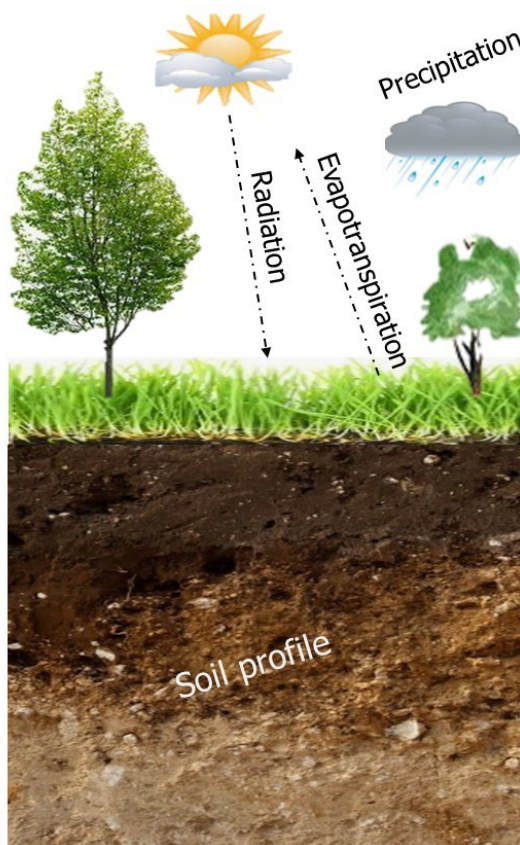


Flomberegning for Storelvi ved Hildal (048.D0)

Forfatter



NVE Rapport nr. 14/2022

Flomberegning for Storelvi ved Hildal (048.D0)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Per Alve Glad

Forsidefoto: Jomar Bergheim/NVE

ISBN: 978-82-410-2203-6

ISSN: 1501-2832

Saksnummer: 201902681

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 4

Sammendrag: Det er utført flomberegning for Storelvi med beregningspunkt rett oppstrøms samløpet med Hildalselvi i Ullensvang kommune. Beregningen danner grunnlaget for sikringstiltaket som skal utføres i Hildal. I Storelvi kan det forekomme store flommer hele året, men de største flommene er som regel regnflommer gjennom høsten og vinteren, hvor de aller største flommene gjerne er en kombinasjon av snøsmelting og regn. Flomberegningen er basert på frekvensanalyser av observerte flommer ved målestasjoner i vassdraget, representative målestasjoner fra nabovassdragene og regionale flomformler. Estimerte flomverdier er sammenlignet med tidligere beregninger i vassdraget

Emneord: Flomberegning, flomsikring, Ullensvang 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

Mars, 2022

Innhold

Flomberegning for Storelvi ved Hildal (048.D0)	1
1 Innledning	5
1.1 Beskrivelse av oppgaven	5
1.2 Beskrivelse av vassdraget	6
2 Datagrunnlag	7
2.1 Vannføringsstasjoner	7
3 Metode	9
3.1 Frekvensanalyser fra målestasjoner.....	9
3.2 Formelverk for regional frekvensanalyse.....	10
4 Resultater	10
4.1 Døgnmiddelvannføring.....	10
4.1.1 Flomfrekvensanalyse	10
4.1.2 Regional flomfrekvensanalyse.....	12
4.2 Kulminasjonsvannføring.....	12
4.2.1 Flomfrekvensanalyse	13
4.2.2 Forholdstall mellom døgn- og kulminasjonsverdier.....	14
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	17
7 Klimapåslag	18
8 Referanser	19
9 Vedlegg	20
9.1 NEVINA-rapporter.....	20
9.2 Flomindeksrapport for Storelvi ved Hildal.....	21
9.3 Flomfrekvensanalyser	21

Forord

I tilknytning til planlagt sikringstiltak i Hildal i Ullensvang kommune har hydrologisk avdeling utført flomberegning for Storelvi i Opovassdraget.

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

Per Alve Glad har utført beregningene, og Ann-Live Øye Leine har kvalitetskontrollert arbeidet.

Oslo, mars 2022

Elise Trondsen
Seksjonssjef
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 Storelvi med beregningspunkt rett oppstrøms samløpet med Hildalselvi i Ullensvang kommune. Beregningen danner grunnlaget for sikringstiltaket som skal utføres i Hildal.

I Storelvi kan det forekomme store flommer hele året, men de største flommene er som regel regnflommer gjennom høsten og vinteren, hvor de aller største flommene gjerne er en kombinasjon av snøsmelting og regn.

Flomberegningen er basert på frekvensanalyser av observerte flommer ved målestasjoner i vassdraget, representative målestasjoner fra nabovassdragene og regionale flomformler. Estimerte flomverdier er sammenlignet med tidligere beregninger i vassdraget.

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

Tabell 1. Flomverdier for Storelvi ved Hildal, 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
Storelvi ved Hildal	228	276	310	347	392	426	461

Tabell 2. Flomverdier inkl. klimapåslag på 20 og 40 % for Storelvi ved Hildal, 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
Storelvi ved Hildal + 20%	270	331	372	416	471	512	553
Storelvi ved Hildal + 40%	315	386	434	485	549	597	645

Datagrunnlaget for flomberegning for Storelvi ved Hildal kan karakteriseres som bra. En lang tidsserie med observert vannstand i og vannføring ut av Sandvenvatn som ligger nedstrøms beregningspunktet har gjort det mulig å konstruere en tilsigsserie som gir en representativ tidsserie i vassdraget det utføres beregning for. Dataene antas å ha god kvalitet på stor vannføring, og vannføringskurven er godt oppmålt (Væringstad, 2018).

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 1 «Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget».

Det er tidligere utført flomberegninger i vassdraget for Opo nedstrøms Sandvenvatn i 2018 (Væringstad, 2018). Det ble også utført flomberegning for Storelvi ved Låtefoss i 2009 (Kleivane, 2009). Resultatene fra denne analysen er sammenlignet med disse tidligere beregningene.

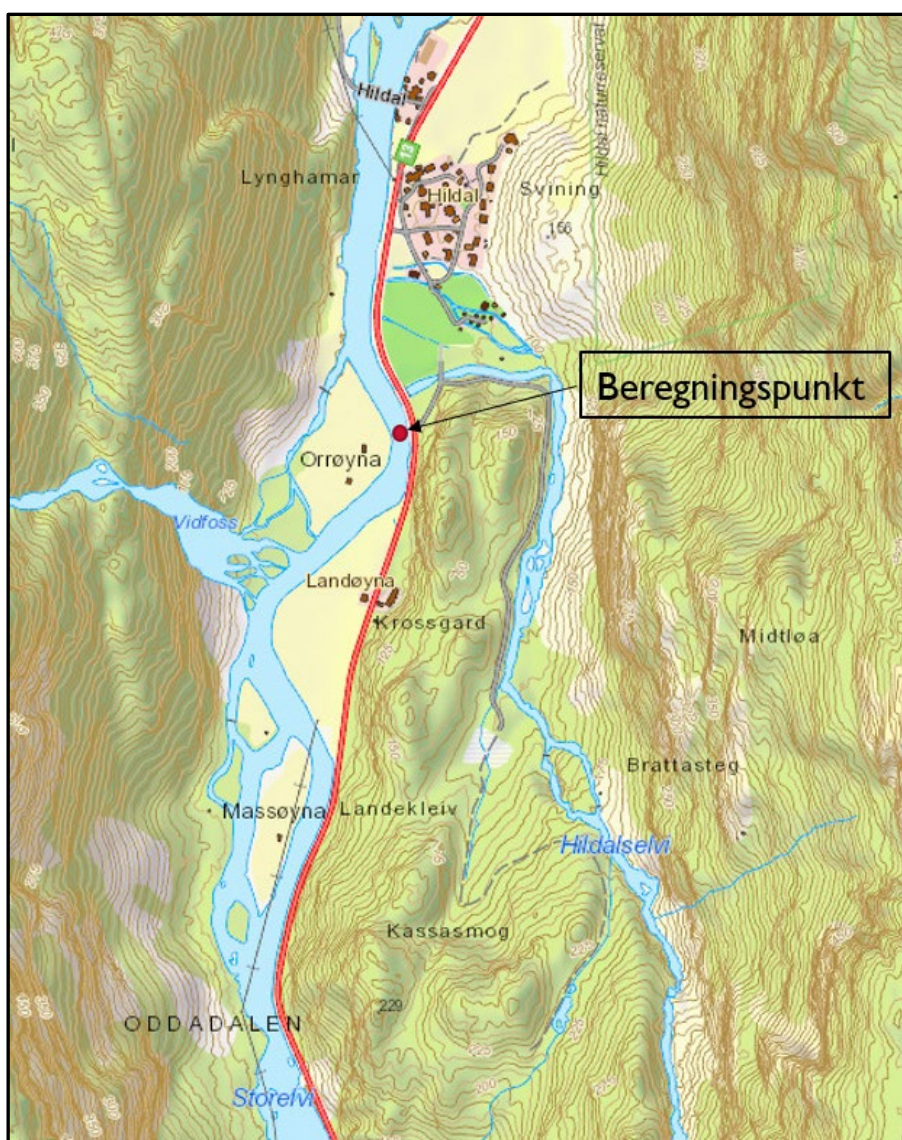
1 Innledning

1.1 Beskrivelse av oppgaven

Det skal utføres sikringstiltak i Hildal i Ullensvang kommune i Vestland fylke og i den forbindelse er det utført flomberegning for Storelvi ved Hildal.

Figur 1 viser oversikt over analyseområdet og beregningspunktet som er satt til å være rett oppstrøms samløpet mellom Storelvi og Hildalselvi.

Som grunnlag for sikringstiltaket i Hildal 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.



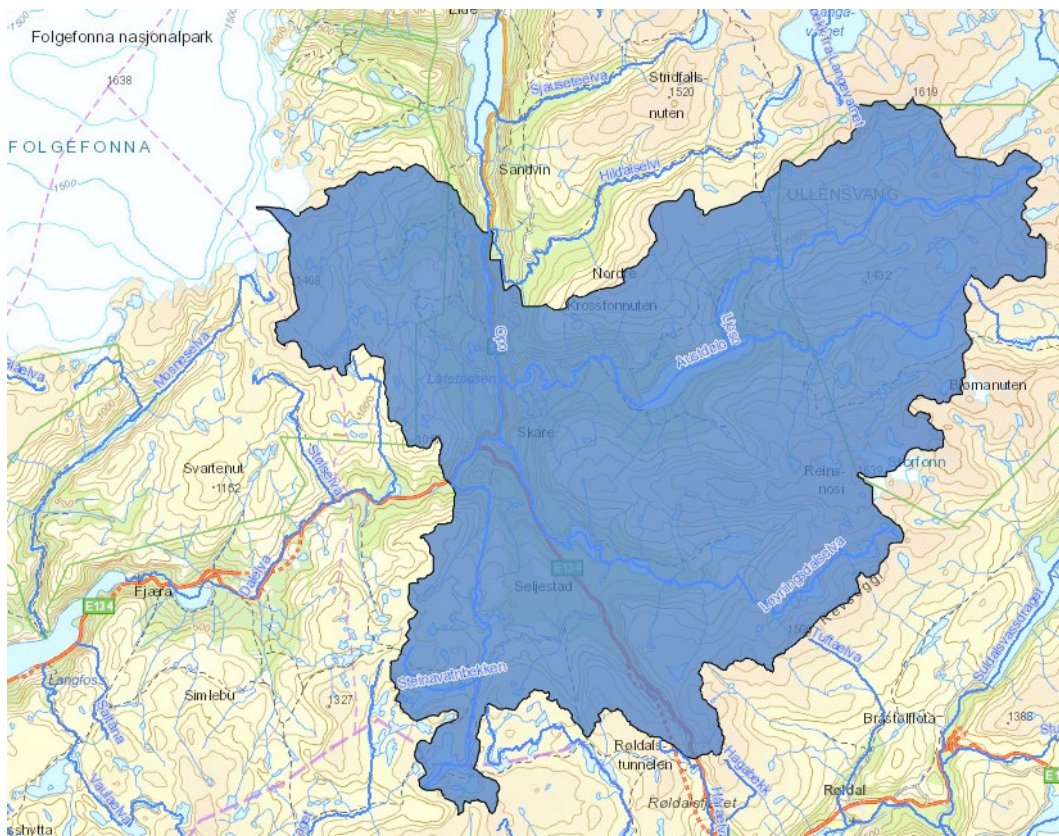
Figur 1. Viser beregningspunktet (i rødt) for Storelvi rett oppstrøms samløpet med Hildalselvi for flomberegningen. Kartet er laget i [NVE Temakart](#).

1.2 Beskrivelse av vassdraget

Nedbørfeltet til Storelvi ved Hildal er 308 km² og vist i Figur 2. Nedbørfeltet ligger øst for Folgefonna og 0.5 % av nedbørfeltet er dekket av bre.

Nedbørfeltet er påvirket av vassdragsregulering helt i sør ved at Steinavatn og Dyrskardvatn siden 1967 er overført til Saudavassdraget. Ettersom totalt overført feltareal kun er på til sammen 9.3 km² (ca. 3% av totalt feltareal) har imidlertid vassdragsreguleringen en neglisjerbar effekt på flomforholdene i vassdraget og er ikke hensyntatt i denne beregningen. Dette er imidlertid et konservativt valg, men har ingen stor effekt på resulterende vannføringer.

NVEs avrenningskart gir en naturlig spesifikk årlig avrenning på 83 l/s/km² (1961-1990), for nedbørfeltet til Storelvi ved Hildal, dette tilsvarer ca. 2600 mm/år. Det er en gradient i avrenningen fra vest til øst i regionen, med større avrenning mot vest enn nærmere vannskillet i øst. Basert på observasjoner av vannføring ser avrenningskartet ut til å stemme godt i området selv om det observeres en noe lavere verdi for stasjon 48.1 Sandvenvatn enn det avrenningskartet gir for samme nedbørfelt. Mer om dette i 2.1. Aktuelle feltparametere for beregningspunktet er oppsummert i Tabell 3.



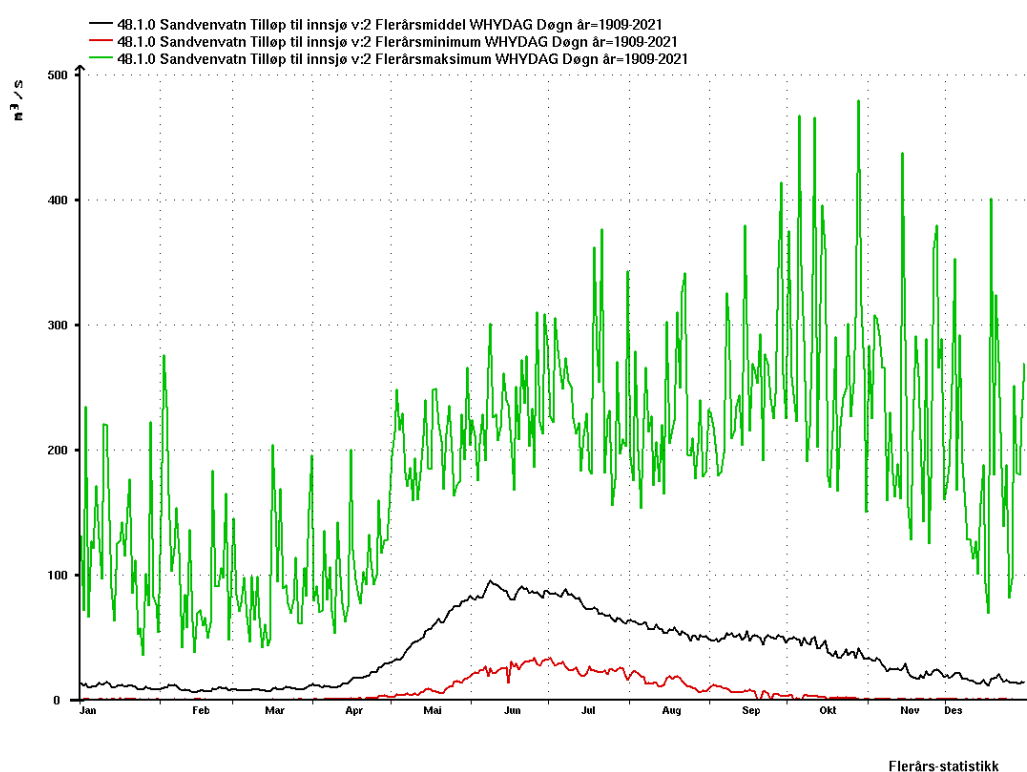
Figur 2. Nedbørfelt til Storelvi (A= 308 km²).

Tabell 3. Feltparametere for nedbørfeltet til Storelvi ved Hildal.

Beregningspunkt	Feltareal (km ²)	Eff. sjø (%)	Q _N * (l/s/km ²)	H ₅₀ (moh.)	Bre (%)	Snaufjell (%)
Storelvi ved Hildal	308	0.65	83	1064	0.5	66

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

Figur 3 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året for perioden 1907-2021. Øverste kurve (maksimum) i diagrammene viser største observerte vannføring og nederste kurve (minimum) viser minste observerte vannføring i løpet av måleperioden. Figuren viser at de største flommene typisk inntreffer på høsten, men at det også forekommer flommer gjennom vår og sommer.



Figur 3. Flerårsstatistikk for beregnet tilløp til Sandvenvatn basert på data fra målestasjon 48.1 Sandvenvatn. Figuren viser minimum, middel og maksvannføring over et døgn for hver enkelt dag i året for perioden 1907 – 2021.

2 Datagrunnlag

2.1 Vannføringsstasjoner

Det er tre målestasjoner med vannføringsobservasjoner i Opovassdraget, to aktive og en nedlagt. Ved målestasjonen 48.1 Sandvenvatn er det observert vannstander siden 1908, og stasjonen gir vannføringen ut av Sandvenvatnet. Frem til sommeren 1997 ble vannstanden avlest én gang pr døgn, vanligvis kl. 12. Etter dette er data logget med fin

tidsoppløsning. Selv om Sandvenvatnet demper flommer noe, kan vannstanden/ vannføringen under flom variere en del i løpet av et døgn, slik at målinger før 1997 ikke nødvendigvis er reelle døgnmiddelvannføringer.

Kvaliteten på vannføringskurven ved flom er antatt relativt god. Det har skjedd endringer i utløpet av Sandvenvatnet flere ganger, noe som har påvirket vannføringskurven. Kurven ble revidert i 2015 basert på nye flommålinger. Hydraulisk modellering av utløpet av Sandvenvatnet ble utført av Norconsult i 2018 (Solvang & Jenssen, 2018) og basert på den nye kurven er det beregnet en tilløpsserie til Sandvenvatn som gir et verdifullt supplement til flomanalysen.

En oversikt over feltegenskaper for de aktuelle sammenligningsstasjoner for Storelvi er gitt i Tabell 4. Beliggenhet og feltgrenser er vist i Figur 4. Tabell 4 viser at det er god overenstemmelse mellom NVEs avrenningskart og observasjonsseriene. Størst avvik er det for 48.1 Sandvenvatn hvor avrenningskartet gir noe høyere verdi enn observasjonene, men for sammenligning av feltegenskaper og vurdering av representativitet syntes avrenningskartet å gi et riktig bilde av gradientene i området.

Øst i nedbørfeltet til Storelvi ligger målestasjon 48.5 Reinsnosvatn. Her er det gjort målinger siden 1917. Vannføringskurven er vurdert som bra (tilbake til 1965).

Målestasjon 48.4 Jordal registrerte vannstanden i Jordalselvi, en sideelv vestfra med innløp i Sandvenvatnet. Feltet er dominert av bretilsig. Målingene ble utført i perioden 1964 – 1984. Kvaliteten på vannføringskurven er usikker. I tillegg til måleserier fra Opoassdraget er det vurdert fire lange vannføringsserier fra andre vassdrag, se Tabell 4.

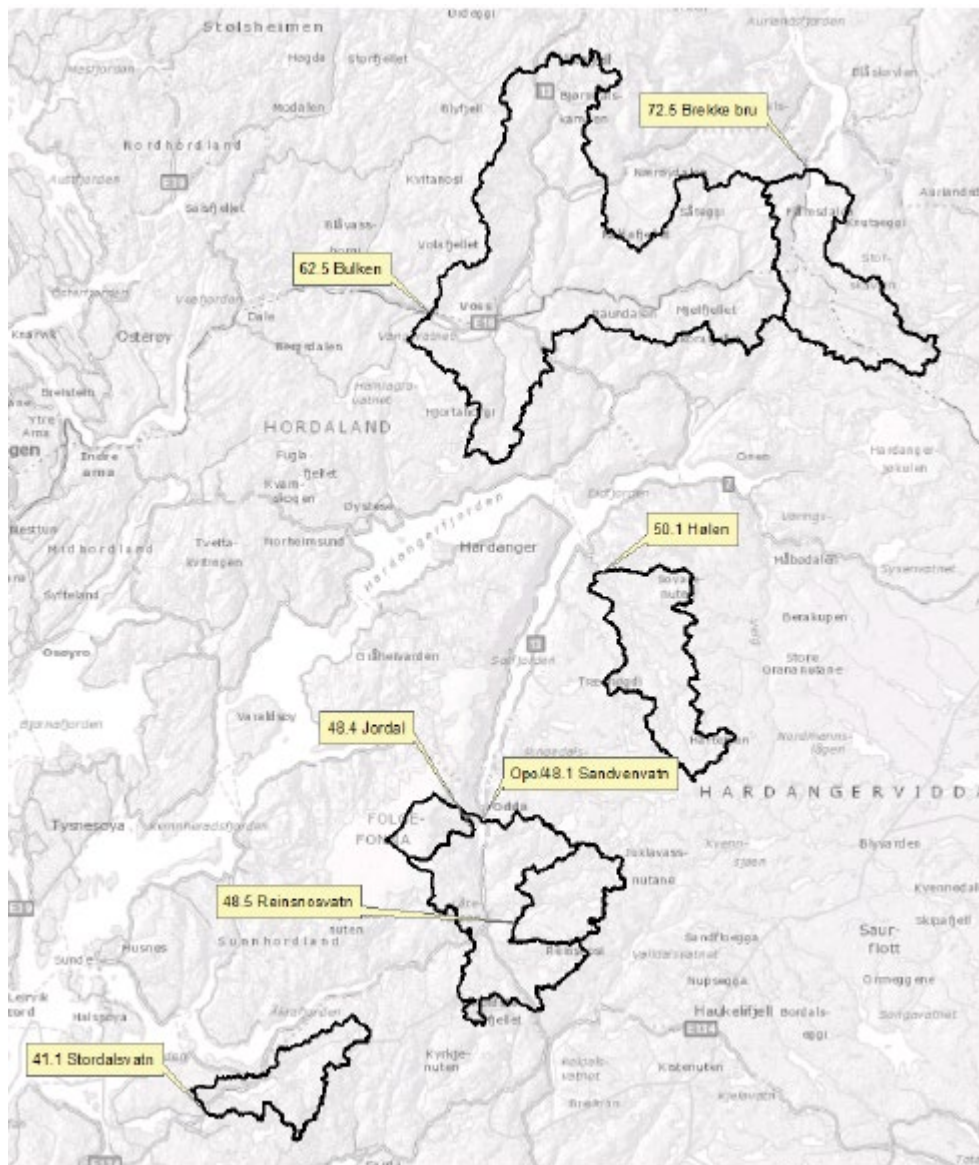
Tabell 4. Feltegenskaper for aktuelle sammenligningsstasjoner og for beregningspunktet i vassdraget det skal gjøres beregninger for.

Stasjon	Måleperiode	Areal (km ²)	Q _N (61-90) (l/s/km ²)	Q _{obs} (61-90) (l/s/km ²)	Eff. sjø (%)	H ₅₀ moh.
Storelvi ved Hildal	-	308	83	-	0.65	1064
41.1 Stordalsvatn	1913-2021	131	103	102	6.7	681
48.1 Sandvenvatn	1909-2021	470	87	77	1.2	1089
48.1 Sandvenvatn tilløp	1909-2021	470	87	-	0.29	1089
48.4 Jordal	1964-1984	51	115	-	0.1	1364
48.5 Reinsnosvatn	1918-2021	121	76	74	3.3	1232
50.1 Hølen	1923-2021	233	53	52	2	1277
62.5 Bulken	1892-2021	1092	65	63	0.9	867
72.5 Brekke bru	1908-2021	268	62	62	0.7	1273

Q_N årsmiddelavrenningen i perioden 1961-90 beregnet fra NVEs avrenningskart.

Q_{obs} årsmiddelavrenningen beregnet for periode med tilgjengelige observasjoner.

Måleperiode; tidsperiode benyttet i beregningen (enkelt år kan være fjernet)



Figur 4 Nedbørfeltene til sammenligningsstasjoner i området (sort).

3 Metode

I Opovassdraget finnes det målestasjoner både oppstrøms (48.5 Reinsosvatn) og nedstrøms (48.1 Sandvenvatn) Hildal, og det foreligger også data fra sammenlignbare nedbørfelt i området. For estimering av flomverdier er utført flomfrekvensanalyser på tidsseriene listet opp i Tabell 4. Resultatene ble sammenlignet med resultater fra regional flomfrekvensanalyse (RFFA 2018) før endelige flomverdier ble bestemt.

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 flomekstremere 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 døgnmiddelvanntføring for middelflom og flommer med ulike gjentakintervall for nedbørfelt for alle feltstørrelser, men anbefales brukt for felt $> 60 \text{ km}^2$, (Engeland, mfl., 2020).

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

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

4 Resultater

Ettersom det foreligger gode og lange observasjonsserier både i vassdraget og for sammenlignbare nedbørfelt i området, 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 både på døgn- og findata er det begge tilnærmingene over utprøvd i denne beregningen.

4.1 Døgnmiddelvanntføring

4.1.1 Flomfrekvensanalyse

Resultater fra flomfrekvensanalyser fra de ulike stasjonene, døgnmiddelverdier, er presentert i Tabell 5, med midlere flom (Q_M) i absolute og spesifikke verdier og flommer med forskjellige gjentakintervall (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 i Figur 5. Tabell 5 viser at den spesifikke

middelflommen i området varierer mellom 330-590 l/s/km² hvor de høyeste verdiene sammenfaller med de nedbørfeltene med høyest normalavrenning.

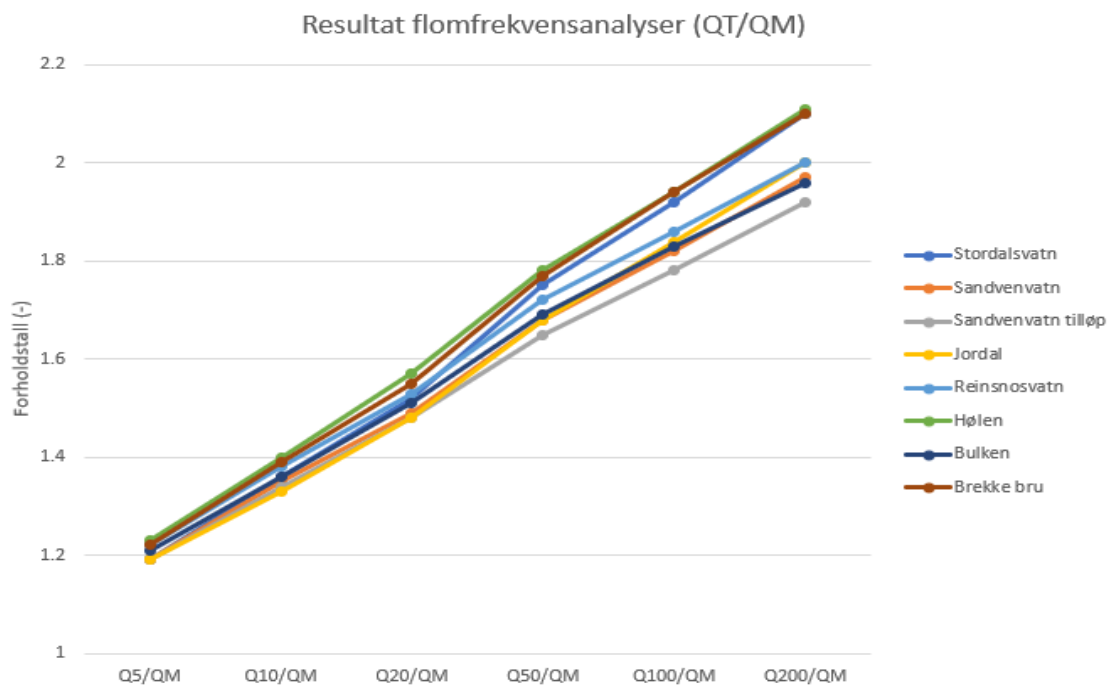
Resultatene fra tilløpsserien til Sandvenvatn avviker noe fra vannmerke 48.5 Reinsnosvatn som ligger i nedbørfeltet til Storelvi og det observeres høyere spesifikk middelflom for det større nedbørfeltet til Sandvenvatn enn for Reinsnosvatn. Sistnevnte stasjon har mer utpreget vårfloregime og med enkelte store høstflommer. Dette skyldes nok at feltet i snitt ligger høyere og hovedtyngden av nedbørfeltet ligger lenger mot øst hvor det er noe tørrere enn i vest.

Nedbørfeltet til tilløpsserien til Sandvenvatn anses som meget representativt for Storelvi ved Hildal og er den serien som vektlegges mest i denne analysen. Nedbørfeltet er større enn for Storelvi som generelt medfører lavere spesifikke flomverdier. Samtidig har tilløpsserien til Sandvenvatn lavere effektiv sjøprosent og noe høyere normalavrenning som generelt bidrar til høyere spesifikke flomverdier. Det er utfordrende å vekte effekten av disse forskjellene i feltegenskaper som trekker i forskjellig retninger og det antas derfor her at spesifikk middelflom er lik for Storelvi ved Hildal og tilløpsserien til Sandvenvatn. Basert på resultatene fra frekvensanalysene settes døgnmiddelflommen for Storelvi til 570 l/s/km².

Tabell 5 Flomfrekvensanalyser på døgnmiddelveidier (årsflommer) for aktuelle målestasjoner. Tabellen viser middelflom (Q_M) og vekstkurve (forholdstall mellom middelflom og flommer med høyere fjentaksintervall, Q_T/Q_M). Fordelingsfunksjonen er en kombinasjon av lokal og regional analyse, GEV(lokal+regional) (Engeland, mfl., 2020).

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/km ²	m ³ /s						
41.1 Stordalsvatn	1913-2020	108	572	75	1.19	1.36	1.52	1.75	1.92	2.10
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
48.4 Jordal	1964-1982	19	590	30	1.19	1.33	1.48	1.68	1.84	2.00
48.5 Reinsnosvatn	1918-2021	104	460	56	1.22	1.38	1.53	1.72	1.86	2.00
50.1 Hølen	1923-2021	99	330	77	1.23	1.40	1.57	1.78	1.94	2.11
62.5 Bulken	1892-2021	130	323	353	1.21	1.36	1.51	1.69	1.83	1.96
72.5 Brekke bru	1944-2014	71	395	106	1.22	1.39	1.55	1.77	1.94	2.10
Gjennomsnitt					1.21	1.36	1.52	1.72	1.87	2.02

Resultatene fra frekvensanalysene, Figur 5, viser at det er forholdsvis liten spredning i vekstkurvene og alle forholdstallene mellom 200-årsflommen og middelflommen ligger mellom 1.92-2.11 og med et gjennomsnitt på 2.02. For den videre vurderingen benyttes den gjennomsnittlige vekstkurven fra Tabell 5 for Storelvi.



Figur 5. Flomfrekvenskurver for aktuelle målestasjoner (se også Tabell 6).

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 viser god overenstemmelse med resultatene fra analysene i 4.1.1 med en medianflom på 589 l/s/km² og et forholdstall mellom Q₂₀₀ og Q_{Med} på 2.19. 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 illustrere forskjellen kan det opplyses om at frekvensanalysen for tilløpsserien til Sandvenvatn ga et forholdstall mellom Q₂₀₀ og Q_{Med} på 1.99 og et forholdstall mellom Q₂₀₀ og Q_M på 1.92.

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						
Storelvi ved Hildal	308	589	181	1.27	1.44	1.62	1.84	2.02	2.19

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 døgnavannføring. 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 tidsopløsning (timesverdier). I denne analysen benyttes timesverdier for å representere kulminasjonsverdier.

4.2.1 Flomfrekvensanalyse

Det er utført flomfrekvensanalyse for de målestasjonene fra Tabell 5 som hadde lange og gode tidsserier med findata (timesverdier). Frekvensfordelingene for de fem stasjonene, kulminasjonsverdier, er presentert i Tabell 7, 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/frekvenskurver).

Flomfrekvensanalysen er utført etter anbefalt arbeidsgang fra NVE Veileder (01/2022). Fra Tabell 7 kan vi se at det foreligger vesentlig kortere tidsserier med findata enn det for døgnmiddelverdier. Spesielt uheldig er det at det ikke foreligger en tilløpsserie for Sandvenvatn med findata. Med de resultater som er vist i Tabell 7 og med bakgrunn i analysene i 4.1.1 er det rimelig å anta at Storelvi ved Hildal bør har høyere spesifikke flomverdier enn alle nedbørfeltene listet opp i Tabell 7. 41.1 Stordalsvatn har både et mindre nedbørfelt og større normalavrenning enn Storelvi, men har en mye høyere effektiv sjøprosent. Grunnet den store dempningen gjennom Stordalsvatn vil det være liten forskjell på døgn- og kulminasjonsverdi og det virker rimelig å anta en lavere spesifikk flomverdi enn ved Storelvi. 48.1 Sandvenvatn har et større felt og høyere effektiv sjøprosent enn Storelvi og selv om nedbørfeltet til hele Sandvenvatn nok har noe høyere normalavrenning enn nedbørfeltet til Storelvi, vil Sandvenvatn forventes å lavere spesifikke flomverdier. Nedbørfeltet til 48.5 Reinsosvatn ligger i den østlige delen av nedbørfeltet til Storelvi. Nedbørfeltet til Reinsosvatn er både tørrere (har lavere normalavrenning) enn nedbørfeltet til Storelvi og har en vesentlig høyere effektiv sjøprosent som medfører at det forventes lavere spesifikke flomverdier her enn ved Hildal. Nedbørfeltet til 50.1 Hølen er litt mindre enn nedbørfeltet til Storelvi, men har vesentlig lavere normalavrenning og mye høyere effektiv sjøprosent. Følgelig forventes også Hølen å ha vesentlig lavere flomverdier enn Storelvi. Det samme gjelder for 62.5 Bulken som sammenlignet med Storelvi har vesentlig større nedbørfelt, lavere normalavrenning og høyere effektiv sjøprosent.

Ut ifra analysen av tilgjengelige kulminasjonsdata er det utfordrende å gi et godt estimat av middelflommen for Storelvi utover at den bør ligge over 650 l/s/km^2 . Med gode døgnserier og tilgjengelige verktøy i form av regionale formelverk, benyttes kulminasjonsdataene videre i denne beregningen kun som støtte for vurdering av endelig valgte flomverdier.

Tabell 7 Flomfrekvensanalyser på kulminasjonsverdier (årsflommer) for målestasjoner utvalgte representative måleserier i området.

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/km ²	m ³ /s						
41.1 Stordalsvatn	1986-2021	36	647	85	1.20	1.37	1.51	1.72	1.87	2.03
48.1 Sandvenvatn	1998-2021	24	634	298	1.19	1.35	1.51	1.72	1.88	2.05
48.5 Reinsosvatn	1981-2021	41	553	67	1.20	1.37	1.53	1.74	1.90	2.07
50.1 Hølen	1962-2021	60	397	93	1.24	1.44	1.64	1.92	2.15	2.41
62.5 Bulken	1995-2021	27	420	459	1.16	1.30	1.44	1.62	1.76	1.90
Gjennomsnitt					1.20	1.37	1.53	1.74	1.91	2.09

4.2.2 Forholdstall mellom døgn- og kulminasjonsverdier

For å finne et estimat på forholdstallet mellom døgn- og kulminasjonsverdier kan en se på observasjoner. Det foreligger ikke data i beregningspunktet og nærmeste målestasjon er 48.1 Sandvenvatn som ligger noe nedstrøms analyseområdet i denne rapporten. Tabell 8 viser observert $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ for de 5 største flommene ved 48.1 Sandvenvatn i perioden det finnes data med timesoppløsning. Forholdstallet varierer mellom 1.18 og 1.31 med et gjennomsnitt på 1.26. Ettersom nedbørfeltet til stasjon 48.1 Sandvenvatn er større enn nedbørfeltet til Storelvi ved Hildal og i tillegg har større naturlig dempning (høyere effektiv sjøprosent) er det rimelig å anta at Storelvi ved Hildal skal ha større kulminasjonsfaktor enn Sandvenvatn. Resulterende kulminasjonsfaktor for de to respektive nedbørfeltene ved bruk av regionalt formelverk (RFFA 2018) støtter opp om en slik antakelse med respektive kulminasjonsfaktorer på 1.21 for Storelvi ved Hildal mot 1.13 for Sandvenvatn. Med bakgrunn i forholdstallene presentert i Tabell 8 og forventet større kulminasjonsfaktor for Storelvi ved Hildal enn for Sandvenvatn, velges det her å bruke en kulminasjonsfaktor på 1.3.

Tabell 8. Forholdstall $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ for de 5 største årsflommene ved 48.1 Sandvenvatn i observasjonsperioden med data med finere tidsoppløsning enn døgn (1998-2021).

Dato	Kulm (m ³ /s)	Døgn (m ³ /s)	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$
28.10.2014	570	438	1.30
14.10.2018	417	353	1.18
14.09.2005	373	296	1.26
19.11.2020	354	271	1.31
29.06.2011	346	282	1.23
Gjennomsnitt			1.26

5 Endelig valg av flomverdier

I kapittel 4 estimeres flomverdier for Storelvi ved Hildal ved bruk av tre forskjellige metoder. Flomfrekvensanalyser via døgn til kulminasjon, flomfrekvensanalyser direkte på kulminasjonsvannføringer, flomestimat basert på regionalt formelverk. Resultatene fra analysene er presentert oppsummert i Tabell 9.

Tabell 9. 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	1.3	741	228	1497	461	2.02
FFA kulminasjon direkte	-	> 650	> 200			
RFFA 2018	1.21	713	220	1561	481	2.19*

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

Resultatene fra flomfrekvensanalysene gir forholdsvis liten spredning. Tilløpsserien til Sandvenvatn antas å være representativ for nedbørfeltet til Storelvi og med over 100 år med data anses resultatene fra flomfrekvensanalysen utført via døgn (øverste rad i Tabell 9) å gi de beste flomestimatene for Storelvi ved Hildal. Resulterende flomverdier, døgnmidler, for Storelva ved Hildal blir da som presentert i Tabell 10 og kulminasjonsverdier som presentert i Tabell 11.

Tabell 10 Resulterende døgnmiddelflomverdier for Storelvi ved Hildal.

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	1.36	1.52	1.72	1.87	2.02
Storelvi ved Hildal	308	570	176	213	239	268	303	329	356

Tabell 11 Resulterende flomverdier, kulminasjon, for Storelvi ved Hildal.

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						
Storelvi ved Hildal	308	741	228	276	310	347	392	426	461

6 Vurdering av flomverdier

6.1 Sammenligning med erfaringstall

NVE har utført flomberegninger i Opovassdraget i både 2004 (Kleivane, 2004) og i 2018 (Væringstad, 2018). Beregningen fra 2004 har beregningspunkt i Storelvi rett nedstrøms Låtefoss og beregningen fra 2018 har beregningspunkt ved utløpet av Sandvenvatnet. Tabell 12 lister opp et utvalg av feltegenskaper for nedbørfeltene det ble utført flomberegninger for i 2004 og 2018 sammen med feltegenskapene for Storelvi ved Hildal. Ut fra feltegenskapene listet opp i Tabell 12 virker det rimelig å anta at Storelvi nedstr. Låtefoss og ved Hildal skal ha større spesifikke flomverdier enn utløpet av Sandvenvatn.

Tabell 12. Viser feltegenskapene for nedbørfeltene NVE tidligere har utført beregninger for sammen med feltegenskapene til Storelvi ved Hildal.

Stasjon	Felt-areal (km ²)	Q _N * (61-90) (l/s/km ²)	Snaufjell (%)	Eff. sjø (%)
Storelvi nedstr. Låtefoss	268	78	78	0.70
Storelvi ved Hildal	308	83	66	0.65
Sandvenvatn	470	87	77	1.20

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

Tabell 13 viser at valgt beregnet spesifikk 200-årsflom for Storelvi, Q₂₀₀, er større enn flomverdien beregnet for Sandvenvatn (Væringstad, 2018) noe som virker rimelig grunnet et mindre nedbørfelt med lavere naturlig dempning (lavere effektiv sjøprosent). Flomestimatet for Storelvi ved Hildal er også høyere enn det som ble beregnet for Storelvi nedstrøms Låtefoss i 2004, selv om feltegenskapene tilsier at flomverdiene bør være forholdsvis like. Siden 2004 er det mye som har endret seg både med tanke på datatilgjengelighet og verktøy til bruk i flomberegninger. Det foreligger i dag nesten 20 år mer med observasjoner i vassdraget, det har vært mulig å konstruere en tilløpserie for Sandvenvatn som gir en lang serie med meget representative data, det er utviklet nye formelverk gjennom regionale flomfrekvensanalyser (RFFA 2018) og det er utarbeidet nye anbefalinger for hvordan en bør utføre flomfrekvensanalyser der en har data (Engeland mfl., 2020). Det er den totale effekten av alle disse elementene av analysen som medfører at det er beregnet høyere spesifikke flomverdier for Hildal enn for Låtefoss.

Tabell 13. Sammenligning av flomverdier (kulminasjonsverdier) fra flomberegningen for Storelvi ved Hildal og tidligere beregninger NVE har utført i Opovassdraget.

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 (-)
Storelvi nedstr. Låtefoss	268	619	166	1291	346	2.08
Storelvi ved Hildal	308	741	228	1497	461	2.02
Sandvenvatn	470	617	290	1340	630	2.17

I NVE Veileder (01/2022) viser erfaringstall at for vassdrag mindre enn 500 km² på Vestlandet kan man vente døgnmiddelverdier for Q₁₀₀₀ på mellom 700-2500 l/s/km², 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, estimerer fra regionale formelverkene og tidligere beregninger i vassdraget, tyder på at beregnet Q₂₀₀- døgnverdi (ca 1160 l/s/km²) virker rimelig for Storelvi.

6.2 Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning for Storelvi ved Hildal kan karakteriseres som bra. Lang dataserie med observert vannstand og vannføring finnes ved Sandvenvatn, noe nedstrøms beregningsspunktet, og det har vært mulig å etablere en tilsigsserie for innsjøen som gir et godt innblikk i hydrologien i vassdraget. Dataene antas å ha god kvalitet på stor vannføring, og det er godt oppmålt vannføringskurve.

Til tross for et antatt godt datagrunnlag, er det en hel del usikkerheter knyttet til alle flomberegninger. Usikkerheten skyldes en rekke forhold. For det første er det usikkerhet knyttet til ”observert vannføring”. Vannstander observeres, deretter omregnes disse ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstand og fysiske målinger av vannføring ute i elven. Ofte er de største flomvannføringene beregnet ut fra et ekstrapolert forhold mellom vannstander og vannføringer.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimerte, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel. I tillegg er 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 tidsopløsning 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 1 «Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget».

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. Storelvi 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 14 vises beregnet 200-årsflom for Storelvi tillagt 20 og 40 % klimapåslag.

Tabell 14. 200-årsflom for Storelvi ved Hildal tillagt 20 og 40 % klimapåslag, kulminasjonsverdier

Storelvi ved Hildal	Areal km²	Q_M m³/s	Q₅ m³/s	Q₁₀ m³/s	Q₂₀ m³/s	Q₅₀ m³/s	Q₁₀₀ m³/s	Q₂₀₀ m³/s
Q ₂₀₀ + 20% klimapåslag	308	270	331	372	416	471	512	553
Q ₂₀₀ + 40 % klimapåslag	308	315	386	434	485	549	597	645

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.

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.

Kleivane, I. (2009) Flomberegning for Låtefoss (048.DZ) og Storelvi (048.E0), Odda kommune i Hordaland.

Lawrence, D. (2016). Klimaendring og fremtidige flommer i Norge (NVE Rapport 81/2016). 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.

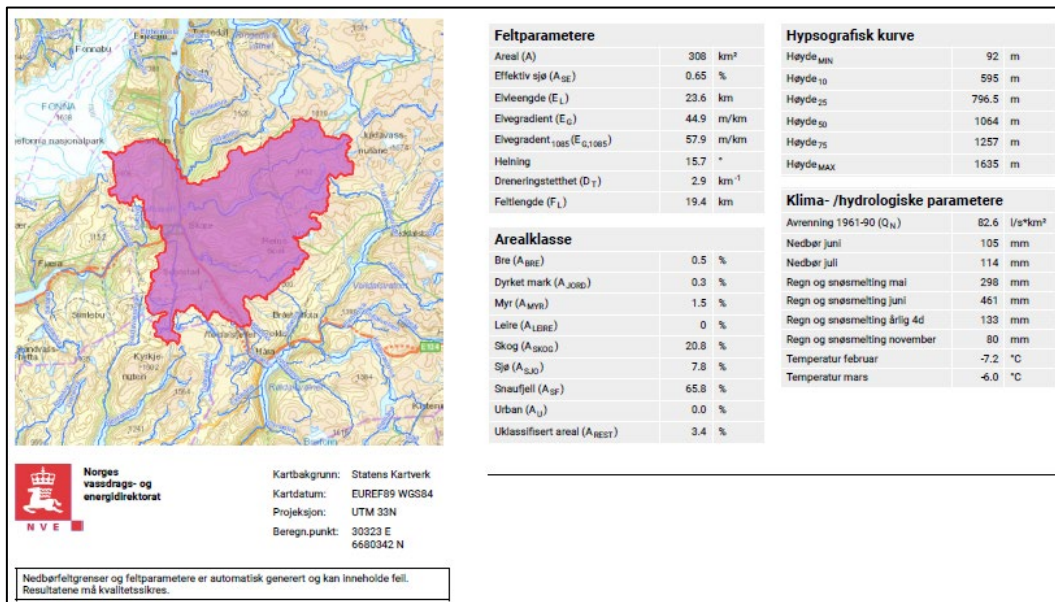
Solvang, G og Jenssen, L., (2018). Opo flaumkraftverk. KU fase, teknisk rådgivning. Utløp Sandvinvatnet, kapasitetsberegning. Oppdragsnr.: 5171399, dokumentnr.: D25 Versjon J02. Norconsult, 2018.

Væringstad, T. (2018). Flomberegning for Opo (048.Z), Odda kommune i Hordaland. NVE Oppdragsrapport 1-2018.

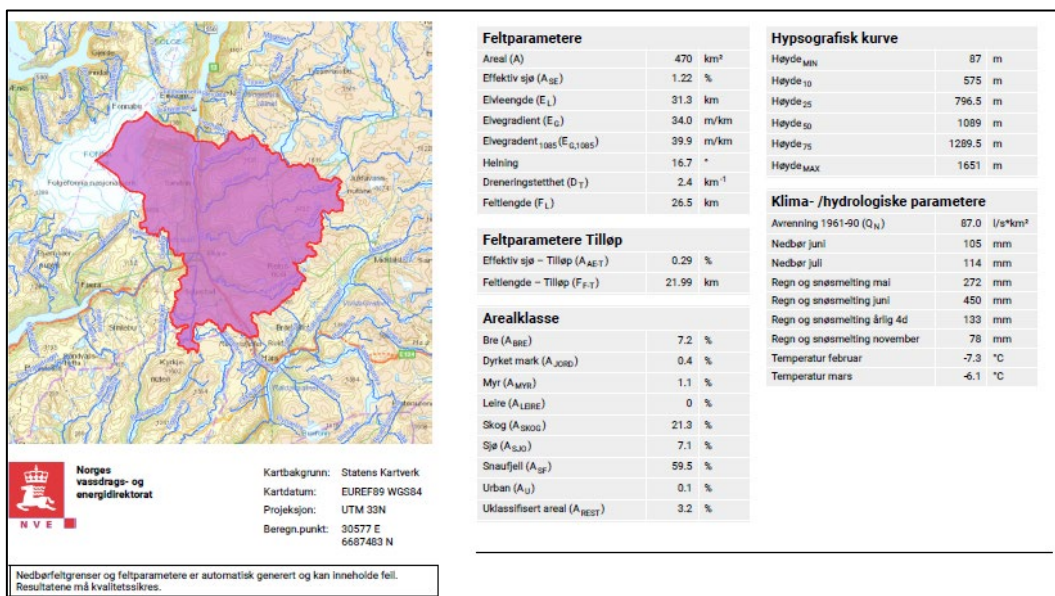
9 Vedlegg

9.1 NEVINA-rapporter

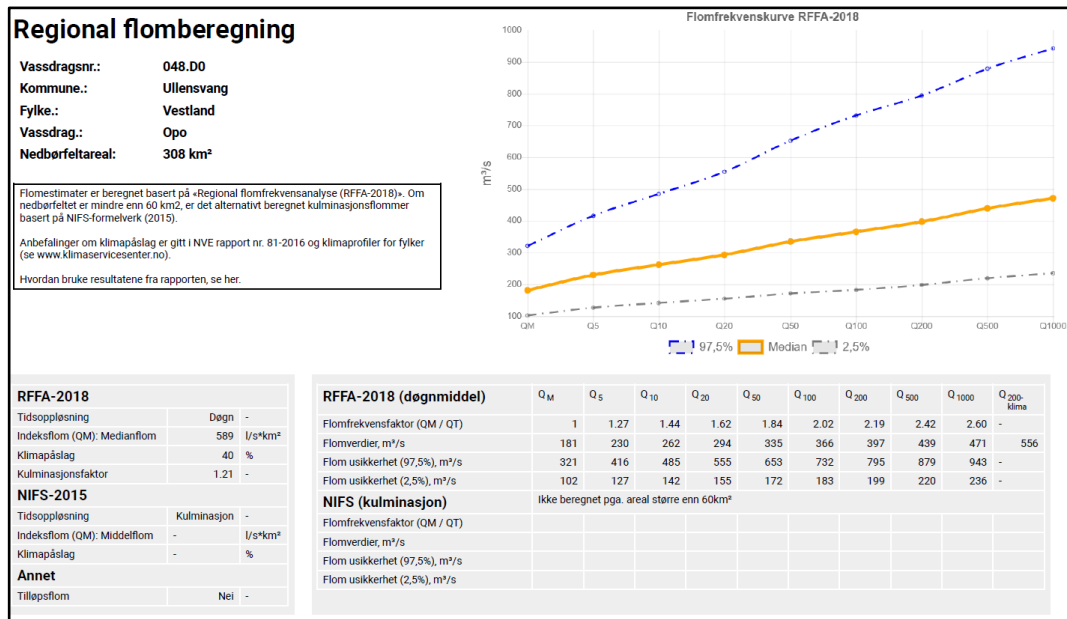
Nedbørfelt med feltkarakteristika for Storelvi ved Hildal



Nedbørfelt med feltkarakteristika for Opo ved Sandvenvatn med og uten Sandvenvatn i beregning av effektiv sjøprosent og feltlengde.

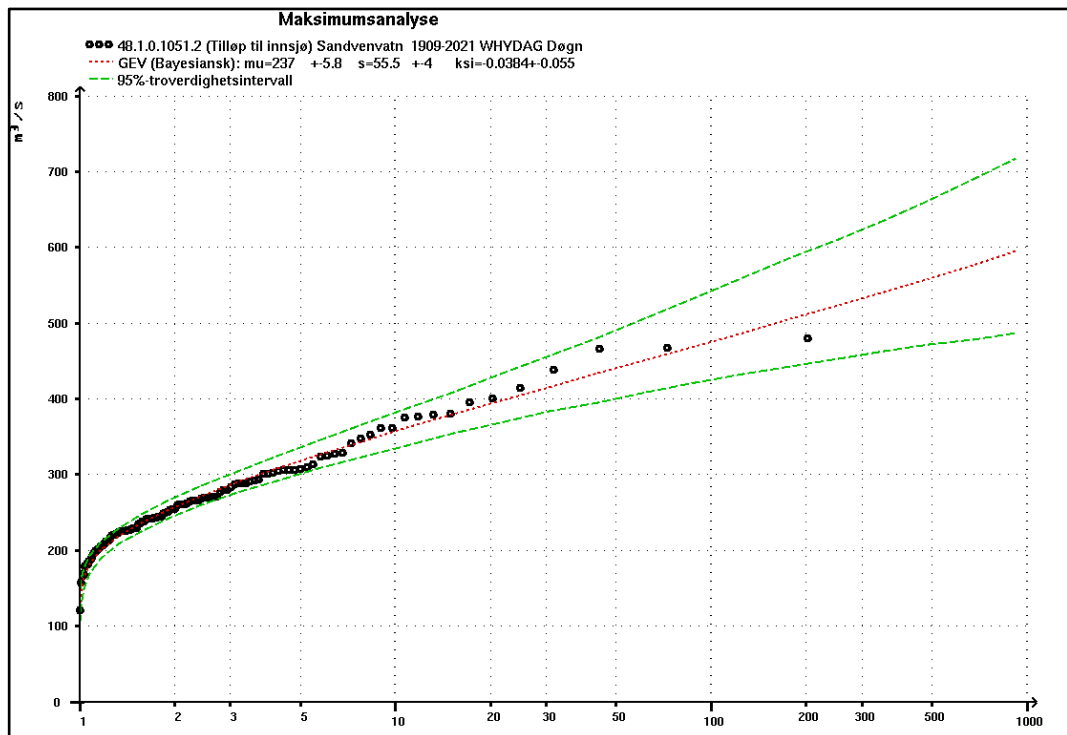


9.2 Flomindeksrapport for Storelvi ved Hildal

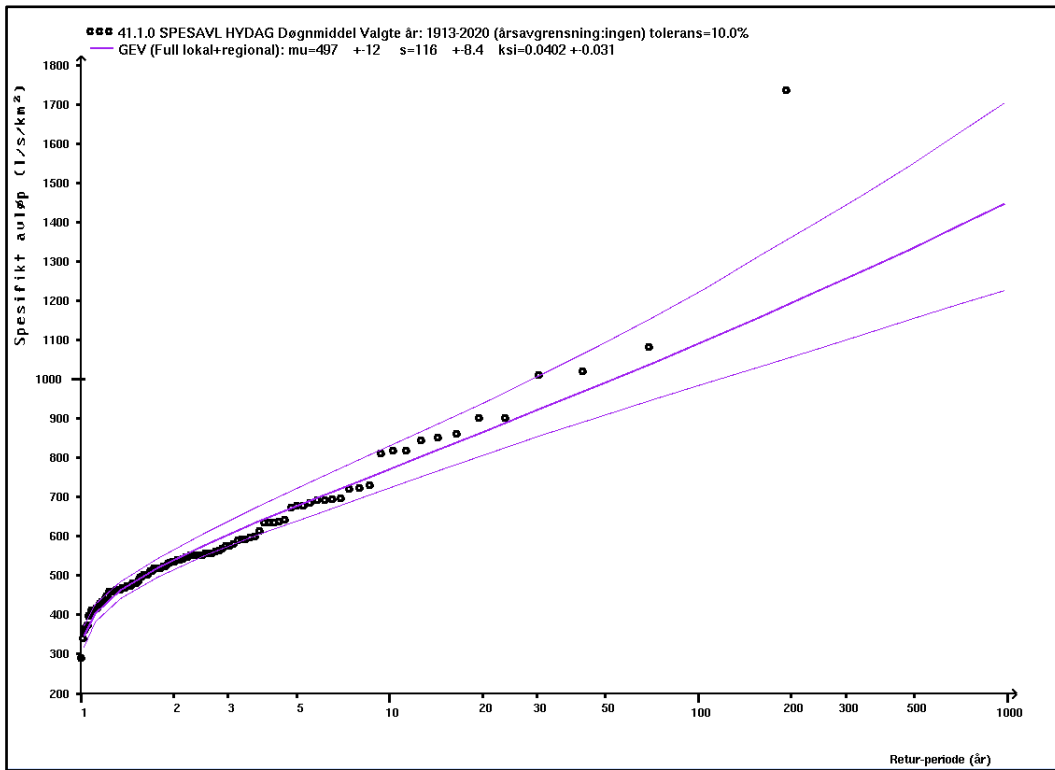


9.3 Flomfrekvensanalyse

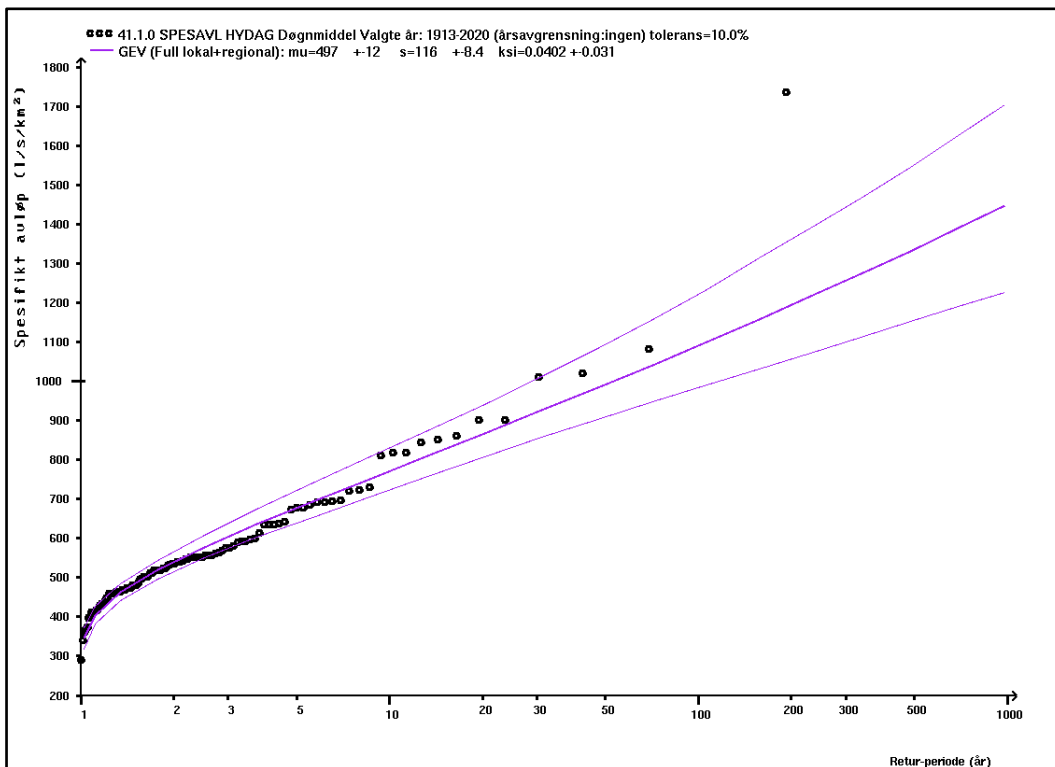
Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier (m³/s), for tilløpsserien til Sandvenvatn utarbeidet fra observasjonsserien 48.1 Sandvenvatn.



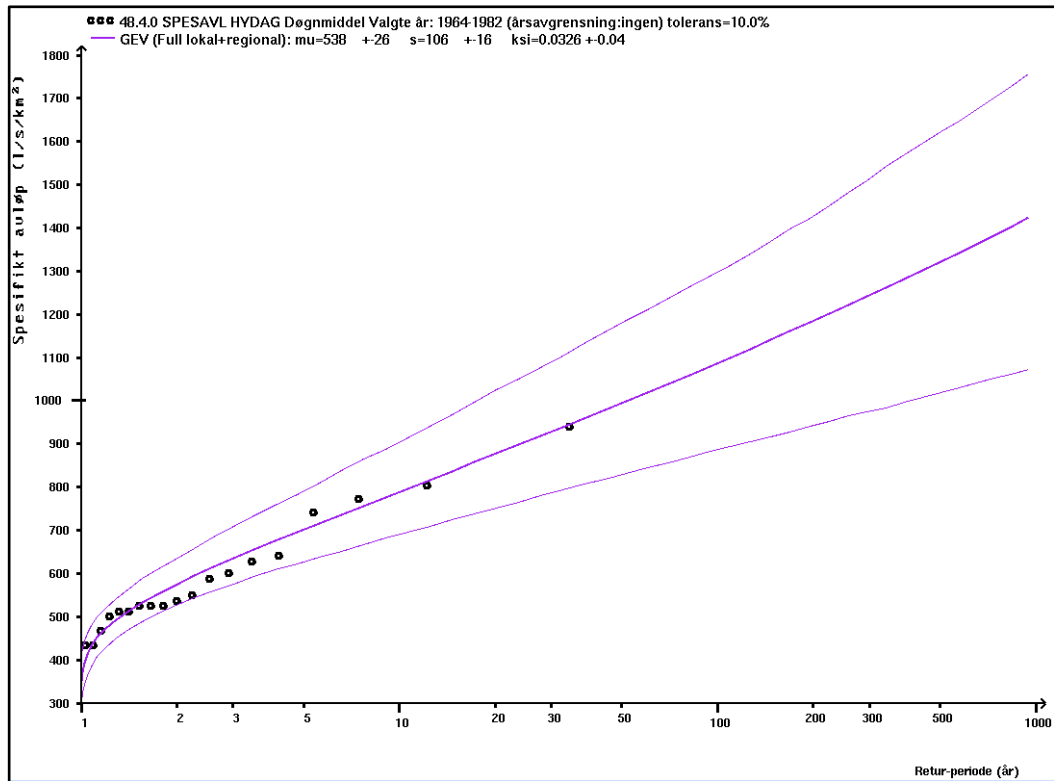
Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier (l/s/km²), for 48.1 Sandvenvatn



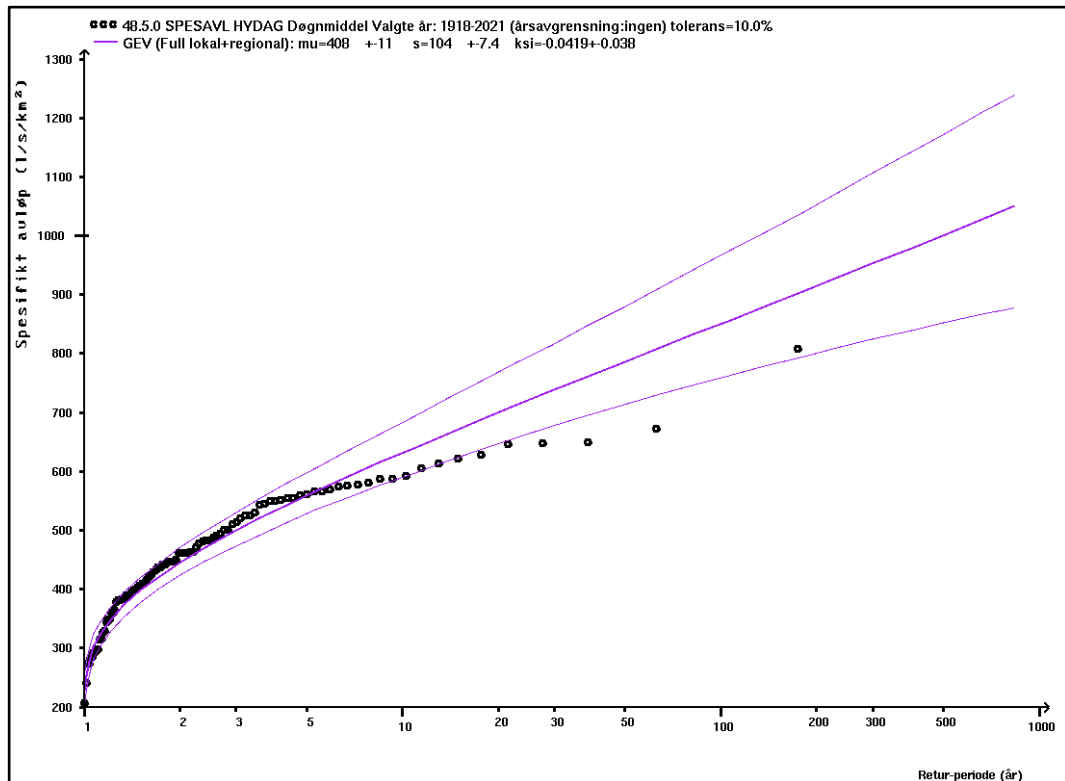
Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier (l/s/km²), for 41.1 Stordalsvatn



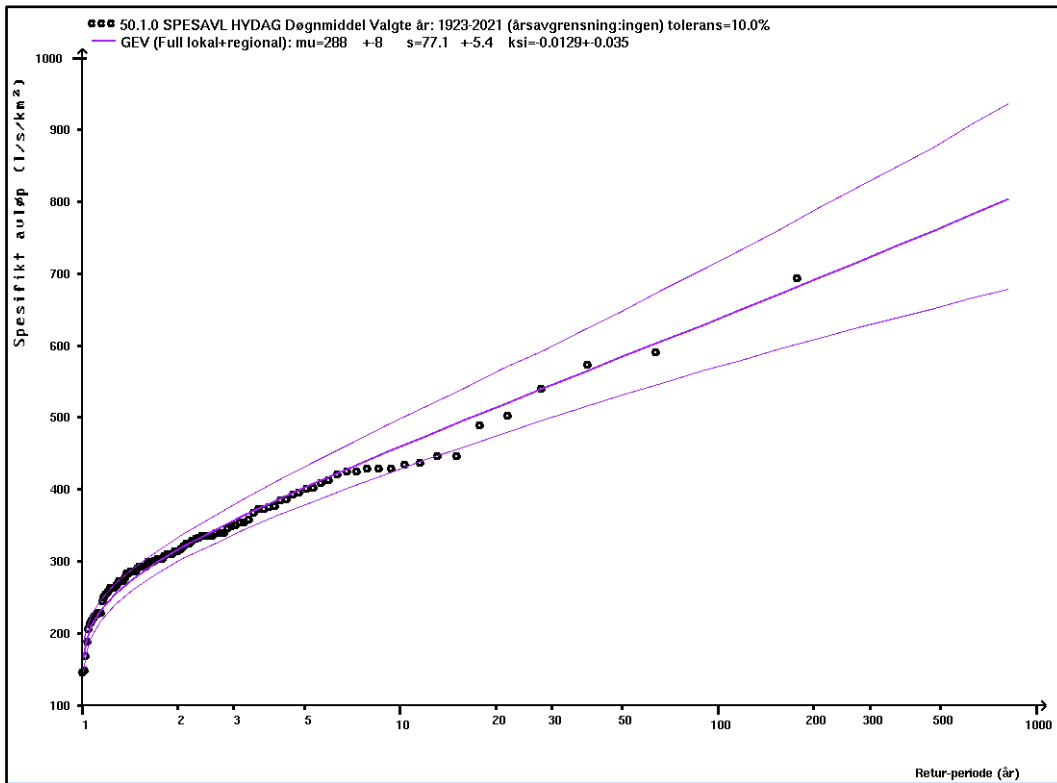
Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier (l/s/km²), for 48.4 Jordal



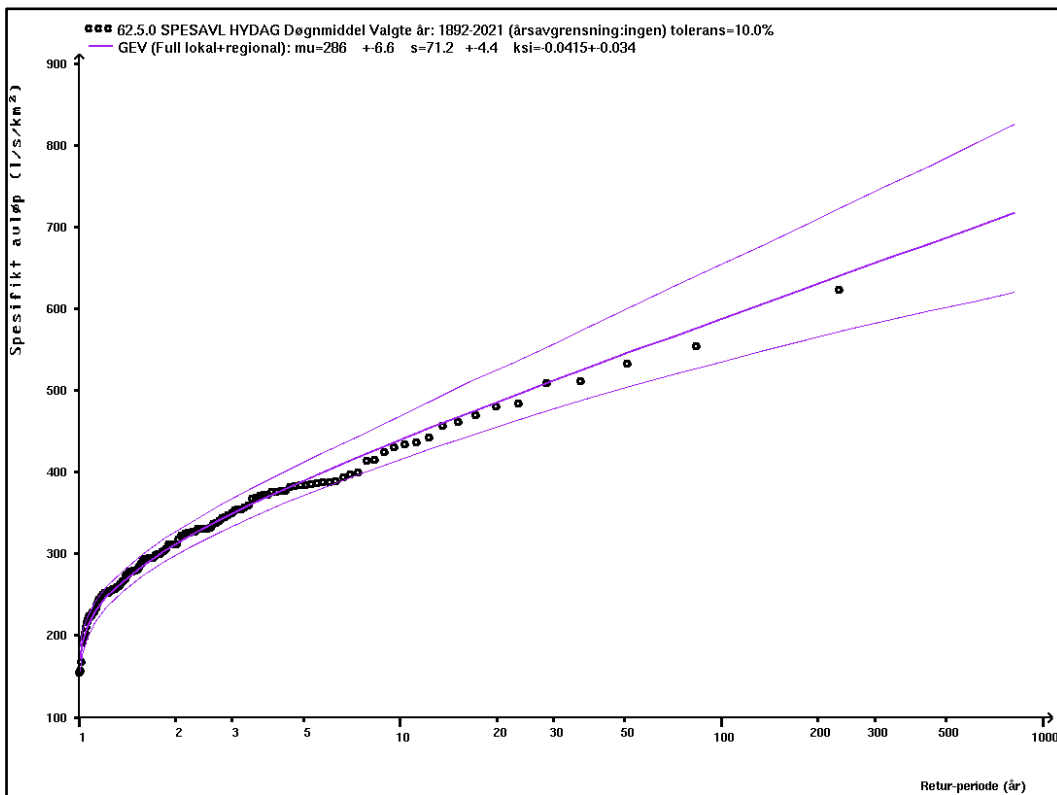
Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier (l/s/km²), for 48.5 Reinsosvatn



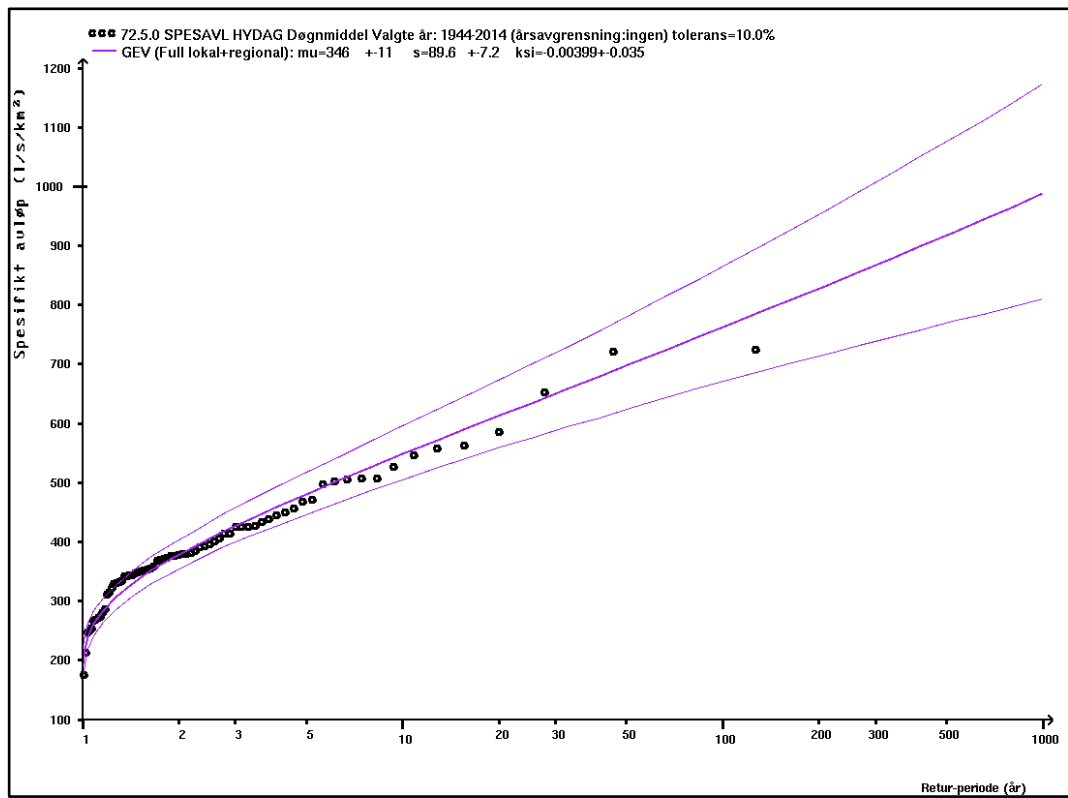
Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier (l/s/km²), for 50.1 Hølen



Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier (l/s/km²), for 62.5 Bulken



Resultater fra flomfrekvensanalyser, døgnverdier (l/s/km²), for 72.5 Brekke bru





NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

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

www.nve.no