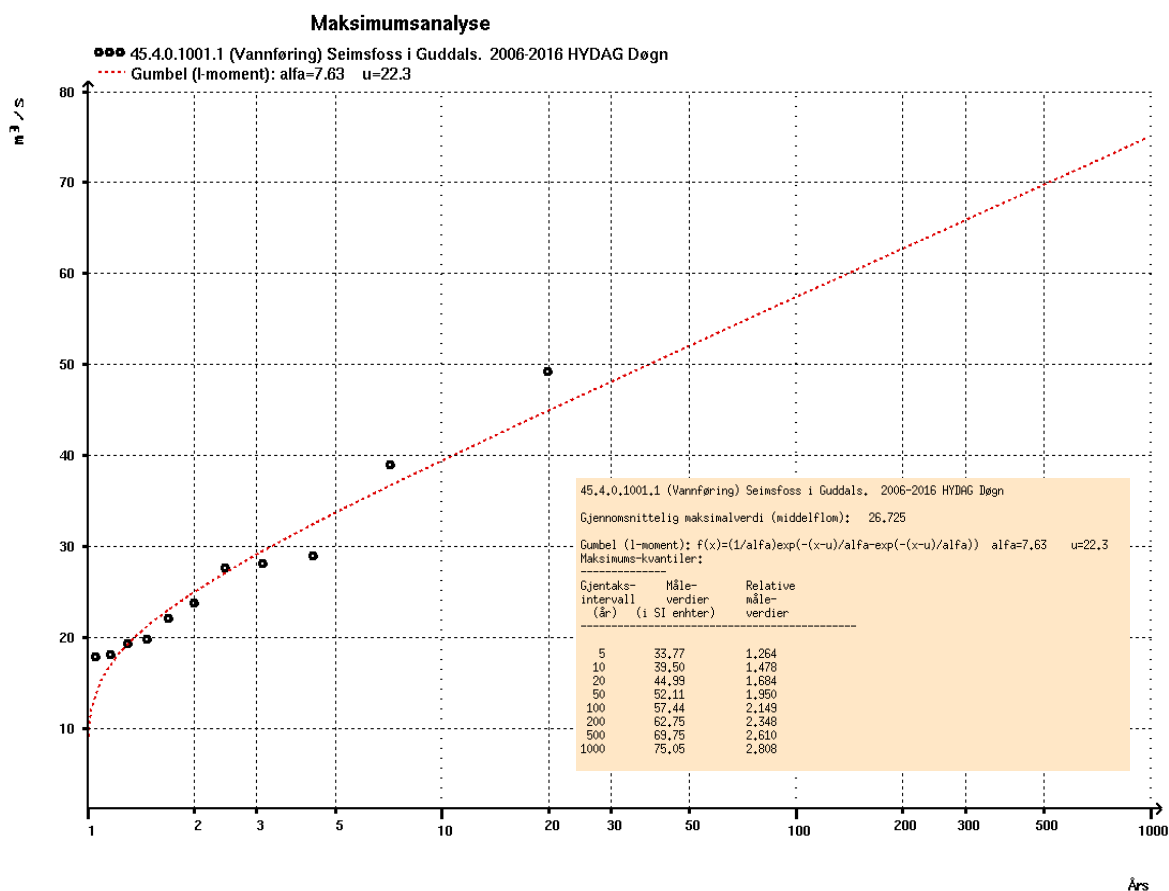
Oppdragsgiver: Kvinnherad kommune  
 Oppdragsnummer: 5185895  
 Kartnummer: D01-3  
 Dato: 25.10.2018



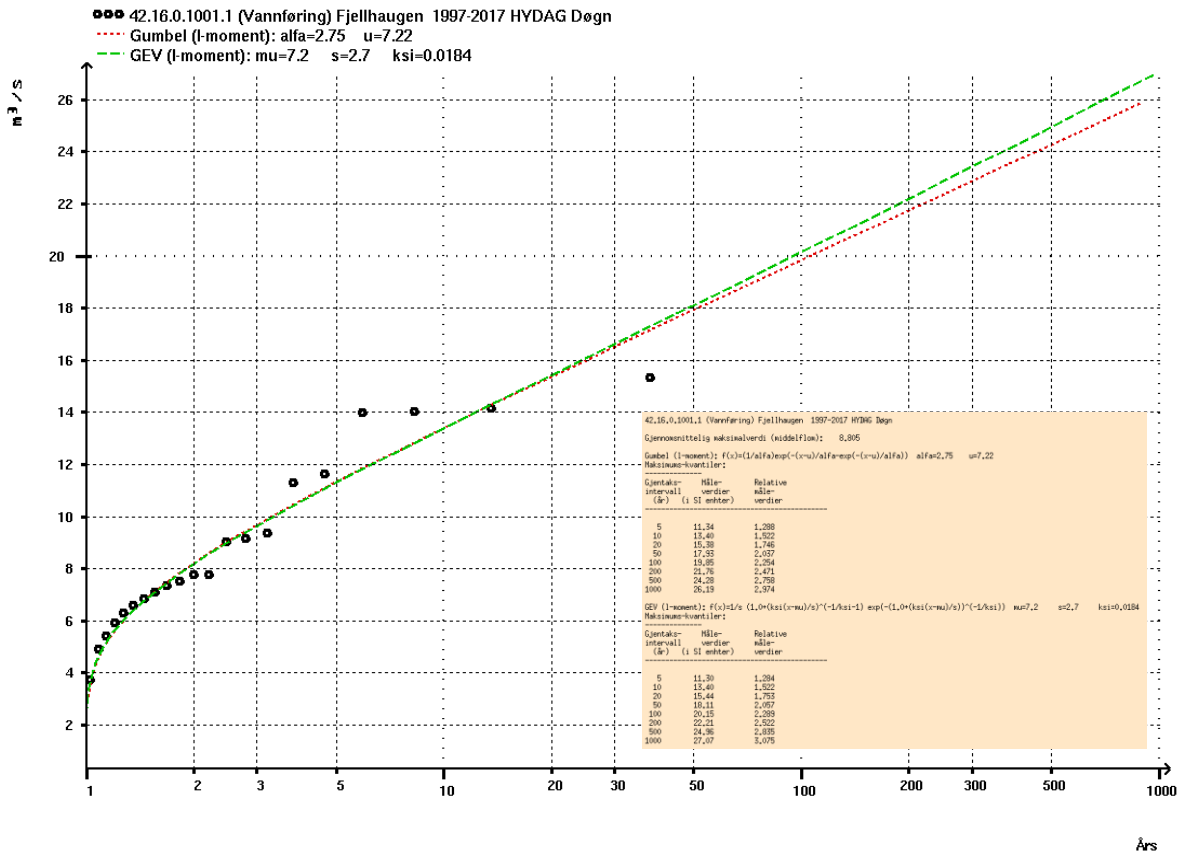
## Bilag 5 Frekvenskurver fra utvalgte vannmerker



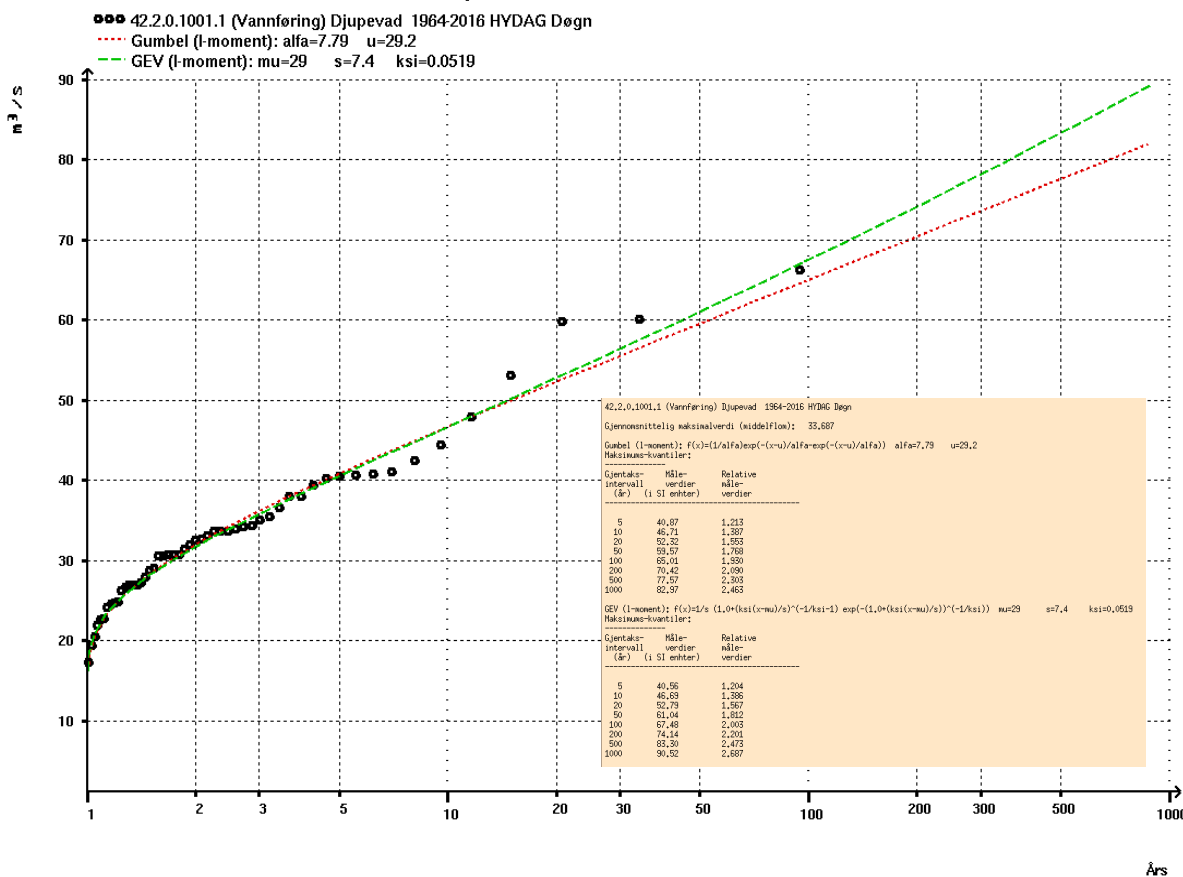


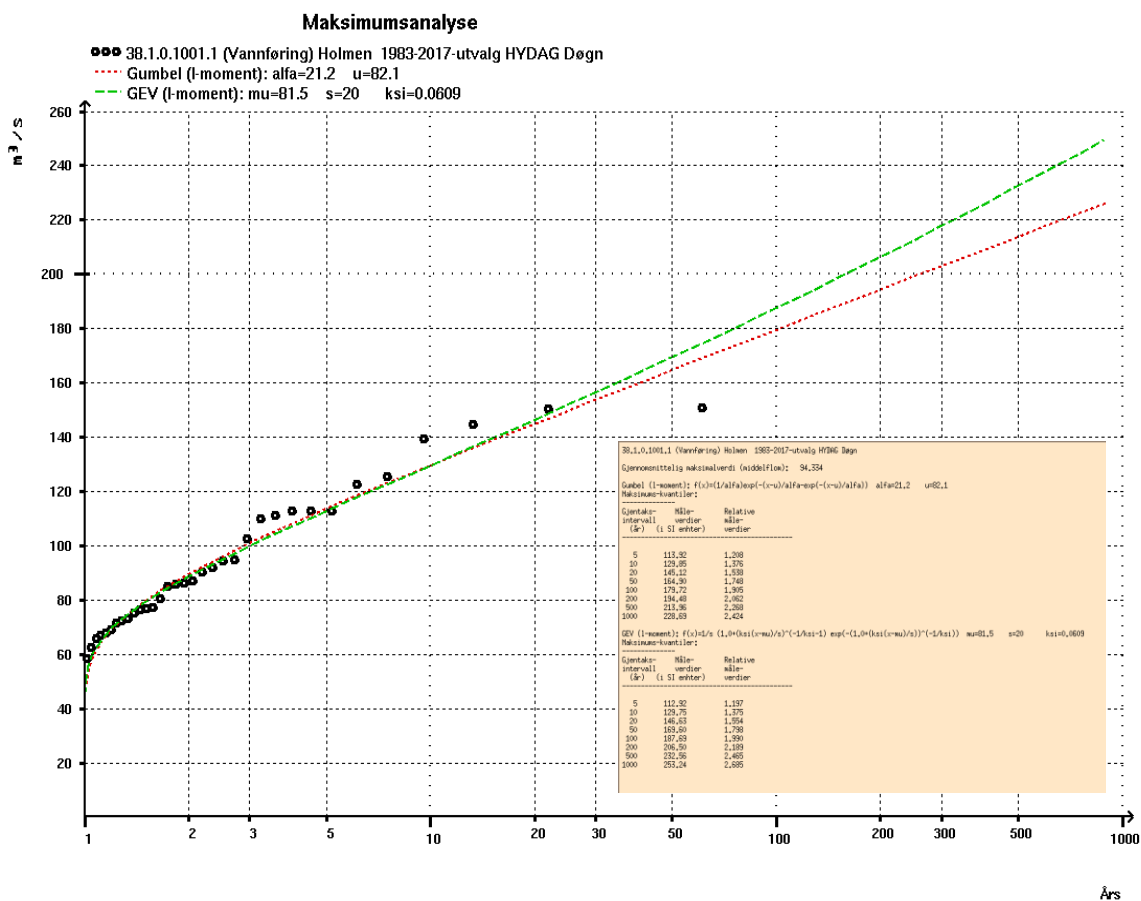
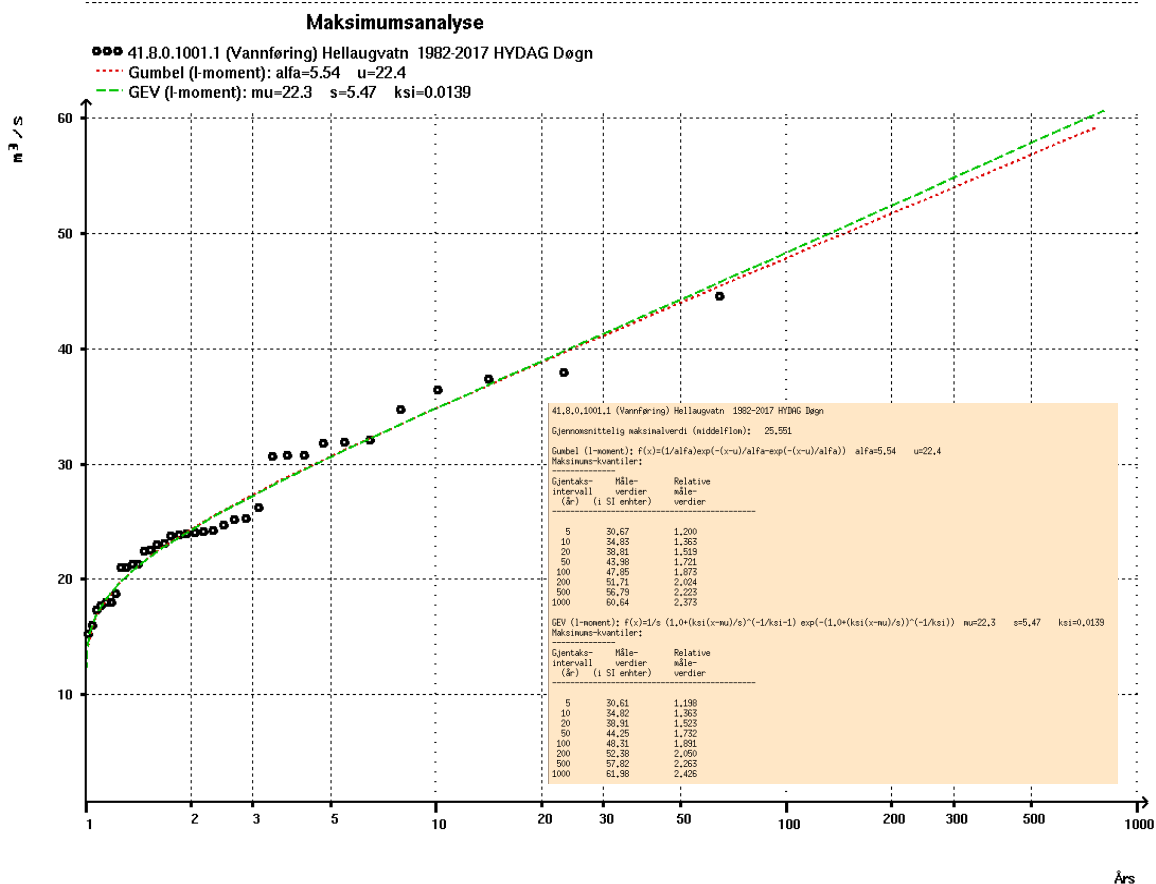


**Maksimumsanalyse**

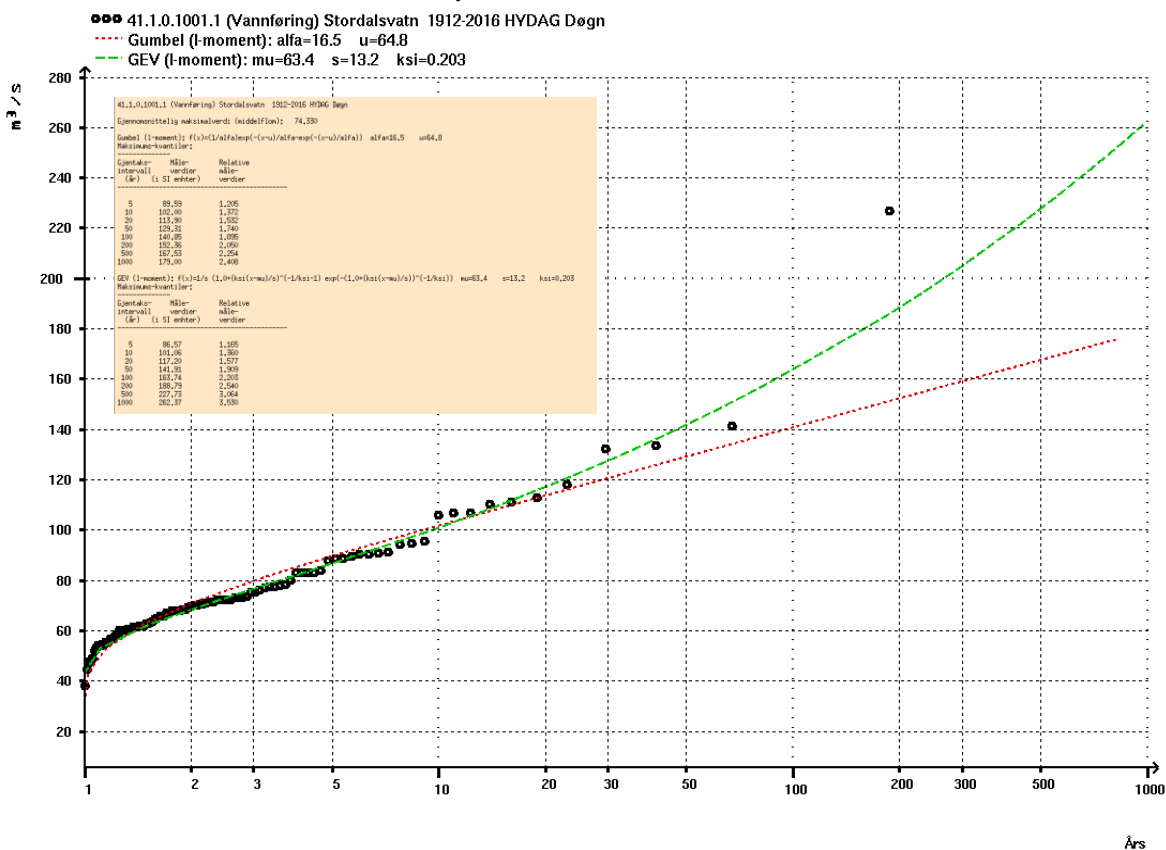


**Maksimumsanalyse**

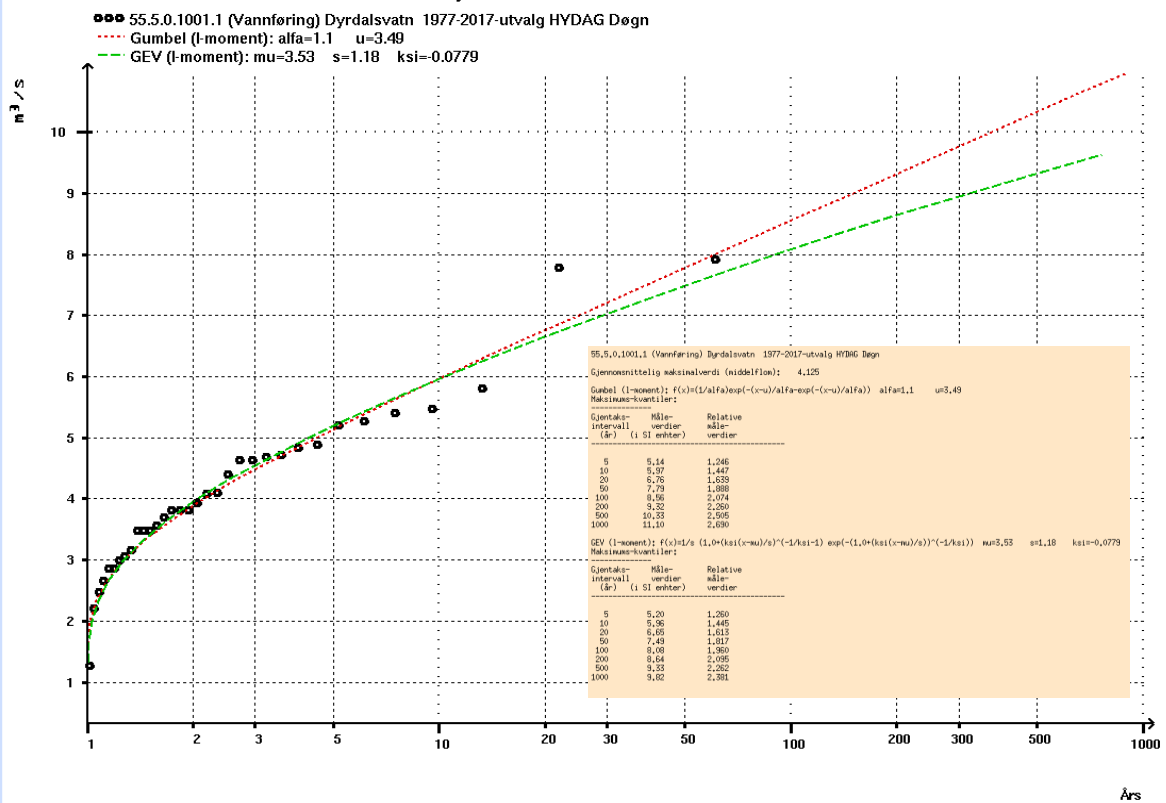




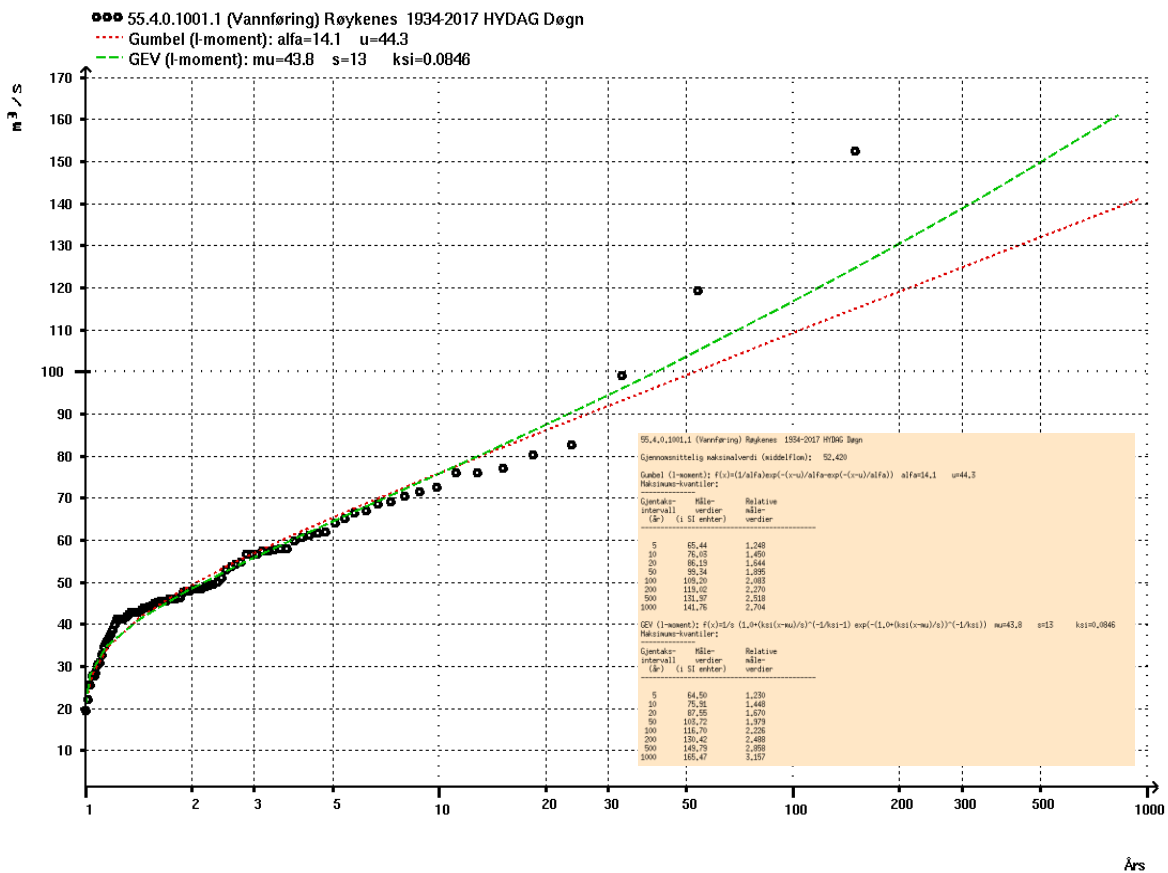
### Maksimumsanalyse



### Maksimumsanalyse



Maksimumsanalyse



Maksimumsanalyse

