RAPPORT

Nr. 19/2022

Flomberegning for Etneelva (041.A0)

Per Alve Glad

NVE Rapport nr. 19/2022

Flomberegning for Etneelva (041.A0)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Per Alve Glad

Forsidefoto: NVE

ISBN: 978-82-410-2217-3

ISSN: 1501-2832

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 4

Saksnummer: 201600398

Sammendrag: Det er utført flomberegning for Etneelva med beregningspunkt rett oppstrøms brua ved Etne kirke i Etne kommune. Beregningen danner grunnlaget for sikringstiltaket som skal utføres i Etne. Flomberegningen er basert på frekvensanalyser av observerte flommer ved to hydrometriske stasjoner i Etnevassdraget som er kombinert og skalert opp til å representere Etneelvas nedbørfelt. I Etnevassdraget har de fleste store flommene funnet sted om høsten. Estimerte flomverdier er sammenlignet med tidligere beregninger i vassdraget og resultatene er i samsvar med beregningene utført for flomsonekartlegging i 2001.

Emneord: Flomberegning, flomsikring, Etneelva i Etne kommune

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

Mai, 2022

Flomberegning for Etneelva (041.A0)

1 Innledning 6

1.1 Beskrivelse av oppgaven 6
1.2 Beskrivelse av vassdraget 6

2 Datagrunnlag 10

2.1 Vannføringsstasjoner 10

3 Metode 11

3.1 Frekvensanalyser fra målestasjoner 11
3.2 Formelverk for regional frekvensanalyse 12

4 Resultater 12

4.1 Døgnmiddelvannføring 12
4.1.1 Flomfrekvensanalyse 12
4.1.2 Regional flomfrekvensanalyse 14
4.2 Kulminasjonsvannføring 14
4.2.1 Forholdstall mellom døgn- og kulminasjonsverdier 15

5 Endelig valg av flomverdier 15

6 Vurdering av flomverdier 16

6.1 Sammenligning med erfaringstall 16
6.2 Usikkerhet 17
6.3 Klassifisering av datagrunnlaget 18

7 Klimapåslag 18

8 Referanser 19

9 Vedlegg 20

9.1 NEVINA-rapporter 20
9.2 Flomindeksrapport for Etneelva ved Etne kirke 21
9.3 Flomfrekvensanalyser 22

Forord

I tilknytning til planlagt sikringstiltak i Etne kommune har hydrologisk avdeling utført flomberegning for Etneelva. Beregningen er utført med beregningspunkt rett oppstrøms brua ved Etne kirke.

Utvalgte flommer med gjentaksintervall opptil 200 år er beregnet. I tillegg er flomverdiene justert i forhold til ventede klimaendringer.

Per Alve Glad har utført beregningene, og Erik Holmqvist har kvalitetskontrollert arbeidet.

Oslo, mai 2022

Elise Trondsen
seksjonssjef
Hydrologisk avdeling,
seksjon for vannbalanse

Per Alve Glad
senioringeniør

Dokumentet sendes uten underskrift. Det er godkjent i henhold til interne rutiner.

Sammendrag

Det er utført flomberegning for Etneelva med beregningspunkt rett oppstrøms brua ved Etne kirke i Etne kommune. Beregningen danner grunnlaget for sikringstiltaket som skal utføres i Etne.

Flomberegningen er basert på frekvensanalyser av observerte flommer ved to hydrometriske stasjoner i Etnevassdraget som er kombinert og skalert opp til å representere Etneelvas nedbørfelt. I Etnevassdraget har de fleste store flommene funnet sted om høsten.

Kulminasjonsvannføring for ulike gjentaksintervall opp til Q_{200} er presentert i Tabell 1. I Tabell 2 oppgis flomverdier for de samme gjentaksintervallene inkludert 20 og 40 % klimapåslag.

Tabell 1. Flomverdier for Etneelva, kulminasjonsvannføringer.

Beregningspunkt	Q_M m^3/s	Q_5 m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s
Etneelva	150	181	215	252	306	353	407

Tabell 2. Flomverdier inkl. klimapåslag på 20 og 40 % for Etneelva, kulminasjonsvannføringer.

Punkt i vassdraget	Q_M m^3/s	Q_5 m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s
Etneelva + 20%	179	217	258	302	367	424	489
Etneelva + 40%	209	253	301	353	428	494	570

Datagrunnlaget for flomberegning for Etneelva kan karakteriseres som bra. Lange tidsserier foreligger både for Nordelva og Sørelva som til sammen representerer 92% av nedbørfeltet til Etneelva ved beregningspunktet. I tillegg har en lang tidsserie med observert vannstand i og vannføring ut av Stordalsvatn gjort det mulig å konstruere en tilløpsserie som gir en komplimenterende tidsserie til analysen.

I NVE Veileder (01/2022) er det anbefalt å vurdere det hydrologiske datagrunnlaget som brukes i flomberegningen ut fra en skala fra 1 til 5, der 1 er beste klasse og 5 er dårligst. Det hydrologiske datagrunnlaget vurderes for denne flomberegningen å være i klasse 2 «Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nær vassdraget».

Det ble i 2001 utført flomberegninger i vassdraget for Etneelva (Pettersson, 2001) i forbindelse med utarbeidelse av flomsonekart og resultatene fra denne analysen er sammenlignet med disse beregningene. Store deler av teksten som beskriver nedbørfeltet og målestasjonene i denne rapporten er hentet fra rapporten fra 2001. Konklusjonen er at det ikke er funnet grunn til å anbefale andre flomverdier for Etneelva enn de som ble beregnet i 2001.

1 Innledning

1.1 Beskrivelse av oppgaven

Det skal utføres sikringstiltak langs Etneelva i Etne kommune i Vestland fylke og i den forbindelse er det utført flomberegning for Etneelva.

Figur 1 viser oversikt over analyseområdet og beregningspunktet som er satt til å være rett oppstrøms brua ved Etne kirke.

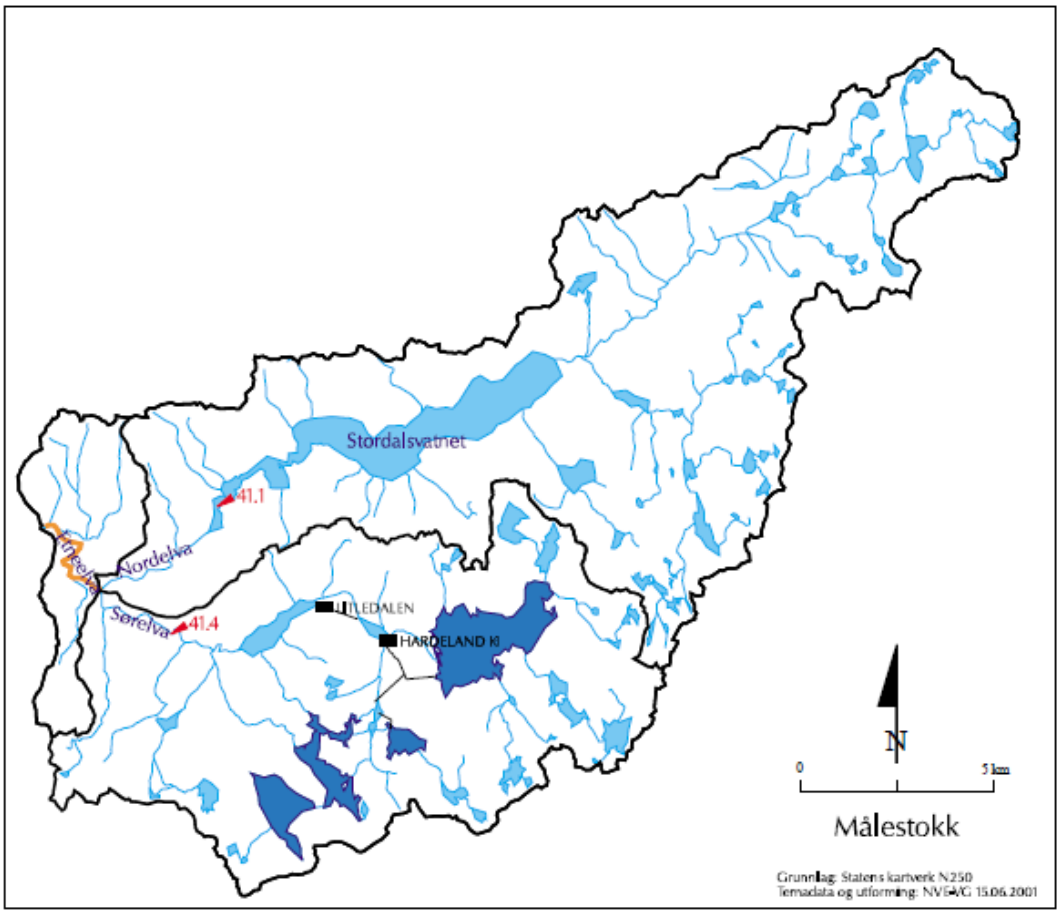
Som grunnlag for sikringstiltaket i Etne skal flommer med gjentaksintervall 10, 20, 50, 100, 200 år beregnes. I tillegg skal det vurderes behov for påslag i vannføring som følge av ventede klimaendringer.

Figur 1. Viser beregningspunktet (i rødt) for Etneelva rett oppstrøms brua ved Etne Kirke.

1.2 Beskrivelse av vassdraget

Nedbørfeltet til Etneelva ved beregningspunktet er 244 km^2 og vist i Figur 2. Etnevassdraget ligger mellom Åkrafjorden og Saudafjorden. Det strekker seg fra nordøst/øst i sørvestlig/vestlig retning til utløpet i Etnefjorden ved tettstedet Etne. Etnefjorden er en liten sidefjord i den ytre delen av Hardangerfjorden.

Vassdraget består av to deler. Den nordre delen kommer fra fjellområdet øst for Åkrafjorden og domineres av Stordalsvatnet, en innsjø på ca. 8.6 km². Oppstrøms innsjøen heter elven Stordalselva, og nedstrøms innsjøen Nordelva. Noen få kilometer nedstrøms Stordalsvatnet renner Nordelva sammen med Sørelva. Nordelvas nedbørfelt er 139 km². Den søndre delen av vassdraget, Sørelva, kommer fra et innsjørikt fjellområde vest for Saudafjorden. Denne delen av vassdraget er regulert siden ca. 1920. Flere av innsjøene er reguleringsmagasiner for de to kraftverkene i vassdraget. Sørelvas nedbørfelt er 100 km². Fra samløpet mellom Nordelva og Sørelva renner elven, som her heter Etneelva, gjennom et flatt område og faller etter ca. 3 km ut i fjorden. Etneelvas nedbørfelt ved beregningspunktet er 244 km².



Figur 2. Nedbørfelt til Etneelva (A= 244 km2).

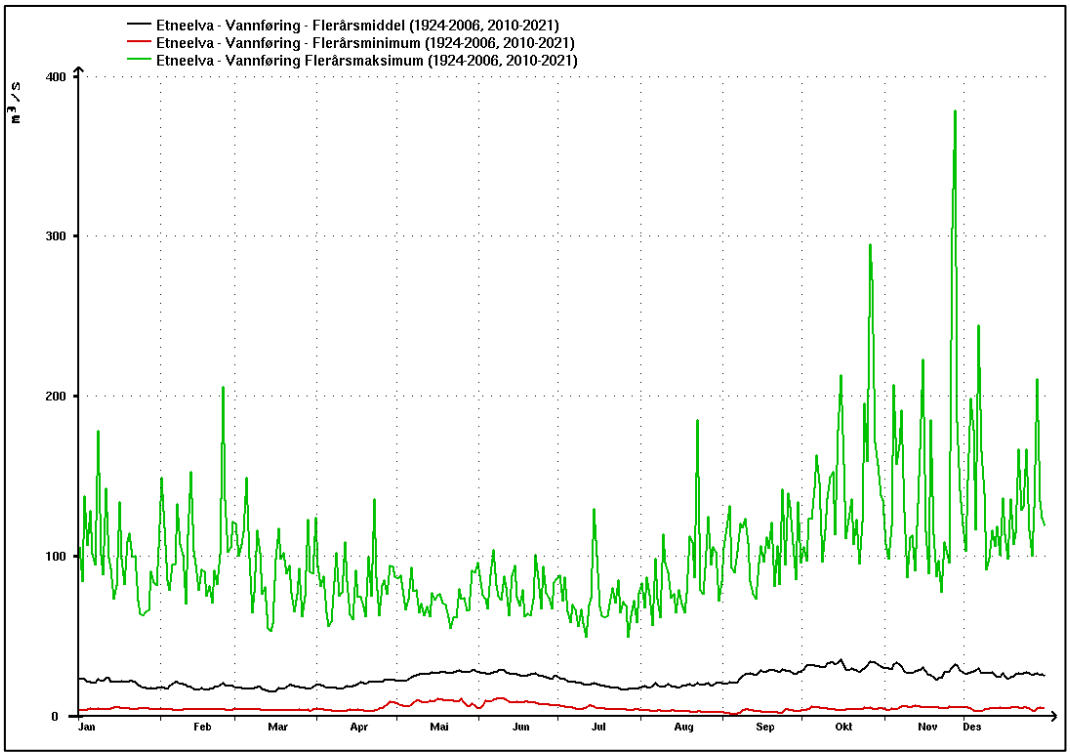
Tabell 3. Feltparametere for nedbørfeltet til Etneelva ved beregningspunktet.

Beregningspunkt	Feltareal (km²)	Eff. sjø (%)	Q_N* (l/s/km²)	H_{50} (moh.)	Skog (%)	Snaufjell (%)
Etneelva ved Etne kirke	244	2.31	93	626	24	50

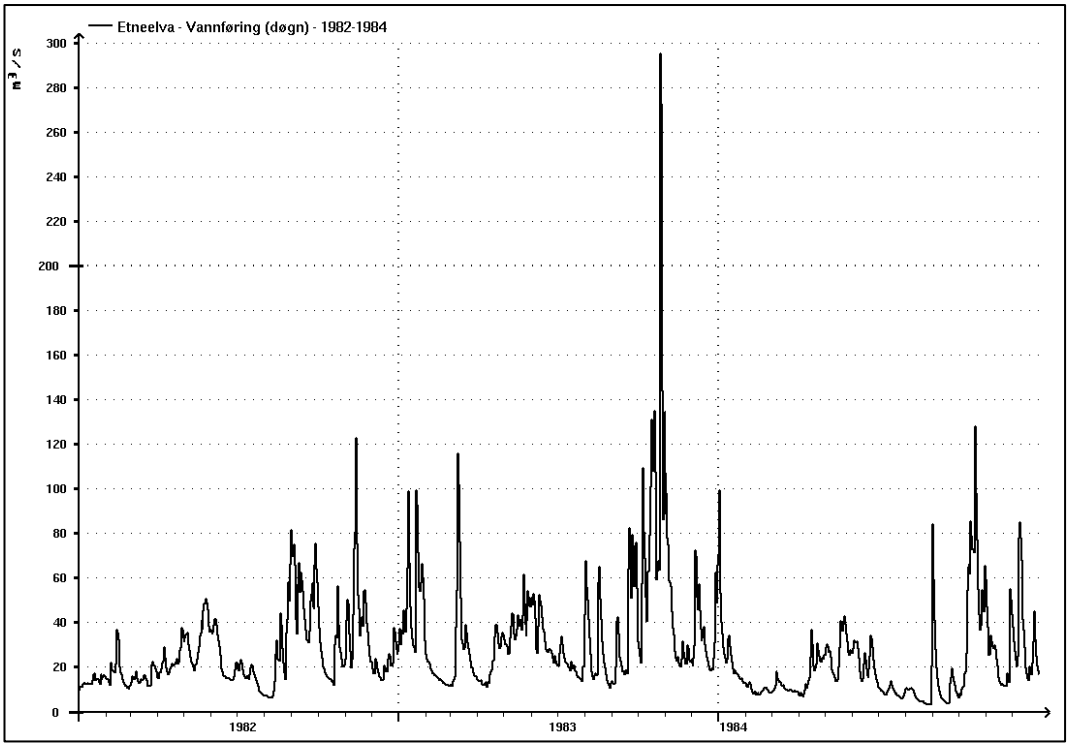
** Avrenning beregnet fra NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990.

Avrenningen i vassdraget er ca. 93 l/s/km^2 som årsmiddel. Den varierer mellom ca. 50 og ca. 125 l /s/km^2. Minst avrenning er det i de lavereliggende områdene nærmest fjorden, mens størst avrenning er det i den nordøstlige delen av vassdraget.
Vannføringen
i Etneelva varierer mye i løpet av året, med kortvarige, intense vannføringstopper knyttet til nedbørsituasjoner og mellomliggende perioder med relativt liten vannføring. Flomperioden i forbindelse med snøsmeltingen er lite markert. Flommer kan opptre hele året, men de fleste store flommene opptrer på senhøsten. I figurene 3-5 illustreres de hydrologiske forholdene i vassdraget, basert på data som er beregnet for nedre del av Etneelva. Metodikken for å beregne disse data er beskrevet i kapittel 4.

Figur 3 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året i Etneelva. Øverste kurve (maks) viser største "observerte" vannføring og nederste kurve (min) viser minste "observerte" vannføring. Den midterste kurven (med) er mediankurven, dvs. det er like mange "observasjoner" i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne. Mediankurven i Figur 3 viser midlere vannføringsforhold over en lang årrekke, men illustrerer dårlig hvordan vannføringen faktisk varierer i et enkelt år. I Figur 4 er vannføringen i årene 1982-84 vist for å gi et eksempel på dette.

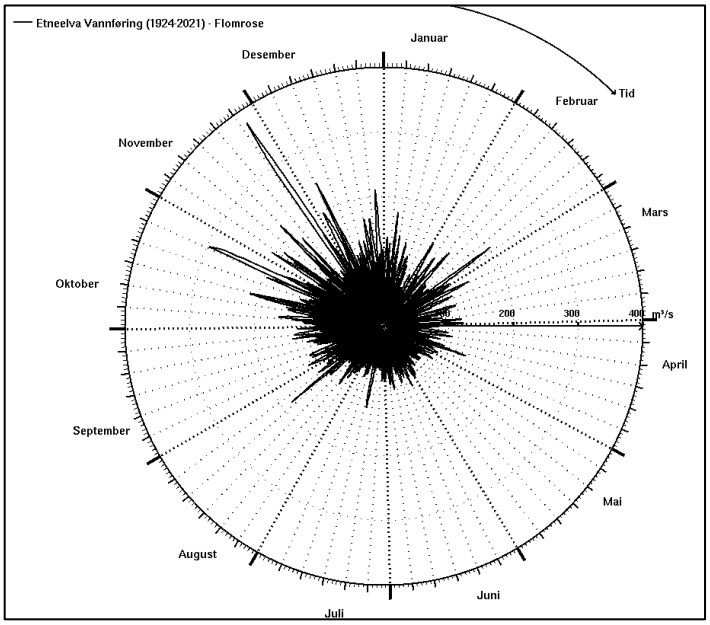


Figur 3. Flerårsstatistikk basert på data for nedbørfeltet til Etneelva. Figuren viser mininmum, middel og maksvannføring over et døgn for hver enkelt dag i året for perioden 1924 – 2006 og 2010 – 2021.



Figur 4. Vannføring i Etneelva årene 1982-84.

Figur 5 viser størrelse og tidspunkt for flommer i Etneelva i perioden 1924-2021. Figuren viser at de største flommene er om senhøsten, men at det også forekommer mange flommer både tidligere på høsten og på vinteren. Våren og sommeren er lite representert med flommer av betydning.



Figur 5. Flommer i Etneelva, 1924-2021. Sirkelen representerer året med start rett opp. Flommene er markert med når på året de opptrer med størrelse.

2 Datagrunnlag

2.1 Vannføringsstasjoner

De to viktigste hydrometriske stasjonene i vassdraget er 41.1 Stordalsvatn og 41.4 Rygg. Feltarealene og andre feltegenskaper er oppgitt i Tabell 4. Feltkarakteristika for målestasjonene som er sentrale i beregningen og for Etneelva ved beregningspunktet. 41.1 Stordalsvatn i Nordelva har et nedbørfelt på 131 km^2. Stasjonen har sammenhengende observasjoner siden 1912. Vannføringskurven for denne stasjonen er vurdert som god på flom.

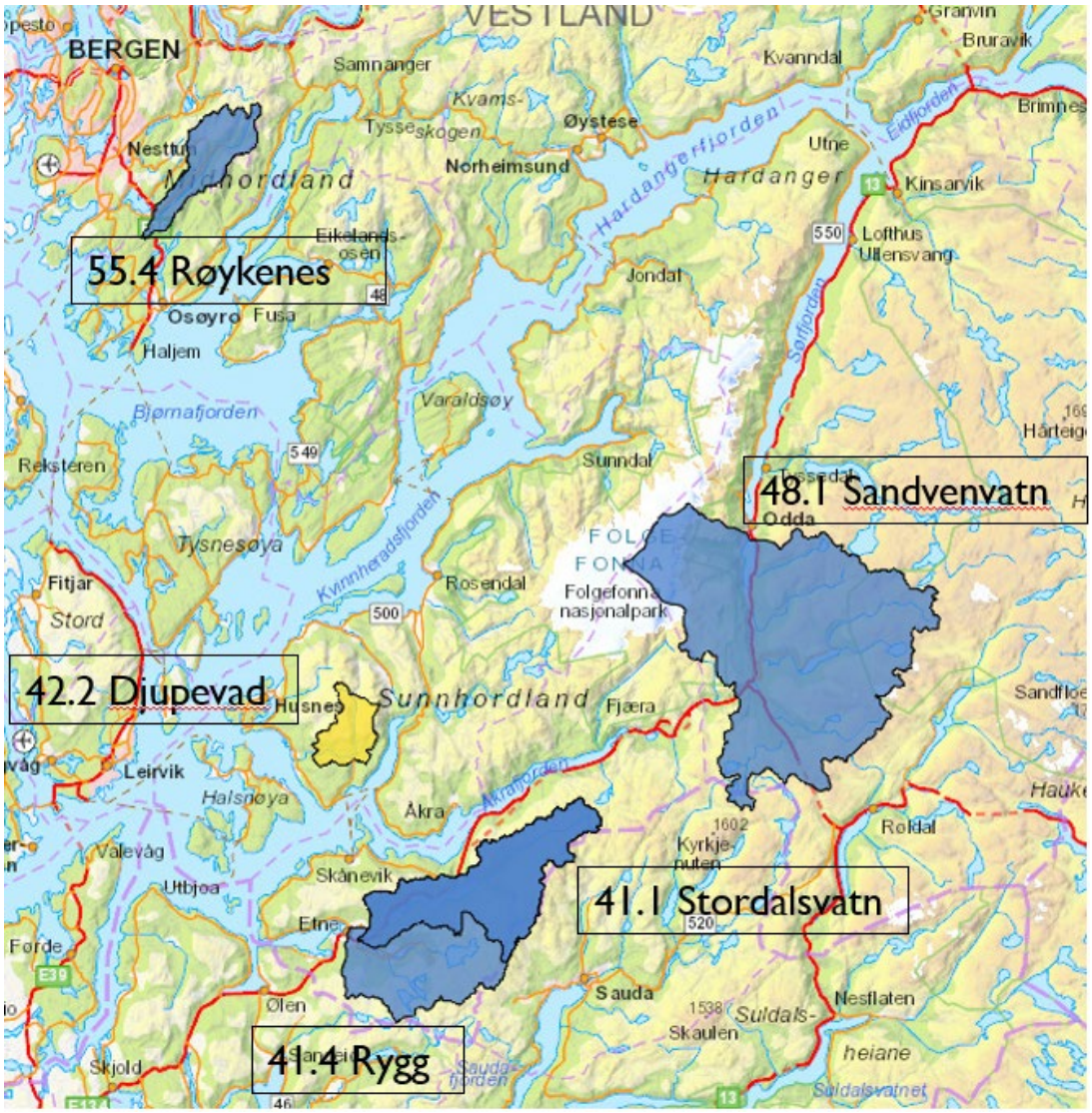
41.4 Rygg i Sørelva er påvirket av reguleringen i vassdraget. Nedbørfeltet er 93 km^2. Stasjonen har sammenhengende observasjoner siden 1924 og har vært regulert gjennom hele observasjonsperioden. Vannføringskurven er vurdert som dårlig på flom grunnet vanskelige måleforhold og følgelig er vannføringene, spesielt ved de største observerte flommene, meget usikre. Målestasjonen er imidlertid så viktig i beregningen at det likevel velges å benytte måleserien i denne analysen. Tabell 4 viser at det er svært god overenstemmelse mellom normalavrenningen fra avrenningskartet og fra målestasjonene som er mest relevante i denne beregningen (41.1 Stordalsvatn og 41.4 Rygg).

Resultatene fra analysen sammenlignes med andre stasjoner i området som ble valgt ut i Pettersson (2001). Disse er listet opp i Tabell 4 og vist i Figur 6.

Tabell 4. Feltkarakteristika for målestasjonene som er sentrale i beregningen og for Etneelva ved beregningspunktet.

Stasjon	**Måle-periode**	**Areal** (km^2)	**Q_N (61-90)** (l/s/km^2)	**Q_{obs} (61-90)** (l/s/km^2)	**Eff. sjø** (%)	**H_{50}** moh.
Etneelva	**-**	**244**	**93**	**-**	**2.31**	**626**
41.1 Stordalsvatn	1913-2021	131	103	102	6.7	681
41.4 Rygg	1923-2021	93	89	89	2.68	626
42.2 Djupevad	1964-2021	32	116	99	0.34	547
48.1 Sandvenvatn	1909-2021	284	87	77	1.22	1090
48.1 Sandvenvatn tilløp	1909-2021	284	87	77	0.29	1090
55.4 Røykenes	1934-2020	51	94	97	2.24	307

Q_N årsmiddelavrenningen i perioden 1961-90 beregnet fra NVEs avrenningskart.
Q_{obs} årsmiddelavrenningen beregnet for perioden 1961-90 med tilgjengelige observasjoner.
Måleperiode; tidsperiode benyttet i beregningen (enkelt år kan være fjernet)



Figur 6. Oversikt over nedbørfelt og måleserier som er brukt i flomberegningen

3 Metode

I Etnevassdraget finnes det målestasjoner både i Sør- og Nordelva. For estimering av flomverdier for Etneelva ved Etne kirke er utført flomfrekvensanalyser på en konstruert tidsserie basert på data fra 41.1 Stordalsvatn og 41.4 Rygg. Disse to målestasjonene representerer til sammen ca. 92 % av nedbørfeltet til Etneelva ved beregningspunktet. Det foreligger data i perioden 1924-2021 og tidsserien ble arealskalert opp for å dekke det arealet som ikke er representert av de to målestasjonene. Resultatene ble sammenlignet med resultater fra regional flomfrekvensanalyse (RFFA 2018).

3.1 Frekvensanalyser fra målestasjoner

Det er utført flomfrekvensanalyser etter anbefalt arbeidsgang presentert NVE Veileder (01/2022) som er utarbeidet for å gi så robuste estimater av flomekstremer

som mulig. Overordnet anbefales det at flomfrekvensanalyser utføres som en kombinasjon av lokale og regionale analyser hvor vekten som tillegges de lokale observasjonene er avhengig av lengden på tidsserien.

3.2 Formelverk for regional frekvensanalyse

Det er utviklet et formelverk (RFFA 2018) for estimering av døgnmiddelvannføring for middelflom og flommer med ulike gjentaksintervall for nedbørfelt for alle feltstørrelser, men anbefales brukt for felt > 60 km^2, (Engeland, mfl., 2020).

Formelverket er basert på ett sett med ligninger for hele Norge. Størst usikkerhet ligger i beregningen av indeksflommen, og man antar en usikkerhet på en faktor +/- 1.72. Videre er middelavrenningen den variabelen som forklarer mest av variasjonen i medianflom, så store feil i middelavrenning vil også føre til store feil i medianflom.

Formelverket, RFFA 2018, inkluderer også et ligningssett for å estimere kulminasjonsfaktoren, altså forholdet mellom momentanflom og døgnmiddelflom (Engeland, mfl., 2020).

4 Resultater

Ettersom det foreligger lange observasjonsserier i vassdraget, baserer denne flomberegningen seg utelukkende på flomfrekvensanalyser. Anbefalingene i NVE Veileder (01/2022) tydeliggjør viktigheten av å ta hensyn til datatilgjengeligheten når en utfører flomfrekvensanalyser. Flomberegninger skal som oftest ende opp i kulminasjonsvannføringer, og det er flere måter en kan utføre flomanalyser på for å komme frem kulminasjonsvannføringene. De to vanligste tilnærmingene er

1) å utføre flomfrekvensanalysene på døgndata for så å bestemme forholdstallet mellom døgn og kulminasjon
2) å utføre flomfrekvensanalysene direkte på kulminasjonsvannføringer

Hvilken tilnærming som anbefales er avhengig av lengden på tidsseriene (det foreligger ofte vesentlig lenger tidsserier med døgnoppløsning enn med findata). Grunnet et godt datagrunnlag med døgndata baseres flomfrekvensanalysene i denne beregningen på dette datasettet. For å bestemme kulminasjonsfaktoren er RFFA 2018 sammenlignet med vurderingene fra Pettersson (2001).

4.1 Døgnmiddelvannføring

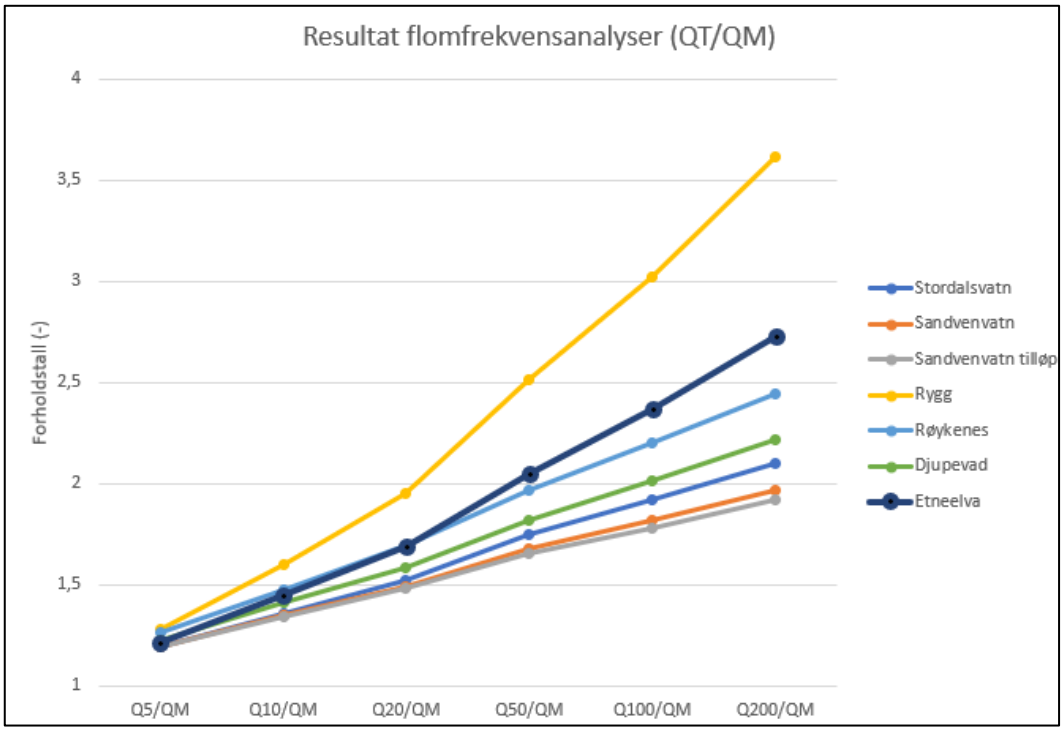
4.1.1 Flomfrekvensanalyse

Resultater fra flomfrekvensanalyser fra de ulike stasjonene, døgnmiddelverdier, er presentert i Tabell 5, med midlere flom (Q_M) i absolutte og spesifikke verdier og flommer med forskjellige gjentaksintervall (Q_T) som en faktor i forhold til midlere flom (vekstkurve). Resultatene er lagt ved som figurer i kapittel 9.3. Vekstkurven fra de ulike stasjonene er også presentert grafisk Figur 7.Tabell 5 viser at den spesifikke

middelflommen i området varierer mellom ca. 500 - 1100 l/s/km² hvor de høyeste verdiene sammenfaller med de nedbørfeltene med høyest normalavrenning og minst areal (Djupevad og Røykenes). Middelflommen for de øvrige nedbørfeltene har forholdsvis liten variasjon og ligger mellom 500-600 l/s/km². Det er også verdt å merke seg at den spesifikke middelflommen for Etneelva er lavere enn de to grenene (Nordelva og Sørelva) som til sammen utgjør nesten hele nedbørfeltet til Etneelva. Dette er å forvente da spesifikke flomverdier generelt avtar når en beveger seg nedover et vassdrag.

Tabell 5 Flomfrekvensanalyser på døgnmiddelverdier (årsflommer) for aktuelle målestasjoner. Tabellen viser middelflom (Q_M) og vekstkurve (forholdstall mellom middelflom og flommer med høyere fjentaksintervall, Q_T/Q_M).

Stasjon	Periode	Ant. År	Q_M		Q_5/Q_M	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M
			l/s/km²	m³/s						
Etneelva	**1924-2020**	**97**	**533**	**130**	**1.21**	**1.45**	**1.69**	**2.05**	**2.37**	**2.73**
41.1 Stordalsvatn	1913-2020	108	572	75	1.19	1.36	1.52	1.75	1.92	2.10
41.4 Rygg	1924-2021	97	586	55	1.28	1.60	1.95	2.51	3.02	3.62
48.1 Sandvenvatn	1909-2021	113	497	234	1.19	1.35	1.49	1.68	1.82	1.97
48.1 Sandvenvatn tilløp	1909-2021	113	568	267	1.19	1.34	1.48	1.65	1.78	1.92
55.4 Røykenes	1934-2020	87	1029	52	1.26	1.47	1.69	1.97	2.20	2.44
42.2 Djupevad	1964-2021	58	1104	35	1.22	1.41	1.58	1.82	2.01	2.22



Figur 7. Flomfrekvenskurver for aktuelle målestasjoner (se også Tabell 6).

Resultatene fra frekvensanalysene, Figur 7, viser at det er stor spredning i vekstkurvene og forholdstallene mellom 200-årsflommen og middelflommen ligger mellom 1.92-3.62. Resultatene fra flomfrekvensanalysen på den konstruerte tidsserien for Etneelva viser at vekstkurven er brattere enn resultatene fra de andre målestasjonene med unntak av Rygg som er betydelig brattere.

4.1.2 Regional flomfrekvensanalyse

Det er også gjort beregninger med formelverk, RFFA 2018 i NEVINA (Engeland mfl., 2020). Resultatene er presentert i Tabell 6. Den regionale flomfrekvensanalysen gir et høyere estimat på indeksflommen enn resultatene fra analysene i 4.1.1 med en medianflom på 622 l/s/km^2 og et forholdstall mellom Q_{200} og Q_{Med} på 2.21. Det er imidlertid viktig å huske på at vekstkurvene i 4.1.1 viser forholdstallet middelflommen (Q_M) og flommer med høyere gjentaksintervaller og at gjentaksintervallet til middelflommen (Q_M) er noe høyere enn 2 år. For å illustrere forskjellen kan det opplyses om at frekvensanalysen for den konstruerte tidsserien for Etneelva ga et forholdstall mellom Q_{200} og Q_{Med} på 3.00 og et forholdstall mellom Q_{200} og Q_M på 2.73. Flomfrekvensanalysen for Etneelva gir altså en vesentlig brattere vekstkurve enn RFFA 2018. Resultatet av en høyere indeksflom og en slakere vekstkurve medfører at estimatet på 200-årsflommen blir forholdsvis like (forskjell på under 10%) med Q_{200} lik 1375 l/s/km^2 fra RFFA 2018 og Q_{200} lik 1451 l/s/km^2 fra den lokale flomfrekvensanalysen.

Tabell 6 **Flomverdier estimert med formelverk, RFFA 2018 (Engeland mfl., 2020), i NEVINA. Tabellen viser medianflom (Q_{Med}), i spesifikke og absolutte verdier, og vekstkurve (forholdstall mellom medianflom og flommer med høyere gjentaksintervall, Q_T/Q_{Med}).**

Stasjon	Areal (km^2)	Q_{Med}		Q_5/Q_M	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M
		l/s/km^2	m^3/s						
Etneelva	244	622	152	1.27	1.46	1.63	1.86	2.04	2.21

4.2 Kulminasjonsvannføring

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmidler. Kulminasjonsvannføringen (momentanvannføringen) kan være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk for små vassdrag med rask flomstigning og spisse flomforløp.

Kulminasjonsvannføringen kan fås direkte ved å gjøre en lokal flomfrekvensanalyse på kulminasjonsdata eller beregnes via flomfrekvensanalyse på døgndata sammen med et forholdstall mellom kulminasjonsvannføring og døgnvannføring. Forholdstallet kan også beregnes ut fra formler (se kap. 3.2) eller observert kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring for én eller flere av de største flommene ved målestasjoner i vassdraget, og/eller representative målestasjoner, avhengig av hvor og når det finnes data med fin tidsoppløsning. For Etneelva foreligger det ikke findata for den kombinerte serien og følgelig baserer kulminasjonsfaktoren i denne analysen seg på resultater fra Stordalsvatn og regionale formelverk.

4.2.1 Forholdstall mellom døgn- og kulminasjonsverdier

Det er bare ved Stordalsvatn som det finnes observerte kulminasjonsvannføringer. For noen store flommer, bl.a. i 1940 og i 1983, var kulminasjonsvannføringen ca. 5 % større enn døgnmidlet. I beregningen fra 2001 ble formelverket dokumentert i NVE-rapport 14-97 ”Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag” benyttet, og dette ga for høstflommer forholdstall på 1.19 for Etneelva etter samløpet mellom Nordelva og Sørelva. Ut fra observerte forholdstall i Bønsnes & Roalds analyse for noen sammenlignbare felt med hensyn på areal og effektiv sjøprosent, ble forholdstallet fra formelverket Etneelva vurdert til å være for høyt. Forholdstallet ble antatt å være 1.15.

Siden beregningen i 2001 har det blitt utarbeidet et nytt formelverk (RFFA 2018) for å estimere kulminasjonsfaktorer og dette formelverket gir en kulminasjonsfaktor på 1.11. På bakgrunn av analysen utført i 2001 og det faktum at kulminasjonsfaktoren fra det nye formelverket gir svært lignende resultater antas en kulminasjonsfaktor på 1.15 å være representativt for hele Etneelvas strekning ned til fjorden.

5 Endelig valg av flomverdier

I kapittel 4 estimeres flomverdier for Etneelva ved bruk av lokal frekvensanalyse og regionalt formelverk for flomestimater (RFFA 2018). Resultatene fra analysene er presentert oppsummert i Tabell 7.

Tabell 7. Oppsummering av resultater fra frekvensanalyser utført i kapittel 4, kulminasjonsverdier.

Metode	Kulminasjons faktor	Q_M * (l/s/km^2)	Q_M (m^3/s)	Q_{200} (l/s/km^2)	Q_{200} (m^3/s)	Q_{200}/Q_M (-)
FFA via døgn	1.15	615	150	1668	407	2.73
RFFA 2018	1.11	690	168	1520	371	2.21**

***Fra RFFA 2018 er det medianflommen, Q_{Med}, og ikke middelflommen, Q_M, som estimeres. Disse to er ikke direkte sammenlignbare**

****Forholdstallet som estimeres fra RFFA 2018 er forholdet mellom Q_{Med} og Q_{200} (som vil være høyere enn forholdstallet Q_{200}/Q_M)**

Resultatene fra flomfrekvensanalysene gir forholdsvis liten forskjell i 200-årsflommen. Det regionale formelverket gir en høyere indeksflom enn den lokale analysen utført på den konstruerte tidsserien for Etneelva, men gir en vesentlig slakere vekstkurve. Ettersom det for Etneelva foreligger lange tidsserier i vassdraget velges det å benytte resultatene fra den lokale analysen som dimensjonerende verdier for Etneelva. Resulterende flomverdier, døgnmidler, for Etneelva ved Etne kirke blir da som presentert i Tabell 8 og med kulminasjonsverdier som presentert i Tabell 9.

Tabell 8 Resulterende døgnmiddelflomverdier for Etneelva ved Etne kirke.

Stasjon	Areal (km^2)	Q_M		Q_5 (m^3/s)	Q_{10} (m^3/s)	Q_{20} (m^3/s)	Q_{50} (m^3/s)	Q_{100} (m^3/s)	Q_{200}/ (m^3/s)
		$l/s/km^2$	m^3/s						
Q_T/Q_M				1.21	1.45	1.69	2.05	2.37	2.73
Etneelva ved Etne kirke	244	533	130	157	187	219	266	307	354

Tabell 9. Resulterende flomverdier, kulminasjon, for Etneelva ved Etne kirke

Stasjon	Areal (km^2)	Q_M		Q_5 (m^3/s)	Q_{10} (m^3/s)	Q_{20} (m^3/s)	Q_{50} (m^3/s)	Q_{100} (m^3/s)	Q_{200}/ (m^3/s)
		$l/s/km^2$	m^3/s						
Etneelva ved Etne kirke	244	615	150	181	215	252	306	353	407

6 Vurdering av flomverdier

6.1 Sammenligning med erfaringstall

NVE utførte flomberegninger for Etneelva i 2001 i forbindelse med utarbeidelse av flomsonekart (Pettersson, 2001). Beregningen fra 2001 har flere beregningspunkt langs Etneelva. Tabell 10 lister opp et utvalg av feltegenskaper for beregningspunktene rett oppstrøms og rett nedstrøms Etne kirke som det ble utført beregninger for i 2001 sammen med feltegenskapene for Etneelva ved beregningspunktet for denne flomberegningen. Ettersom de 3 beregningspunktene listet opp i Tabell 10 alle ligger relativt nær hverandre virker det rimelig å anta at de tre punkene bør ha svært like spesifikke flomverdier.

Tabell 10. Viser feltegenskapene for utvalgte beregningspunkt fra flomberegningen utført av NVE i 2001 sammen med feltegenskapene til Etneelva ved beregningspunktet for denne beregningen (fet skrift).

Stasjon	Felt-areal (km^2)	Q_{N*} (61-90) ($l/s/km^2$)	Snaufjell (%)	Eff. sjø (%)
Etneelva nedstrøms samløpet med liten bekk fra sør	242.5	94	50	2.34
Etneelva ved Etne kirke	**244.0**	**93**	**50**	**2.31**
Etneelva oppstrøms samløpet med liten bekk fra nord	245.1	93	49	2.18

*** Normalavrenning er beregnet fra avrenningskartet for normalperioden 1961-1990.**

Tabell 11 viser at valgt beregnet spesifikk 200-årsflom for Etneelva, Q_{200}, er tilnærmet identisk med flomverdiene beregnet i 2001. Dette på tross av at foreligger i dag nesten 20 år mer med observasjoner i vassdraget enn i 2001 og at flomfrekvensanalysen som er utført i denne beregningen har blitt gjort utført noe annerledes enn i 2001 grunnet

nye anbefalinger (NVE Veileder (01/2022)). Siden 2001 er det også utviklet et nytt formelverk for beregning av flomestimater (RFFA 2018) og resultatene fra dette stemmer også godt overens med resultatene fra frekvensanalysene. Konklusjonen fra analysen beskrevet i denne rapporten er at flomestimatene som ble beregnet i 2001 fortsatt er gyldige og de samme flomverdiene anbefales brukt.

Tabell 11. Sammenligning av flomverdier (kulminasjonsverdier) fra flomberegningen for Etneelva ved kirke og flomverdiene for utvalgte punkt fra 2001.

Stasjon	**Areal** (km^2)	**Q_M** ($l/s/km^2$)	**Q_M** (m^3/s)	**Q_{200}** ($l/s/km^2$)	**Q_{200}** (m^3/s)	**Q_{200}/Q_M (-)**
Etneelva nedstrøms samløpet med liten bekk fra sør (2001)	243	644	156	1641	398	2.55
Etneelva ved Etne kirke (2022)	**244**	**615**	**150**	**1668**	**407**	**2.71**
Etneelva oppstrøms samløpet med liten bekk fra nord (2001)	245	644	158	1644	403	2.55

I NVE Veileder (01/2022) viser erfaringstall at for vassdrag mindre enn 500 km^2 på Vestlandet kan man vente døgnmiddelverdier for Q_{1000} på mellom 700-2500 $l/s/km^2$, med de største verdiene et stykke innenfor kysten, og de minste i indre strøk på Sørlandet. I denne analysen er det riktignok 200-årsflommen som er beregnet og denne skal naturlig nok være mindre enn 1000-årsflommen, men sammenligningen av spesifikke døgnverdier fra flomfrekvensanalysene utført i 4.1.1, estimater fra de regionale formelverkene og tidligere beregninger i vassdraget, tyder på at beregnet Q_{200}- døgnverdi (ca 1450 $l/s/km^2$) virker rimelig for Etneelva.

6.2 Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning for Etneelva kan karakteriseres som bra. Lang dataserie med observert vannstand og vannføring finnes både Sørelva og Nordelva, og har gjort det mulig å etablere en vannføringsserie for Etneelva nedstrøms samløpet av disse to elvene. Dataene antas å ha god kvalitet på stor vannføring for 41.1 Stordalsvatn, og det er godt oppmålt vannføringskurve her. Det må imidlertid påpekes at vannføringskurven ved for 41.4 Rygg er usikker på flom og dette medfører en ekstra usikkerhet i analysen.

Til tross for et antatt godt datagrunnlag, er det en hel del usikkerheter knyttet til alle flomberegninger. Nedbørfeltet til Sørelva er regulert og vurderingen av effekten av reguleringer under ekstreme situasjoner (eksempelvis 200-årsflommen) er vanskelig å bedømme. For Sørelva foreligger det imidlertid 100 år med data og gjennom å summere vannføringen for Nord- og Sørelva og så utføre frekvensanalyser på den kombinerte serien antas reguleringseffekten å være greit hensyntatt i denne

beregningen selv om det ikke er sett på sensitiviteter knyttet til vannstander i magasiner og eventuelt tilbakehold av vann under flom.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. De eldste dataene i databasen basert på én daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesninger betraktes å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det reelle døgnmidlet. Data med fin tidsoppløsning er ikke kontrollerte på samme måte som døgndata og er ikke kompletterte i tilfelle observasjonsbrudd.

Det er også knyttet usikkerheter til valg av statistisk fordelingsfunksjon ved frekvensanalyser og ved beregning av forholdstall mellom døgn- og kulminasjonsvannføring.

6.3 Klassifisering av datagrunnlaget

I NVE Veileder 02/2022 er det anbefalt å vurdere det hydrologiske datagrunnlaget som brukes i flomberegningen ut fra en skala fra 1 til 5, der 1 er beste klasse og 5 er dårligst. Det hydrologiske datagrunnlaget vurderes her å være i klasse 2 «Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nær vassdraget». Årsaken til at datagrunnlaget ikke settes til klasse 1 er usikkerheten knyttet til vannføringskurven for målestasjon 41.4 Rygg.

7 Klimapåslag

I henhold til NVEs klimastrategi (Hamarsland mfl., 2015) skal det tas hensyn til et endret klima for tiltak med lang levetid. For eksempel ved å ta hensyn til endringer i flomstørrelser ved arealplanlegging og bygging/ombygging av viktig infrastruktur.

I NVE-rapport 81-2016 «Klimaendring og fremtidige flommer i Norge» (Lawrence, 2016) og på Norsk Klimaservice Senter gis anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til forventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentaksintervall. Etneelva ligger i et av de områdene i Norge hvor klimafremskrivningene gir størst økning i flomstørrelser frem mot år 2100 og det anbefales klimapåslag i regionen på 20 - 40 % (Lawrence, 2016). I Tabell 12 vises beregnet 200-årsflom for Etneelva tillagt 20 og 40 % klimapåslag.

Tabell 12. 200-årsflom for Etneelva ved Etne kirke tillagt 20 og 40 % klimapåslag, kulminasjonsverdier

Etneelva ved Etne kirke	**Areal** km^2	**Q_M** m^3/s	**Q_5** m^3/s	**Q_{10}** m^3/s	**Q_{20}** m^3/s	**Q_{50}** m^3/s	**Q_{100}** m^3/s	**Q_{200}** m^3/s
Q_{200} + 20% klimapåslag	244	179	217	258	302	367	424	489
Q_{200} + 40 % klimapåslag	244	209	253	301	353	428	494	570

8 Referanser

Engeland, K., Glad, P., Hamududu, B., Li, H., Reitan, T. og Stenius, S. (2020). Lokal og regional flomfrekvensanalyse (NVE Rapport 10/2020). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat.

Glad, P. A., Stenius, S. M., Leine, A-L. Ø., Væringstad, T., Holmqvist, E., Dahl, M-P, J., Trondsen, E. (2022). Veileder for flomberegninger. NVE Veileder nr 1-2022.

Hamarsland, A.T., Grønsten, H.A., Halmrast, K., Hisdal, H., Jensen, T., Melvold, K., Magnussen, I., Midttømme, G. H., Molkersrød, K., Nelson, G. N., Pedersen, T. B., Sommer-Erichson, P. (2015). NVEs Klimatilpasningsstrategi 2015-2019. NVE-Rapport 80-2015

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Lawrence, D., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A., and Ådlandsvik, B. (2015). Klima i Norge 2100 – Kunnskapsgrunnlaget for klimatilpasning oppdatert i 2015 (NKSS rapport 2/2015). Oslo: Norsk klimaservicesenter.

Lawrence, D. (2016). Klimaendring og fremtidige flommer i Norge (NVE Rapport 81/2016). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat.

Pettersson, L-E. (2001). Flomberegning for Etnevassdraget. (NVE Rapport 13-2001). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat.

Sælthun, N. R., Tveito, O. E., Bønsnes T. E., Roald, L. A. (1997). Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. NVE-Rapport nr. 14-1997.

9 Vedlegg

9.1 NEVINA-rapporter

Nedbørfelt med feltkarakteristika for Etneelva ved Etne kirke

Norges vassdrags- og energidirektorat

Kartbakgrunn:	Statens Kartverk
Kartdatum:	EUREF89 WGS84
Projeksjon:	UTM 33N
Beregn.punkt:	8946 W 6649510 N

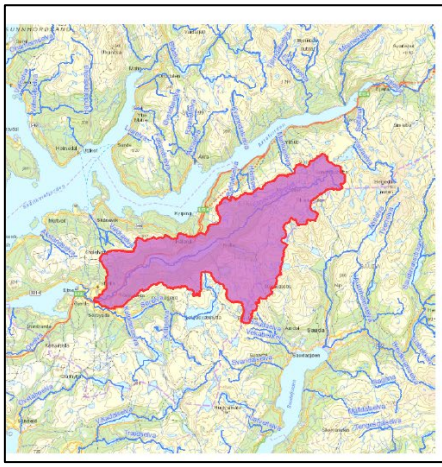
Feltparametere		
Areal (A)	244	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	2.31	%
Elvleengde (E_L)	37.0	km
Elvegradient (E_G)	30.6	m/km
Elvegradient $_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	28.6	m/km
Helning	16.1	°
Dreneringstetthet (D_T)	2.8	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	26.8	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	5.1	%
Myr (A_{MYR})	3.0	%
Leire (A_{LEIRE})	0.1	%
Skog (A_{SKOG})	24.4	%
Sjø (A_{SJO})	11.6	%
Snaufjell (A_{SF})	49.6	%
Urban (A_U)	0.0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	6.3	%

Hypsografisk kurve		
Høyde $_{MIN}$	3	m
Høyde $_{10}$	92	m
Høyde $_{25}$	351.5	m
Høyde $_{50}$	626	m
Høyde $_{75}$	815	m
Høyde $_{MAX}$	1294	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	93.4	l/s*km²
Nedbør juni	132	mm
Nedbør juli	142	mm
Regn og snøsmelting mai	342	mm
Regn og snøsmelting juni	292	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	150	mm
Regn og snøsmelting november	217	mm
Temperatur februar	-3.9	°C
Temperatur mars	-2.4	°C

Nedbørfelt med feltkarakteristika for Nordelva rett oppstrøms samløpet med Sørelva.



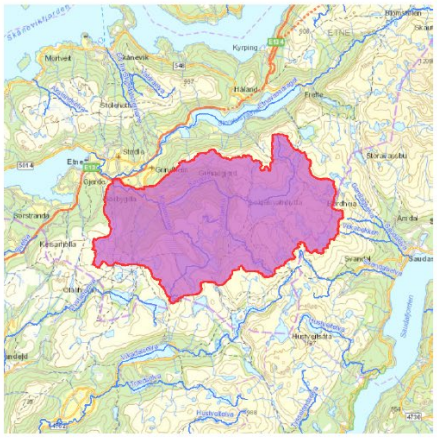
Feltparametere		
Areal (A)	139	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	5.92	%
Elvleengde (E_L)	34.5	km
Elvegradient (E_G)	32.6	m/km
Elvegradient $_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	29.3	m/km
Helning	18.3	°
Dreneringstetthet (D_T)	2.6	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	26.6	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	4.8	%
Myr (A_{MYR})	1.2	%
Leire (A_{LEIRE})	0	%
Skog (A_{SKOG})	26.9	%
Sjø (A_{SJO})	10.3	%
Snaufjell (A_{SF})	53.1	%
Urban (A_U)	0.0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	3.7	%

Hypsografisk kurve		
Høyde $_{MIN}$	16	m
Høyde $_{10}$	74	m
Høyde $_{25}$	286	m
Høyde $_{50}$	653	m
Høyde $_{75}$	883	m
Høyde $_{MAX}$	1294	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	99.5	l/s*km²
Nedbør juni	130	mm
Nedbør juli	140	mm
Regn og snøsmelting mai	333	mm
Regn og snøsmelting juni	326	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	150	mm
Regn og snøsmelting november	206	mm
Temperatur februar	-4.1	°C
Temperatur mars	-2.6	°C

Nedbørfelt med feltkarakteristika for Sørelva rett oppstrøms samløpet med Nordelva.



Feltparametere		
Areal (A)	99.8	km²
Effektiv sjø (A_{SE})	2.35	%
Elvleengde (E_L)	19.7	km
Elvegradient (E_G)	38.1	m/km
Elvegradient $_{1085}$ ($E_{G,1085}$)	40.8	m/km
Helning	13.4	°
Dreneringstetthet (D_T)	3.0	km^{-1}
Feltlengde (F_L)	14.9	km

Arealklasse		
Bre (A_{BRE})	0	%
Dyrket mark (A_{JORD})	3.9	%
Myr (A_{MYR})	5.4	%
Leire (A_{LEIRE})	0.0	%
Skog (A_{SKOG})	20.2	%
Sjø (A_{SJO})	13.8	%
Snaufjell (A_{SF})	47.2	%
Urban (A_U)	0	%
Uklassifisert areal (A_{REST})	9.5	%

Hypsografisk kurve		
Høyde $_{MIN}$	15	m
Høyde $_{10}$	214	m
Høyde $_{25}$	467.5	m
Høyde $_{50}$	626	m
Høyde $_{75}$	749	m
Høyde $_{MAX}$	1128	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Avrenning 1961-90 (Q_N)	87.2	l/s*km²
Nedbør juni	134	mm
Nedbør juli	144	mm
Regn og snøsmelting mai	366	mm
Regn og snøsmelting juni	254	mm
Regn og snøsmelting årlig 4d	151	mm
Regn og snøsmelting november	231	mm
Temperatur februar	-3.8	°C
Temperatur mars	-2.3	°C

9.2 Flomindeksrapport for Etneelva ved Etne kirke

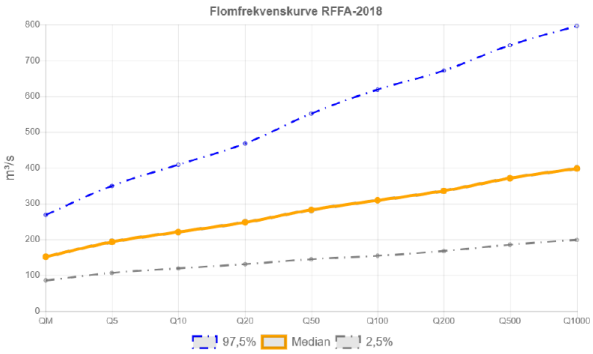
Regional flomberegning

Vassdragsnr.: 041.A0
Kommune.: Etne
Fylke.: Vestland
Vassdrag.: Etnevassdraget
Nedbørfeltareal: 244 km²

Flomestimater 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.



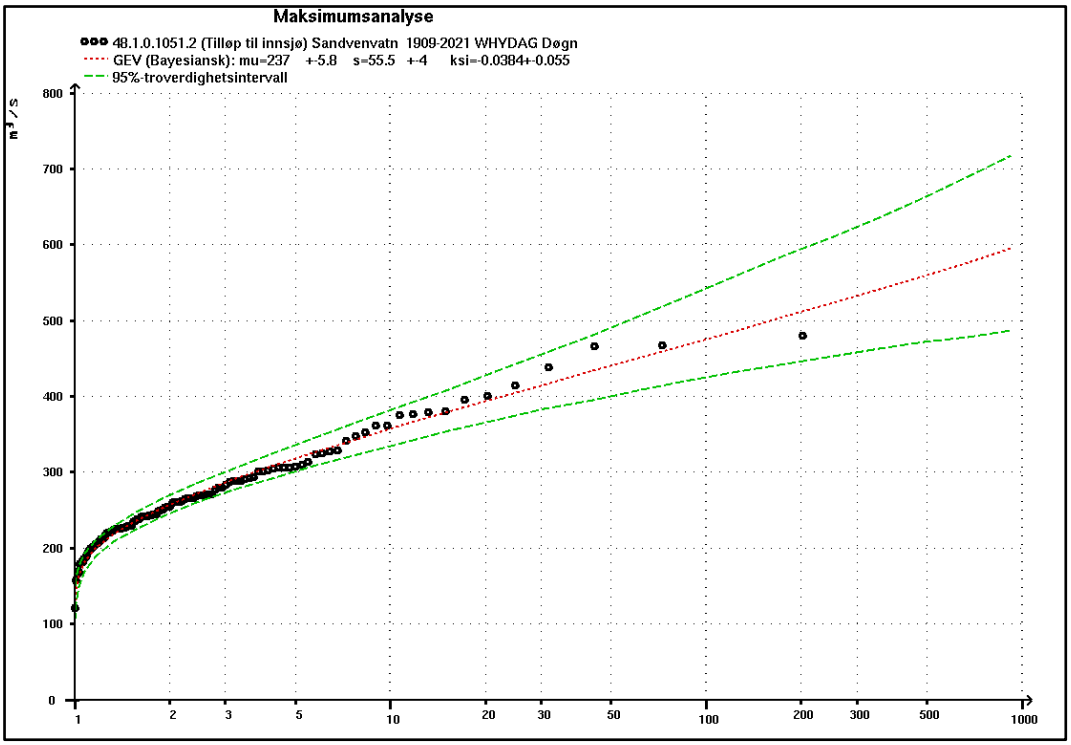
RFFA-2018		
Tidsoppløsning	Døgn	-
Indeksflom (QM): Medianflom	622	l/s*km²
Klimapåslag	40	%
Kulminasjonsfaktor	1.11	-
NIFS-2015		
Tidsoppløsning	Kulminasjon	-
Indeksflom (QM): Middelflom	-	l/s*km²
Klimapåslag	-	%
Annet		
Tilløpsflom	Nei	-

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q_M	Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}	$Q_{200\text{-}klima}$
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)	1	1.27	1.46	1.63	1.86	2.04	2.21	2.45	2.62	-
Flomverdier, m³/s	152	193	221	248	283	309	336	371	398	470
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s	269	350	409	469	552	619	672	743	797	-
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s	85.8	107	119	131	145	155	168	186	199	-
NIFS (kulminasjon)	Ikke beregnet pga. areal større enn 60km²									
Flomfrekvensfaktor (QM / QT)										
Flomverdier, m³/s										
Flom usikkerhet (97,5%), m³/s										
Flom usikkerhet (2,5%), m³/s										

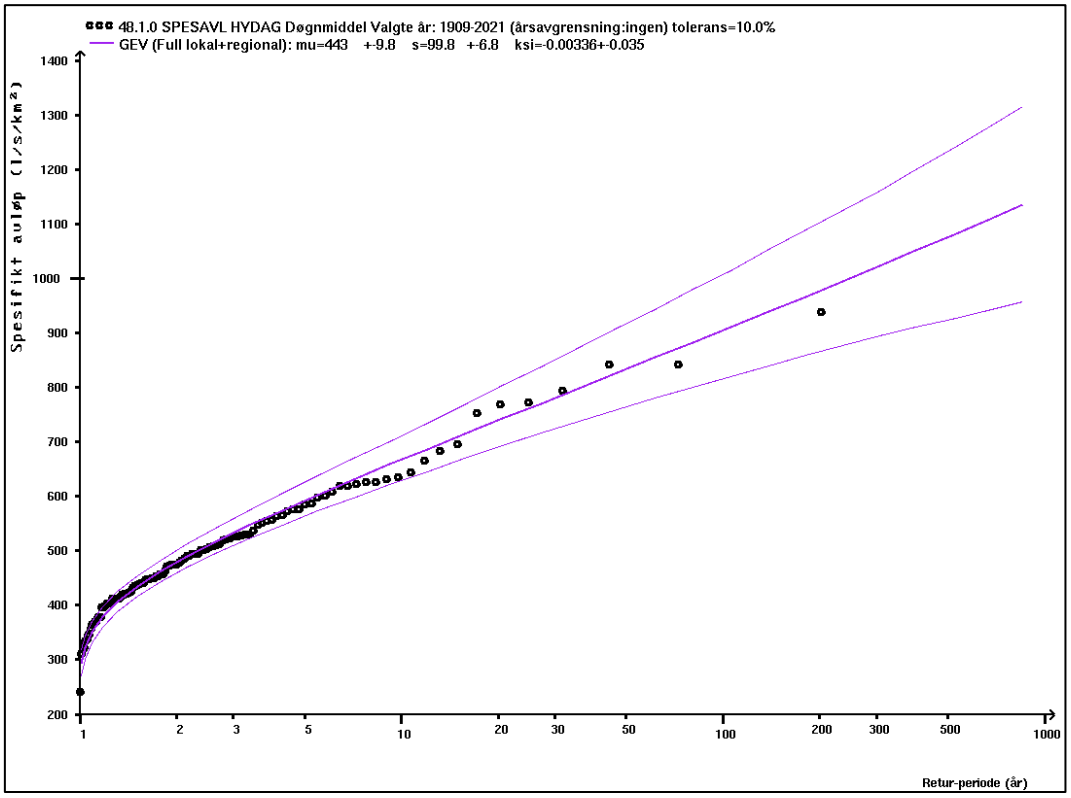
Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

9.3 Flomfrekvensanalyser

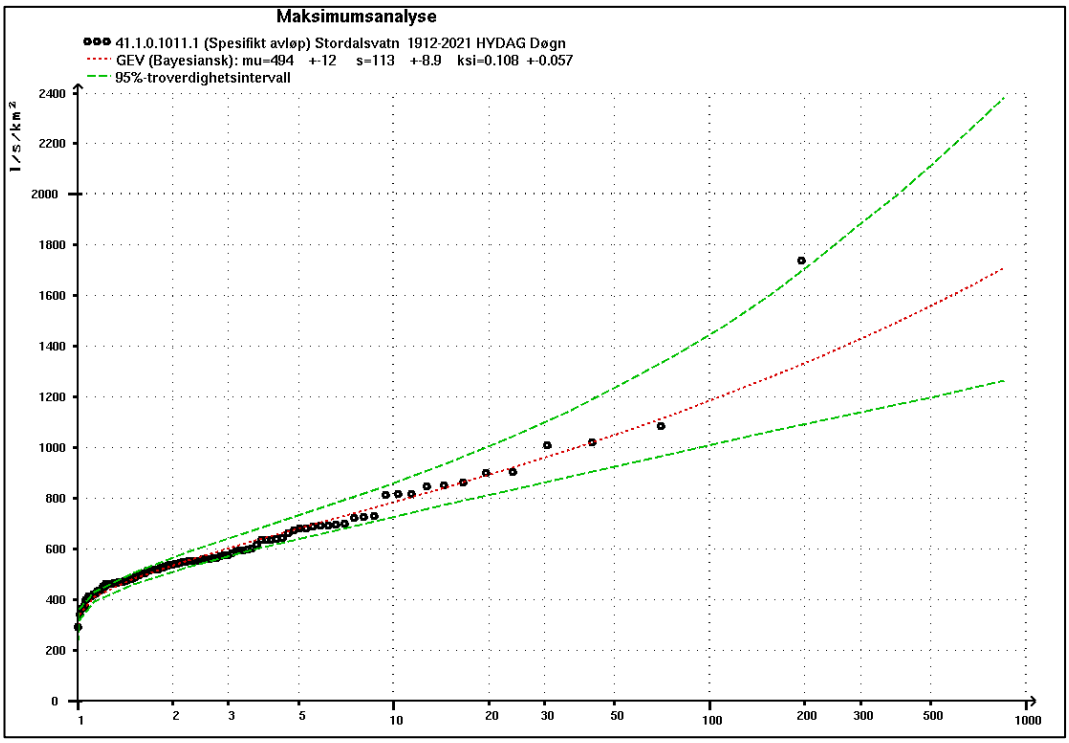
Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier (m^3/s), for tilløpsserien til Sandvenvatn utarbeidet fra observasjonsserien 48.1 Sandvenvatn.



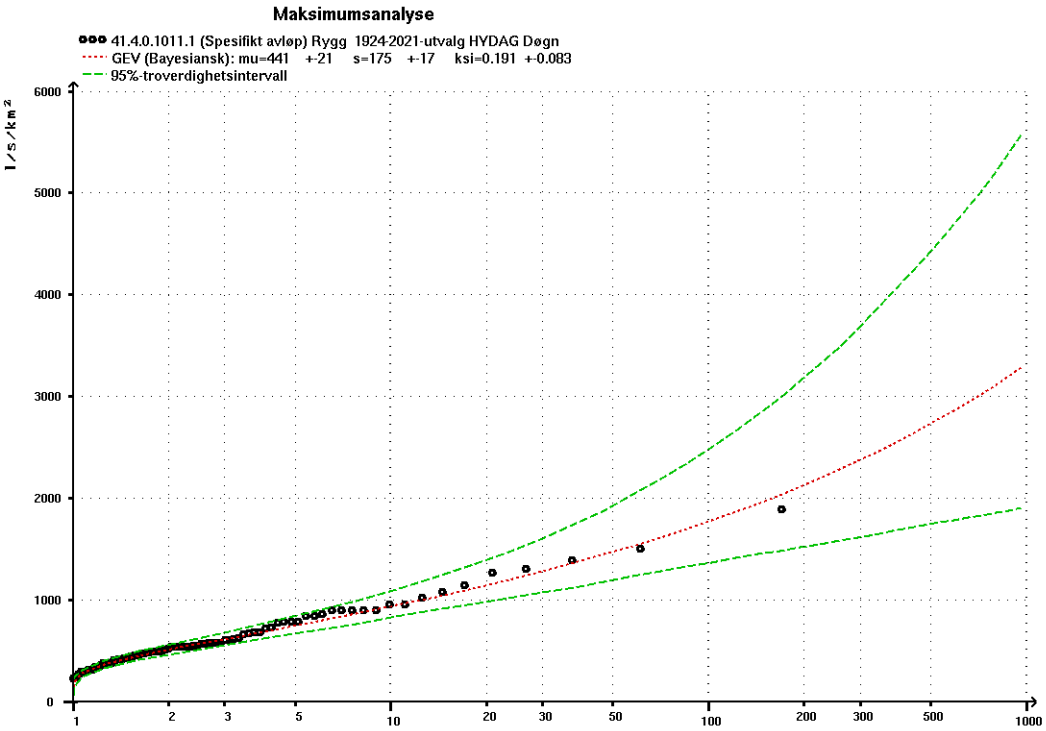
Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier ($l/s/km^2$), for 48.1 Sandvenvatn



Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier (l/s/km²), for 41.1 Stordalsvatn



Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier (l/s/km²), for 41.4 Rygg



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNS GATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no