

Revidert flomberegning for Sokna

Flomsonekartprosjektet

Seija Stenius



Rapport, bokmål nr 28-2019

Revidert flomberegning for Sokna

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Seija Stenius

Forfatter: Seija Stenius

Trykk: NVEs hustrykkeri

Forsidefoto: Sokna fra Stranden bro, Sokndalstranda. Foto: Seija Stenius, NVE.

ISBN: 978-82-410-1901-2

ISSN: 1501-2832

Sammendrag: Denne rapporten er en revisjon av rapport «Revidert flomberegning for Sokna», NVE rapport 2017-60. I etterkant av rapport 2017-60 er det fremkommet data fra en hydrologisk stasjon, 26.92 Sokndalselva, som lå i Hauge sentrum (2005-2009). Sokndalselva indikerer lavere flomverdier gjennom Hauge sentrum enn det som er antatt tidligere. Flomverdiene i denne rapporten er justert slik at de overensstemmer med data fra Sokndalselva. Det er beregnet kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentakintervall på flommer ved tre punkter i nedre del av Sokna.

Emneord: Flomberegning, Sokndalsvassdraget, Sokna, Hauge, Sokndal, Rogaland.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

Juni 2019

Revidert flomberegning for Sokna (026.4Z)

Flomsonekartprosjektet

Innhold

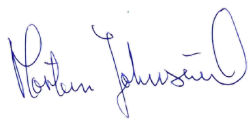
Forord	4
Sammendrag	5
1 Beskrivelse av oppgaven.....	6
2 Beskrivelse av vassdraget.....	7
3 Hydrometriske stasjoner.....	8
3.1 Hydrometriske stasjoner i Sokndalsvassdraget	8
3.2 Hydrometriske stasjoner utenfor Sokndalsvassdraget	9
3.3 Karakteristiske vannføringsverdier	10
4 Flomanalyser	13
5 Beregning av endelige flomstørrelser	14
5.1 Døgnmiddelflommer	14
5.2 Kulminasjonsvannføringer	15
5.3 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer	18
6 Observerte flommer	18
6.1 Flommen i desember 2015 - ekstremværet «Synne»	19
7 Sammenligning av resultater.....	20
7.1 Sammenligning med tidligere beregninger.....	20
7.2 Sammenligning med nyere formelverk.....	21
8 Usikkerhet	23
Referanser	24
Vedlegg 1 – Feltkarakteristika for Sokndalsvassdraget	25
Vedlegg 2 – Kart vannføringsstasjoner	29
Vedlegg 3 – Flomfrekvensanalyser og fordelingsfunksjoner	30
Vedlegg 4 – Regionale flomformler	32

Forord

Flomsonekart er et viktig hjelpemiddel for arealdisponering langs vassdrag og for beredskapsplanlegging. NVE arbeider med å lage flomsonekart for flomutsatte elvestrekninger i Norge. Som et ledd i utarbeidelse av slike kart må flomvannføringer beregnes. Grunnlaget for flomberegninger er NVEs omfattende database over observerte vannstander og vannføringer, og NVEs hydrologiske analyseprogrammer, for eksempel det som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten er en revisjon av rapport «Revidert flomberegning for Sokna», NVE rapport 2017-60. I etterkant av rapport 2017-60 er det fremkommet data fra en hydrologisk stasjon, 26.92 Sokndalselva, som lå i Hauge sentrum i perioden 2005-2009. Sokndalselva indikerer lavere flomverdier gjennom Hauge sentrum enn det som er antatt ut fra data fra andre stasjoner i området. Flomverdiene i denne rapporten er derfor justert ned slik at de overensstemmer med data fra Sokndalselva. Rapporten er utarbeidet av Seija Stenius og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, mai 2019



Morten Johnsrud
avdelingsdirektør



Elise Trondsen
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen for nedre del av Sokna baseres primært på vannføringsanalyser fra målestasjon 26.92 Sokndalselva, men resultater fra målestasjonene Refsvatn, Litle Rosseland, Helleland og Gjerdakleiv samt regionale flomformler, er også blitt vurdert. Resultater for Litlå er primært basert på målestasjon 26.29 Refsvatn, men her er også resultater fra andre stasjoner og formelverk vurdert.

Det er beregnet kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentakintervall på flommer ved tre punkter i nedre del av Sokna. Resultatet av beregningene ble:

Resulterende flomverdier for Sokna, kulminasjonsverdier.

Sted	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 ₅₀₀ m ³ /s	Q ₁₀₀₀ m ³ /s
Litlå	49	58	73	78	92	102	112	122	131
Sokna (os. Litlå)	96	116	145	154	183	202	222	241	260
Sokna (ns. Litlå)	123	148	185	197	234	259	284	308	333

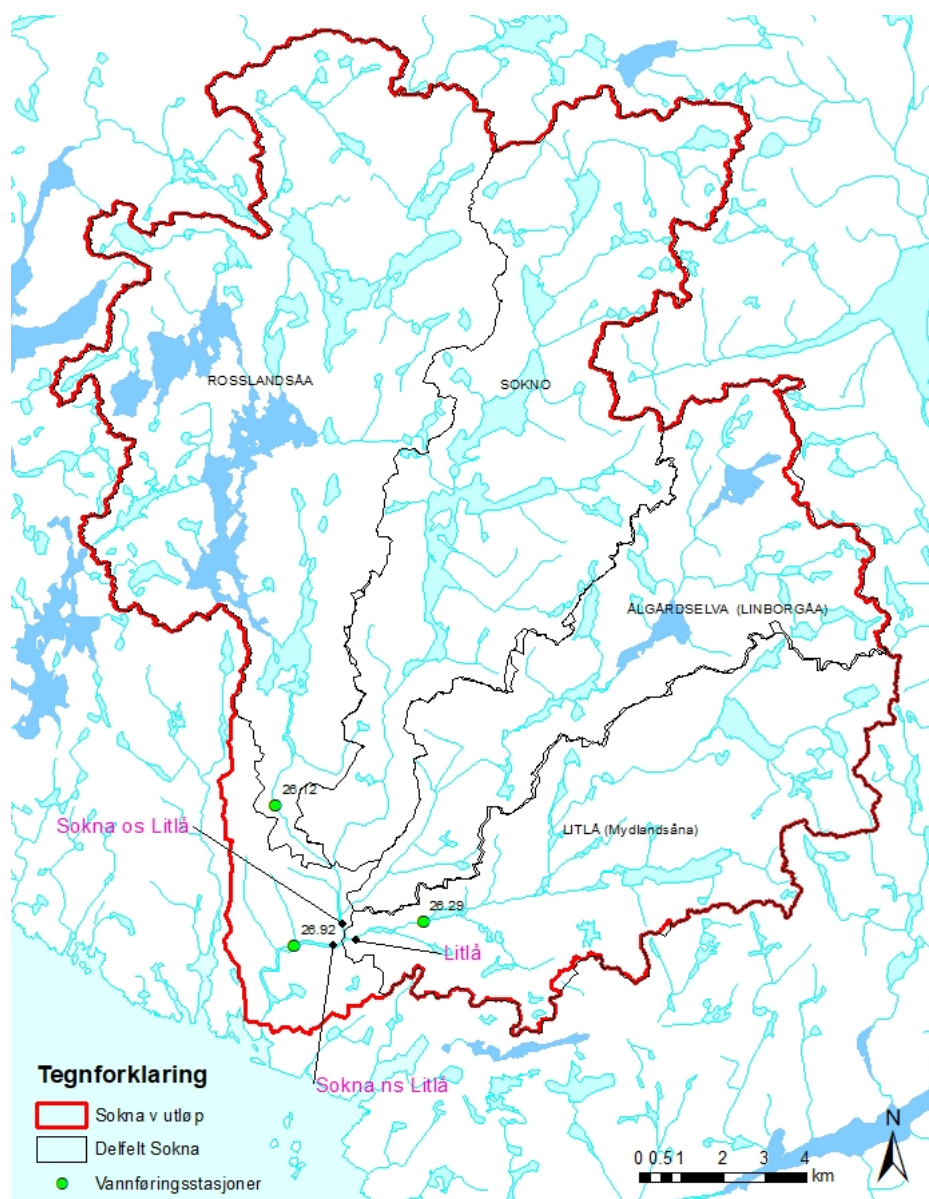
Flomverdier for Sokna vassdraget, kulminasjonsvannføringer, med 20 % klimapåslag.

Sted	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 ₅₀₀ m ³ /s	Q ₁₀₀₀ m ³ /s
Litlå	58	70	88	93	111	123	134	146	158
Sokna (os. Litlå)	116	139	174	185	220	243	266	289	312
Sokna (ns. Litlå)	148	178	222	237	281	311	341	370	400

1 Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart ble konstruert for nedre del av Sokna, fra utløpet i sjøen, gjennom Hauge sentrum, opp til Måhølen i Litlå og opp til samløpet med Ålgårdselva, se figur 1, dokumentert i rapport Flomberegning for Sokna (Drageset, 1999). Som grunnlag for flomsonekartet ble midlere flom og flommer med gjentaksintervall 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnet. Det ble beregnet flomstørrelser for tre punkter langs nedre del av Sokndalsvassdraget: Litlå (oppstrøms samløpet med Sokna) og Sokna oppstrøms og nedstrøms samløpet med Litlå (se figur 1).

I denne rapporten er flomberegningene oppdatert ut fra nyere observerte data og i tillegg er flom med 5- og 1000-års gjentaksintervall beregnet. Et ev. klimapåslag blir også vurdert.



Figur 1. Kart over nedbørfeltet til Sokndalsvassdraget og de fire delfeltene. De tre beregningspunktene, Litlå, Sokna oppstrøms Litlå og Sokna nedstrøms Litlå er markert med sorte punkter. Strekingen som er flomsonekartlagt går fra utløp sjøen til litt oppstrøms samløpet mellom Sokna og Litlå.

2 Beskrivelse av vassdraget

Sokndalsvassdraget er et lavtliggende vassdrag på Sør-Vestlandet med høyeste punkt på omkring 650 m o.h. I overkant av 80 % av vassdraget ligger under 400 m o.h. Vassdraget har sitt utløp i Nordsjøen og er lokalisert mellom Egersund og Flekkefjord. Det består av fire delvassdrag (figur 1):

1. Rosslandsvassdraget (Rosslandsåa) er det vestligste av de fire delvassdragene, med de større innsjøene Barstadvatnet, Eiavatnet, Heigravatnet og Grøsfjellvatnet. Rosslandsåa er regulert.
2. Sokna med de større innsjøene Steinsvatnet og Eidsvatnet.
3. Ålgårdselvvassdraget (Ålgårdselva) med innsjøene Myssavatnet, Orrestadvatnet og Linborgvatnet.
4. Litlåvassdraget (Litlå) er det sørøstligste av de fire delvassdragene, med de største innsjøene Guddalsvatnet og Mydlandsvatnet.

Rosslandsåna er regulert og renner inn i Sokna fra vest ca. 1 km oppstrøms tilløpet fra Ålgårdselva fra øst.

Litlå renner inn i Sokna fra øst ved Hauge sentrum ca. 500 m nedstrøms tilløpet fra Ålgårdselva. Fra dette samløpet renner elvene samlet gjennom Hauge sentrum. Nedstrøms Hauge sentrum går elva gjennom et trangt parti rett oppstrøms utløpet i havet. Ved store vannføringer i Sokna er dette partiet årsak til oppstuving av vann innover store flater med jordbruksarealer og bebyggelse. Rosslandsvassdraget (107 km²) er regulert, ellers er vassdraget uregulert.

Sokndalsvassdragets nedbørfelt er 306 km². Høydefordelingen er ganske lik i de fire ulike delvassdragene. Feltene består av mye bart fjell og har stor effektiv sjøprosent, se tabell 1.

Årlig middelavrenning i vassdraget er omkring 55 l/s·km², men den varierer fra under 40 l/s·km² i de sørlige delene til og opp mot 80 l/s·km² i nordøst. Årlig middelavrenning er noe lavere i Rosslandsvassdraget sammenlignet med de andre vassdragene (se tabell 1).

Tabell 1. Feltkarakteristika for de fire ulike delvassdragene og de punktene det skal beregnes flomvannføringer for i Sokndalsvassdraget.

Sted	Areal, A km ²	Q _N (61-90) ¹ l/s·km ²	Eff. sjø, A _{SE} %	Høyde- intervall moh.	Feltlengde, L _F km	Snaufjell, S _F km
Rosslandsåa	107	53	6.2	19-215-568	19.9	46
Sokna (os Rosslandsåa)	77	57	4.8	16-309-650	20.5	37
Ålgårdselv	51	58	2.4	18-310-624	16.5	43
Litlå ²	58	57	1.6	6-285-544	14.9	57
Sokna (os Litlå) ²	236	55	1.9	9-263-650	22.0	42
Sokna (ns Litlå) ²	294	56	1.3	6-269-650	22.1	45
Sokndalsvassdraget (v utløp)	306	55	1.2	3-260-650	24.7	44

¹ Q_N betegner årsmiddelavrenningen i perioden 1961-90 beregnet fra NVEs avrenningskart.

² Sted langs vassdraget som det skal beregnes flomverdier for

Vannføringen er størst og varierer mest i vinterhalvåret. Om sommeren er vannføringen liten.

Alle feltparameterer er beregnet ved hjelp av NVEs kartapplikasjonen NEVINA (<http://nevina.nve.no>), se også vedlegg 1 for flere feltparameterer.

3 Hydrometriske stasjoner

3.1 Hydrometriske stasjoner i Sokndalsvassdraget

Det er en aktiv målestasjon i Sokndalsvassdraget og to nedlagte. Dette er 26.29 Refsvatn i Litlåvassdraget, fremdeles aktiv, 26.12 Litle Rosseland som lå i Rosslandsåna og 26.92 Sokndalselva som lå i Hauge sentrum. Sokndalselva var en prosjektstasjon som ble driftet en kort periode fra 2005-2009. Feltkarakteristika er vist i tabell 2 og plassering i kart i vedlegg 2.

26.29 Refsvatn er ikke regulert. Stasjonen ligger langt ned i Litlåvassdraget. Nedbørfeltet er 53 km². Stasjonen har data siden 1978. Vannføringskurven er oppdelt i to kurveperioder, 1978-1983 og 1983-dd. Kurven for perioden 1983-dd ble revidert i 2014. Største vannføringsmåling i den første perioden er 13,0 m³/s og den seinere er 54,5 m³/s. Dette tilsvarer ca. 40 % respektive 170 % av middelflom. Kvaliteten av vannføringskurven på flom, perioden 1983-dd, er god men er ikke vurdert (i Hydra II) for den tidlige perioden. Men ut fra at den høyeste vannføringsmålingen for perioden 1978-1983 er kun 40 % av middelflom så vurderes kurven her som usikker på flom.

26.12 Litle Rosseland var regulert og lå langt ned i Rosslandsåna, før samløpet med Sokna. Reguleringsprosenten er 10 %. Nedbørfeltet er 105 km². Stasjonen har data i perioden 1936-2003. Vannføringskurven er oppdelt i to kurveperioder, 1936-1962 og 1963-2003. Kvaliteten på vannføringskurven på flom er usikker, bl.a. fordi største vannføringsmåling er kun 13,2 m³/s i den første kurveperioden og 19,5 m³/s i den seinere kurveperioden. Dette tilsvarer ca. 60 % respektive 90 % av middelflom.

26.92 Sokndalselva lå i Hauge sentrum, der Årstadveien krysset Sokndalsvassdraget. Nedbørfeltet er 295 km². Stasjonen har data i perioden 2005-2009, men kun gyldig vannføringskurve fra 2007-2009. Stasjonen var en prosjektstasjon som var eid og ble driftet av Dalane Kraft AS. Det er utført fem vannføringsmålinger i perioden 2007-2009 med god spredning. Kvaliteten på vannføringsmålingene, vannføringskurven og vannstandsobservasjonene er usikker. Tidsseriene er heller ikke kontrollert av NVE/HH slik som er vanlig for permanente stasjoner.

Sokndal kommune, Teknisk etat, har et kontinuerlig vannuttak fra Guddalsvatn som brukes til drikkevannsforsyning og føres i rør til Hauge sentrum. Vannuttaket er ikke stort, ca. 830 000 m³/år (0,026 m³/s), sammenlignet med vannføringen ved Refsvatn. Vannmengdene som tas ut er avhengig av drikkevannsforbruket, men varierer lite fra døgn til døgn og fra år til år.

Det finnes ingen målestasjoner i Ålgårdselvassdraget og i Sokna oppstrøms samløpet med Rosslandsåna. Disse umålte feltene har til sammen et feltareal på 128 km² og utgjør 42 % av Sokndalsvassdraget. For å få en antydning om forskjellen i vannføring mellom Litlåvassdraget og Ålgårdsvassdraget, er det gjort en vannføringsmåling i

Ålgårdsvassdraget den 06.05.1999 (v/ områdeing. Leiv Gunnar Ruud), ca 900 m ovenfor samløpet med Sokna, samtidig med en vannstandsavlesning ved Refsvatn i Litlå.

Vannføringen i Ålgårdselva ble målt til 0,502 m³/s den 06.05. kl. 16.35. Til sammenligning ble vannstanden i Refsvatn avlest til 0,31 m samme dag ca kl. 16.00.

Dette tilsvarer en vannføring på 0,401 m³/s. Dette viser at vannføringen ved Ålgårdselva på dette tidspunktet var 25 % større enn vannføringen ved Refsvatn i Litlåvassdraget på samme tidspunkt.

Det legges ikke stor vekt på disse målingene i flomberegningssammenheng, da målingene er utført på lav vannføring.

Tabell 2. Feltkarakteristika for aktuelle stasjoner i Sokndalsvassdraget og i nabovassdrag.

Stasjon	Måle- periode	Felt- areal (km ²)	Q _N (61-90) ¹ (l/s·km ²)	Q _{obs} ² (l/s·km ²)	Eff. sjø (%)	Høyde-int. moh.	Felt- lengde km
26.29 Refsvatn	1978-dd	53	58	71	1,8	35-297-545	13
26.12 Litle Rosseland	1936-2003	105	53	53	6,3	118-216-568	19
26.92 Sokndalselva	(2005)2007 -2009	295	55	75	1,3	6-269-650	30
27.24 Helleland	1896-dd	185	80	74	1,2	86-489-904	27
27.25 Gjedlackleiv	1897-dd	635	79	81	1,5	49-527-1011	49

¹Q_N betegner årsmiddelavrenningen i perioden 1961-90 beregnet fra NVEs avrenningskart.

²Q_{obs} betegner middelavrenningen beregnet for periode med tilgjengelige observasjoner.

For både 26.12 Refsvatn og 26.92 Sokndalselva er den observerte årsmiddelavrenningen en god del høyere sammenlignet med midlere spesifikt årsavløp (1961-1990).

3.2 Hydrometriske stasjoner utenfor Sokndalsvassdraget

I den videre analysen benyttes også målestasjoner fra nærliggende vassdrag. Disse er 27.24 Helleland og 27.25 Gjedlackleiv. Feltkarakteristika er vist i tabell 2.

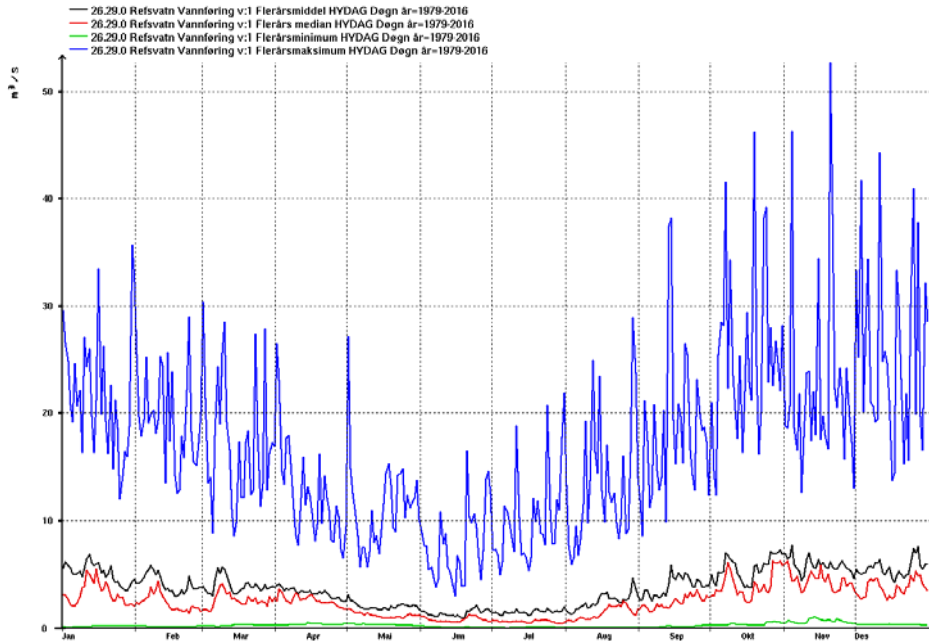
27.24 Helleland ligger i Hellelandselv vest for Sokndalsvassdraget, og er regulert siden 1925. Nedbørfeltet er 185 km². Stasjonen har data siden 1896. Største vannføringsmåling er 207 m³/s. Dette tilsvarer ca. 184 % av middelflom. Stasjonen har flere kurveperioder, den seineste (1977-dd) er vurdert som bra kvalitet på flomvannføringer og ble revidert i 2010. Årsmiddelvannføringen (1961-90) er 80 l/s·km².

27.25 Gjedlackleiv ligger i Bjerkreimselv vest for Sokndalsvassdraget. Stasjonen har data siden 1897, men ble regulert i 1930. Nedbørfeltet er 635 km². Største vannføringsmåling er 467 m³/s. Dette tilsvarer ca. 170 % av middelflom. Stasjonen har flere kurveperioder, den seineste (1980-dd) er vurdert som meget bra kvalitet på flomvannføringer. og ble revidert i 2006. Årsmiddelvannføringen (1961-90) er 79 l/s·km². Ved flommen i desember 2015 ble det observert at brua på E39 stuer opp vannstanden i vassdraget (Holmqvist, 2016). Dette betyr at den «observerte» flommen registrert ved stasjonen i 2015 er noe overestimert.

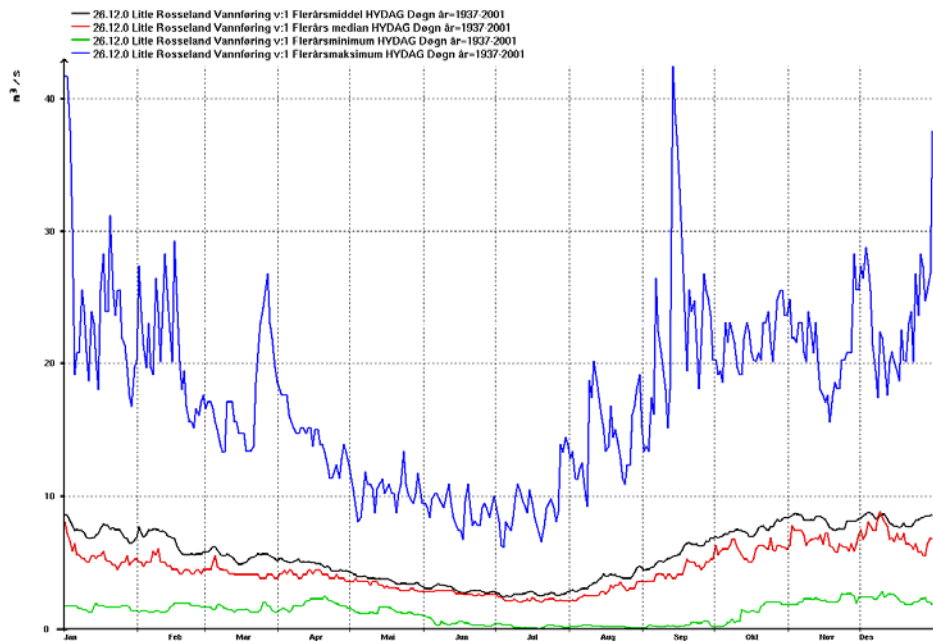
Ved store vannføringer har reguleringen i disse vassdragene liten innvirkning på flomvannføringen og flomforløpet.

3.3 Karakteristiske vannføringsverdier

Figur 2-3 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året (flerårsstatistikk) fra målestasjonene i Sokndalsvassdraget (Refsvatn og Litle Rosseland). Øverste kurve (blå) viser største observerte vannføring og nederste kurve (grønn) viser minste observerte vannføring. Den røde kurven viser medianverdier, dvs. det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne, og den sorte kurven viser flerårsmiddelverdier.



Figur 2. Flerårsstatistikk fra 26.29 Refsvatn.

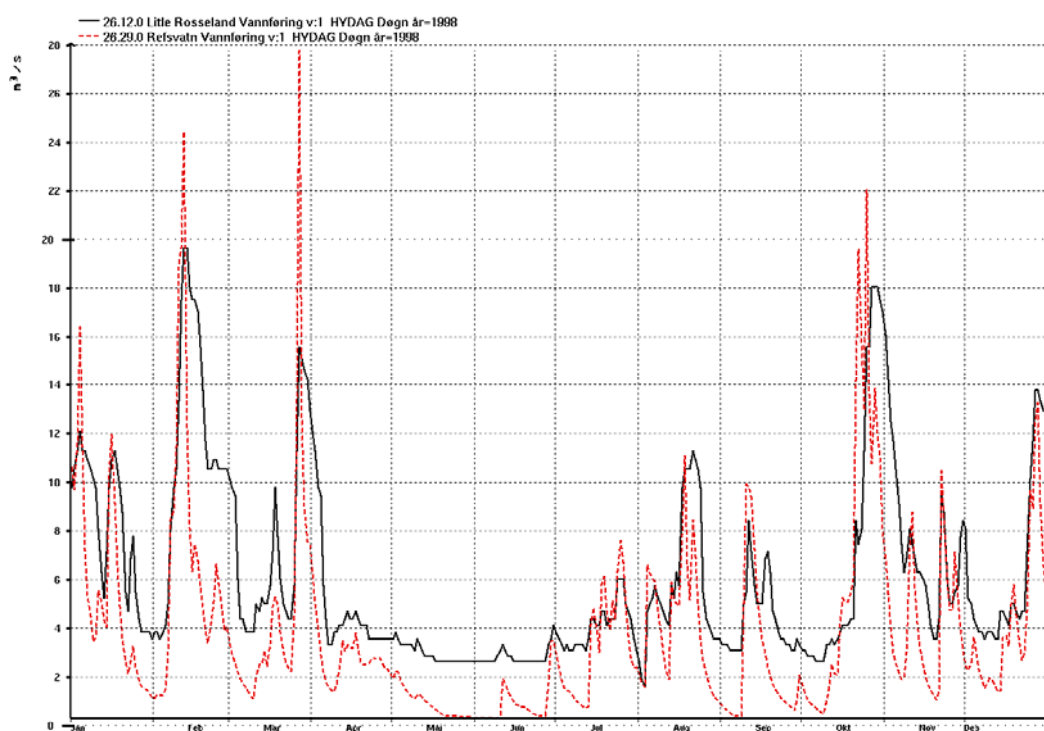


Figur 3. Flerårsstatistikk fra 26.12 Litle Rosseland.

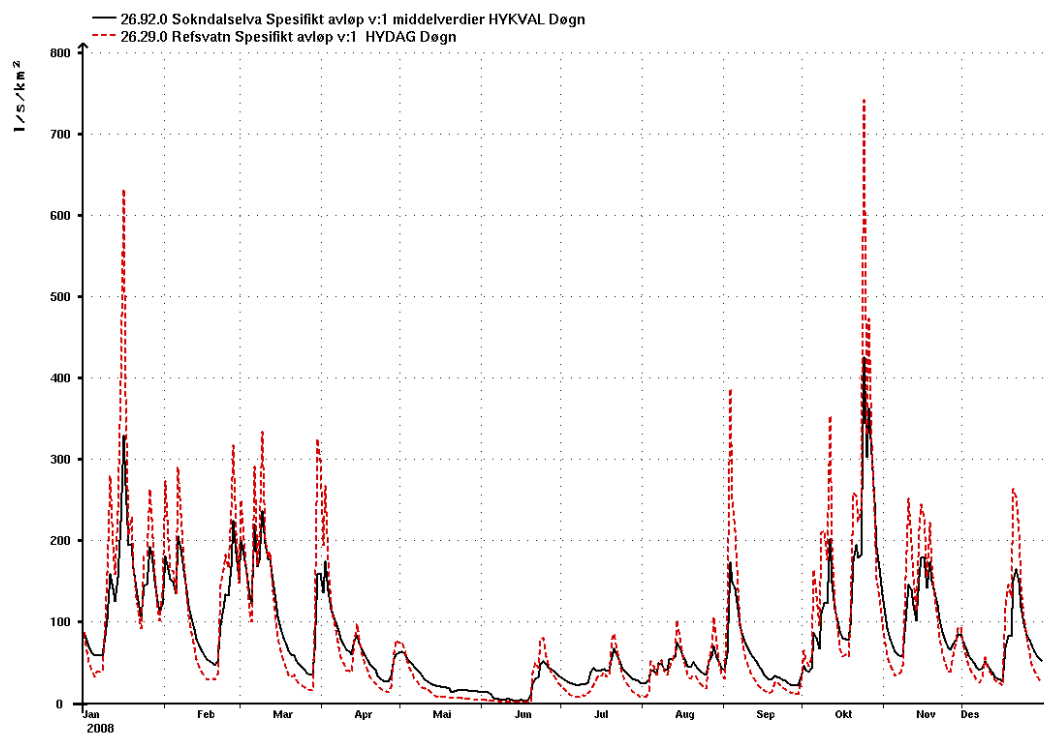
Figur 4, viser hvordan vannføringen kan variere i et enkelt år (1998). 1998 var et år med omtrent normal vannføring både ved Litle Rosseland og Refsvatn.

Figur 5 viser spesifikk vannføring i 2007 ved målestasjonene Refsvatn og Sokndalselva. Flomtoppene og perioder med lavere vannføringer følger hverandre bra, men Refsvatn er et mye raskere felt. De spesifikke flomverdiene ved Refsvatn er mye høyere sammenlignet med Sokndalselva og i perioder med lav vannføring blir den spesifikke vannføringen ved Refsvatn lavere sammenlignet med Sokndalselva.

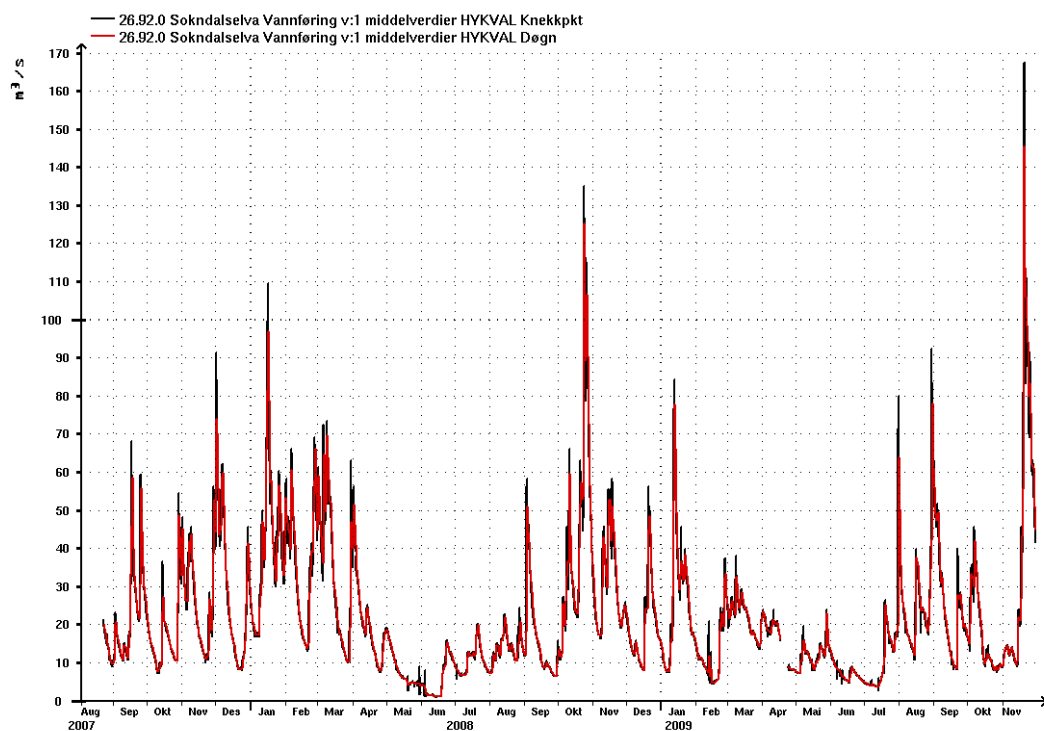
Figur 6 viser vannføringen ved 26.92 Sokndalselva i perioden med gyldig vannføringskurve.



Figur 4 Vannføringen ved Refsvatn og Litle Rosseland i 1998.



Figur 5. Spesifikk vannføring ved Refsvatn og Sokndalselva i 2008.



Tid

Figur 6. Vannføringen ved 26.92 Sokndalselva i perioden med gyldig vannføringskurve.

4 Flomanalyser

De fleste store flommer ved de nevnte hydrometriske stasjonene i Sokndalsvassdraget opptrer i august - februar og er primært forårsaket av nedbør. Reguleringen i Rosselandsvassdraget har relativt liten innvirkning på flombildet nederst i hovedelven.

Det er utført en flomfrekvensanalyse på årsflommer for målestasjonene i tabell 2, med unntak for Sokndalselva der kun middelflom er beregnet grunnet den korte tidsserien. I tillegg er det utført en flomfrekvensanalyse på kulminasjonsverdier for målestasjon 26.29 Refsvatn. Resultatene, midlere flom (Q_M) og flommer med forskjellig gjentakintervall (Q_T) er vist i tabell 3 og 4. Det er valgt å bruke fordelingsfunksjon Gumbel (Bayesiansk) for alle stasjonene, se også vedlegg 3.

I tabell 4 er resultatet vist med midlere flom i spesifikke og absolutte verdier og flommer med forskjellig gjentakintervall som en faktor i forhold til midlere flom. Det er store forskjeller i spesifikk midlere flom for de fem stasjonene. Spesifikke flomverdier er normalt adskillig lavere i store nedbørfelt enn i små felt. I dette tilfellet er spesifikk middelflom minst for Litle Rosseland som er det nest minste nedbørfeltet. Dette skyldes stor flomdempning i vassdraget, grunnet høy effektiv sjøprosent (ca. 6 %), men flommene vil trolig også dempes noe på grunn av reguleringen i vassdraget. Gjerdakleiv og Helleland er også regulerte vassdrag, men her er den effektive sjøprosenten lavere (1,6 % resp. 2,4 %) og flomdempningen blir dermed mindre. Den store forskjellen i spesifikk middelflom mellom Helleland og Gjerdakleiv skyldes den store feltarealforskjellen. Refsvatn er uregulert med et relativt lite nedbørfelt og har dermed liten flomdempning selv, om den effektive sjøprosenten er forholdsvis høy.

Tabell 3. Middelflom og flommer med ulike gjentakintervall (flomfrekvensanalyse på årsflommer), døgnerverdier.

Stasjon	Antall år	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
26.29 Refsvatn	40	609	32	38	44	49	56	61	66	72	78
26.12 Litle Rosseland	65	207	22	26	30	34	38	42	45	50	53
26.92 Sokndalselva	3	389	115								
Sokndalselva just. ²		328	97								
27.24 Helleland	120	609	113	140	163	185	214	235	257	286	307
27.25 Gjerdakleiv	120	434	276	336	383	430	488	536	580	640	684
26.29 Refsvatn, KULM ¹	40	804	43	52	59	67	77	84	92	102	109

1) Kulminasjonsverdier ved 26.29 Refsvatn.

2) Sokndalselva justert er i forhold til middelflom, døgnerverdier, ved Refsvatn for hele tidsperioden og middelflom ved Refsvatn for 2007-2009.

For de tre analysepunktene i nedre del av Sokndalsvassdraget er midlere flom også estimert ved bruk av de regionale flomformlene (Sælthun mfl., 1997). Sokndalsvassdraget

er dominert av høst og vinterflommer (årsflommer) og tilhører dermed region K1. De regionale flomformlene er presentert i vedlegg 4. Feltparameterne som er benyttet som inngangsdata er presentert i tabell 2 og vedlegg 1.

Tabell 4. Middelflom og vekstkurver fra flomfrekvensanalyser på årsflommer (døgnverdier), regionale formelverk K1 (Sælthun mfl., 1997) og et nytt formelverk RFFA-2018 (Engeland mfl., ikke utgitt enda).

Stasjon	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	Q ₅₀₀ / Q _M	Q ₁₀₀₀ / Q _M
		l/s·km ²	m ³ /s								
26.29 Refsvatn	38	604	32	1,2	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4
26.12 Little Rosseland	65	207	22	1,2	1,4	1,5	1,8	1,9	2,1	2,3	2,4
26.92 Sokndalselva	3	389	115								
Sokndalselva just. ¹		328	97								
27.24 Helleland	120	609	113	1,2	1,5	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7
27.25 Gjerdakleiv	120	434	276	1,2	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5
Litlå, 1997 ²		417	24	1,2	1,5	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0
Sokna (os Litlå), 1997 ²		362	85	1,2	1,5	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0
Sokna (ns Litlå), 1997 ²		378	111	1,2	1,5	1,6	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0
Litlå, 2018 ³		432	25	1,2	1,4	1,5	1,8	2,0	2,1	2,4	2,6
Sokna (os Litlå), 2018 ³		401	95	1,2	1,4	1,5	1,8	2,0	2,1	2,4	2,6
Sokna (ns Litlå), 2018 ³		415	122	1,2	1,4	1,5	1,8	2,0	2,1	2,4	2,6

1) justert er i forhold til Q_M ved Refsvatn, hele tidsperioden, og Q_M ved Refsvatn for 2007-2009.

2) Region K1 (Sælthun mfl., 1997)

3) Nytt formelverk, RFFA-2018, (Engeland mfl., ikke utgitt enda)

5 Beregning av endelige flomstørrelser

5.1 Døgnmiddelflommer

Midlere flom og flommer med gjentakintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år beregnes for tre punkter på elvestrekningen angitt i kapitel 1. Litlå rett oppstrøms samløpet med Sokna og Sokna rett oppstrøms og rett nedstrøms samløpet med Litlå.

Ut fra observasjoner i vassdraget og i nærliggende vassdrag (kap. 4, tabell 4) varierer den spesifikke middelflomverdien fra rundt 200-600 l/s·km². Ved bruk av regionale flomformelen K1 (Sælthun mfl., 1997) varierer den spesifikke middelflomverdien i nedre del av Sokndalsvassdraget fra 360 til 420 l/s·km² (tabell 4). Ved bruk av nytt formelverk,

RFFA-2018 (Engeland mfl., ikke utgitt enda), varierer den spesifikke middelflomverdien i nedre del av Sokndalsvassdraget fra 400 til 430 l/s·km² (tabell 4).

For å få en følelse av hvor godt/dårlig den regionale flomformelen K1 stemmer med observerte verdier er den også brukt til å estimere midlere flomverdier for målestasjonene brukt i rapporten. Formelverket overestimerer flommen ved Litle Rosseland med ca 30 % meden formelverket for de andre stasjonene underestimerer middelflommen med mellom 10-25 %. Det minste avviket her finner vi ved Refsvatn som er den eneste av målestasjonene som har et helt uregulert felt.

Det vurderes her som at middelflommen ved Refsvatn er representativ for Litlå ved samløpet med Sokna. Den spesifikke middelflomverdien settes dermed til 600 l/s·km².

I Sokna ventes den spesifikke middelflommen være lavere oppstrøms samløpet med Litlå sammenlignet med nedstrøms samløpet med Litlå, så som også vist i tabell 4.

Ut fra den observerte måleserien ved målestasjon 26.92 Sokndalselva, i Hauge sentrum, finner vi at en spesifikk middelflom gjennom Hauge sentrum sannsynlig ligger et sted mellom 300 til 400 l/s·km² (se tabell 3 og 4).

Med tanke på at måleserien ved Sokndalselva er svært kort og at kvaliteten på vannstandsobservasjonene, vannføringsmålingene og vannføringskurven er usikker og at verdiene som fås fra formelverk er høyere så velges det her å oppjustere den justerte spesifikke middelflommen fra observasjonene noe. Den spesifikke middelflommen for Sokna, nedstrøms Litlå, velges dermed til 350 l/s·km². Ut fra formelverkene (tabell 4) er flomverdiene ved Sokna oppstrøms Litlå, kun 3-4 % lavere sammenlignet med flomverdiene nedstrøms Litlå. For Sokna oppstrøms Litlå settes den spesifikke middelflommen dermed til 340 l/s·km².

Som frekvenskurve velges frekvenskurven fra 27.24 Helleland som har en lang tidsserie (120 år) og stemmer relativt godt med vekskurven for region K1 (Sælthun mfl., 1997) og vekstkurven fra RFFA-2018 (Engeland mfl., ikke utgitt enda), se tabell 4.

Tabell 5. Resulterende flomverdier for nedre del av Sokndalsvassdraget, døgnmiddelflommer.

	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Litlå	58	600	35	42	52	56	66	73	80	87	94
Sokna (os Litlå)	236	340	80	96	121	129	153	169	185	201	217
Sokna (ns Litlå)	294	350	103	123	154	165	195	216	237	257	278
Vekskurve, Q _M /Q _T				1,2	1,5	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7

5.2 Kulminasjonsvannføringer

Kulminasjonsvannføringen kan være adskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Forholdet mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddelvannføring ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$) anslås fortrinnsvis ved å analysere de største

observerte flommene i vassdraget og/eller med utgangspunkt i nærliggende og lignende målestasjoner i området og beregnede forholdstall fra eksisterende formelverk (Sælthun mfl., 1997 og Engeland m.fl., ikke utgitt enda).

For målestasjonene 26.92 Sokndalselva og 26.29 Refsvatn er slike forholdstall beregnet ved hjelp av data med fin tidsoppløsning. Døgnmiddel og kulminasjonsvannføring for de tre største flommene for Sokndalselva og Refsvatn er vist i tabell 6 og 7.

For enkelthendelsene varierer forholdstallet mellom kulminasjonsverdien og døgnmidlet fra 1,08 til 1,23, med et gjennomsnitt på 1,16 ved Sokndalselva. Det er også beregnet forholdstallet mellom middelflom på døgn- og kulminasjonsverdi for den samme tidsperioden (2007-2009), se tabell 6.

Ved Refsvatn varierer forholdstallet for enkelthendelsene fra 1,16 til 1,71, med et gjennomsnitt på 1,43. Det er også beregnet forholdstallet mellom middelflom på døgn- og kulminasjonsverdi (1979-2016), se tabell 7.

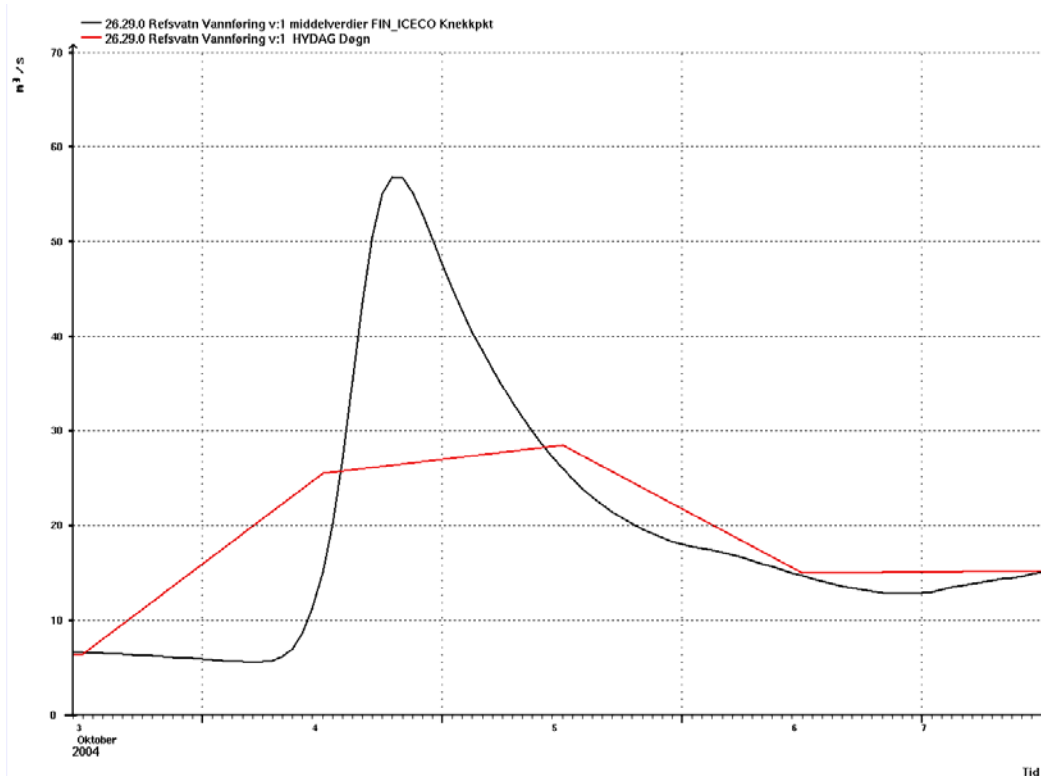
Tabell 6. Kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer ved 26.92 Sokndalselva i perioden 2007-2009. I tillegg er forholdstallet mellom observert middelflom, kulminasjon- og døgnoppløsning, beregnet.

Dato	Kulminasjon m ³ /s	Døgnmiddel m ³ /s	Q _{mom} /Q _{mid}
20.11.2009	167,4	145,3	1,15
24.10.2008	135,0	125,1	1,08
01.12.2007	91,3	73,9	1,23
		Snitt	1,16
Middelflom, obs.	131	115	1.14

Tabell 7. Kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer ved 26.29 Refsvatn. De 3 største årlige flommene i analyseperioden (1979-2016). I tillegg er forholdstallet mellom observert middelflom, kulminasjon- og døgnoppløsning, beregnet.

Dato	Kulminasjon m ³ /s	Døgnmiddel m ³ /s	Q _{mom} /Q _{mid}
07.10.2010	71.2	41.6	1.71
11.12.2006	62.6	44.3	1.41
20.11.2009	60.9	52.7	1.16
		Snitt	1,43
Middelflom, obs.	42.6	32.0	1.33

Figur 7 illustrerer at døgnmiddelet, som er knyttet til kalenderdøgn, kan være svært forskjellig fra høyeste 24-timers middel. Flommen i 2004 kulminerte natten mellom 4 og 5 oktober. Beregnet døgnmiddel for 5 oktober er 28,6 m³/s, mens høyeste 24-timers verdi er 40,4 m³/s. Dette gir et forholdstall for døgnmiddel på 1,98, mens forholdstallet ved bruk av 24 timers middel blir kun 1,41.



Figur 7. Vannføring i Litlå ved 26.29 Refsvatn 4 – 5 oktober 2004. Sort strek viser timesverdier og rød strek døgnmidler. Flommen kulminerte med 56,8 m³/s, mens høyeste døgnmiddel er 28,6 m³/s og høyeste 24-timers verdi er 40,4 m³/s.

I Sælthun mfl. (1997) er det utarbeidet ligninger som uttrykker en sammenheng mellom forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ og feltkarakteristika (feltareal og effektiv sjøprosent) for vår- og høstsesong. Formlene for vår- og høstflom er:

$$\text{Vårflom: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 1,72 - 0,17 \cdot \log A - 0,125 \cdot A_{\text{SE}}^{0,5}$$

$$\text{Høstflom: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 2,29 - 0,29 \cdot \log A - 0,270 \cdot A_{\text{SE}}^{0,5}$$

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent.

For Litlå gir formelen et forholdstall på 1,26 for vårflom og 1,44 for høstflom. For Sokndalsvassdraget gir formelen et forholdstall på 1,14 for vårflom og 1,23 for høstflom oppstrøms Litlå og 1,16 respektive 1,27 for vårflom og høstflom nedstrøms Litlå.

Det er også utarbeidet et nytt formelverk for å estimere $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ verdien (Engeland m.fl., ikke utgitt enda). Dette formelverket er innarbeidet i en testversjon av NEVINA og gir et noe lavere forholdstall: 1,19 for Litlå, 1,10 for Sokna oppstrøms Litlå og 1,12 for Sokna nedstrøms Litlå.

For Litlå og Sokna nedstrøms Litlå velges gjennomsnittsverdiene fra de observerte flommene fra Refsvatn og Sokndalselva (tabell 6 og 7). Forholdstallet mellom døgn og kulminasjonsverdier settes dermed til 1,4 for Litlå og 1,2 for Sokna nedstrøms Litlå. For Sokna oppstrøms Litlå velges det samme forholdstallet som for Sokna nedstrøms Litlå, 1,2.

De resulterende kulminasjonsvannføringerne og de valgte $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ verdiene er gitt i tabell 8.

Tabell 8. Resulterende flomverdier for Soknavassdraget, kulminasjonsverdier.

Sted	$Q_{\text{mom}}/$ Q_{mid}	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
		$l/s \cdot km^2$	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s	m^3/s
Litlå	1,4	840	49	58	73	78	92	102	112	122	131
Sokna (os. Litlå)	1,2	408	96	116	145	154	183	202	222	241	260
Sokna (ns. Litlå)	1,2	420	123	148	185	197	234	259	284	308	333

5.3 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer

I NVEs rapport 81-2016 «Klimaendring og framtidige flommer i Norge» (Lawrence, 2016) er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til ventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentakintervall. I avsnitt 6.5 i nevnte rapport, anbefales 20 % økning for alle større felt og minimum 20 % økning for felt under $100 km^2$. Det er også utarbeidet et internt notat av Deborah Lawrence, datert 15.12.2015 (Lawrence, 2015) som anbefaler klimapåslag for flomsonekart. Ifølge Lawrence anbefales det en økning med 20 % for alle felt i Rogaland. Følgelig er det blitt utført en beregning med 20 % økning på alle flomverdiene, kulminasjonsvannføringer. Resultatene er presentert i tabell 9.

Tabell 9. Flomverdier for Soknavassdraget, kulminasjonsvannføringer, med 20 % klimapåslag.

Sted	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_{500} m^3/s	Q_{1000} m^3/s
Litlå	58	70	88	93	111	123	134	146	158
Sokna (os. Litlå)	116	139	174	185	220	243	266	289	312
Sokna (ns. Litlå)	148	178	222	237	281	311	341	370	400

6 Observerte flommer

De fem største flommene (døgnmidler) som er registrert ved målestasjonene 26.12 Litle Rosseland og 26.29 Refsvatn er gitt i tabell 10. For Refsvatn er også de fem største kulminasjonsvannføringerne gitt, se tabell 10. I tillegg er de tre største flommene ved 26.92 Sokndalselva, døgn og kulminasjonsverdier, presentert.

Vannføringen ved Litle Rosseland ble tidligere registrert en gang pr døgn. Slike daglige vannstandsavlesninger betraktes å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det reelle døgnmiddelet. Ved de nyere målingene, er registrerende utstyr tatt i bruk, slik at her er det reelle døgnmidler som er oppgitt.

Den største kulminerende vannføringen som er registrert ved målestasjon Refsvatn (Litlåvassdraget) er på 71 m³/s, den 7 oktober 2010. Dette gir et gjentaksintervall på 20 år for denne flommen (se kap. 5), mens de to flommene i 2006 og 2009 på drøyt 60 m³/s får gjentaksintervall på mellom 5 og 10 år.

Den største kulminerende vannføringen som er registrert ved målestasjon Sokndalselva (Hauge sentrum) er på 167 m³/s, den 20. november 2009. Dette gir et gjentaksintervall på mellom 5 og 10 år for denne flommen (se tabell 8).

De største registrerte døgnmiddelflommene er på 53 m³/s ved Refsvatn og 145 m³/s ved Sokndalselva den 20 november 2009. Dette tilsvarer gjentaksintervall på mellom 20 og 50 år ved Refsvatn og 5 og 10 år ved Sokndalselva.

Ved Litle Rosseland er det største døgnmidlet på 43 m³/s den 13. september 1967. En lokal analyse antyder at denne flommen hadde et gjentaksintervall på ca. 100 år. Dette er imidlertid ekstra usikkert, både fordi vassdraget er regulert og at en i 1967 kun registrerte vannføring en gang om dagen.

Tabell 10. De fem største flommene (døgnmidler) ved 26.12 Litle Rosseland og (døgnmidler og kulminasjonsverdier) ved 26. 29 Refsland samt vannføringer ved Refsvatn i desember 2015 «Synne». I tillegg er de tre høyeste observerte flommene ved Sokndalselva, døgn og kulminasjonsverdier, presentert.

26. 12 Litle Rosseland		26.29 Refsvatn				26.92 Sokndalselva			
Dato	Døgnmiddel (m ³ /s)	Dato	Døgnmiddel (m ³ /s)	Dato	Kulm. (m ³ /s)	Dato	Døgnmiddel (m ³ /s)	Dato	Kulm. (m ³ /s)
13/9-57	43	20/11-09	53	7/10/10	71	20/11/09	145	20/11/09	167
1/1-79	42	4/11-79	46	11/12/06	63	24/10/08	125	24/10/08	135
31/12-78	38	19/10-00	46	20/11/09	61	16/01/08	97	16/01/08	110
20/1-54	31	11/12-06	44	04/11/79	59				
31/12-51	30	3/12-92	42	15/11/05	57				
		6/12/15*	34	6/12/15*	42				

* Observerte vannføringer under flommen i desember 2015 «Synne».

6.1 Flommen i desember 2015 - ekstremværet «Synne»

I desember i 2015 ble det registrert høye flomvannføringer i mange vassdrag i Rogaland og Agder. Det er laget en rapport som sammenstiller de hydrologiske og metrologiske forholdene for denne hendelsen, «Flommen i Rogaland og Agder desember 2015» (Holmqvist, 2016).

Ved flommen i 2015 ble det ikke observert spesielt høye vannføringer ved målestasjon Refsvatn, sammenlignet med mange andre stasjoner i regionen. Gjentaksintervallet er estimert til mellom middelflom og 5-årsflom for døgnmiddelflommen og under middelflom for kulminasjonsflommen (tabell 3 og 4). Den observerte flommen ved Refsvatn i desember 2015 er den 18 største observerte kulminasjonsverdien og 14 største døgnmiddelverdien for observasjonsperioden.

For de to stasjonene i nabovassdragene, Bjerkreimselva og Hellelandselv, ble de observerte flomvannføringene forholdsvis mye større.

Ved 27.25 Gjedlakteiv i Bjerkreimselva er flommen i 2015 den største registrerte flommen i hele observasjonsperioden (120 år), til tross for at den er noe overestimert grunnet oppstuing fra E39 bruene. Den observerte døgnverdien fra 2015 ligger over 1000 års-flom ifølge tabell 3, men grunnet oppstuingen er dette sannsynlig et alt for høyt estimat.

Ved 27.24 Helleland i Hellelandselv er flommen i 2015 den nest største registrerte døgnmiddelflommen i hele observasjonsperioden (120 år), men kulminasjonsverdien er den største i perioden med findata (1986-dd). Den observerte døgnverdien fra 2015 ligger et sted mellom 50-100 års-flom (tabell 3).

I følge rapport 5-2016 (Holmqvist, 2015) så var det lite eller ingen snø i nedbørfeltet til Sokna under Synne, dermed ble det ikke noe bidrag av betydning fra snøsmelting. Det meste av nedbøren falt et stykke in fra kysten (Holmqvist, 2016) i Rogaland og Agder. Sokna ble dermed ikke like hardt rammet som vassdrag med drenering lenger in i landet og vassdrag der det også kom bidrag fra snøsmelting.

7 Sammenligning av resultater

7.1 Sammenligning med tidligere beregninger

Det er blitt utført en sammenligning av resultater, kulminasjonsverdier, fra 2017 (Stenius, 2017) og fra 1999 (Drageset, 1999) med resulterende verdier i denne rapporten (2019), se tabell 11–15.

Resultatene viser at flomverdiene for Sokndalsvassdraget er lavere for 2019 sammenlignet med 2017 (tabell 11). De prosentuelle avvikene varierer fra 75-101 %. Avviket er størst for Sokna nedstrøms Litlå.

Tabell 11. Sammenligning av resultater. Prosentuell endring fra 2017 til 2019, kulminasjonsverdier.

Stasjon	Q _M	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
Litlå	97 %	101 %	95 %	97 %	98 %	98 %	96 %
Sokna (os. Litlå)	83 %	86 %	81 %	83 %	83 %	84 %	82 %
Sokna (ns. Litlå)	77 %	80 %	75 %	77 %	78 %	78 %	76 %

Resultatene viser at flomverdiene for Sokndalsvassdraget er høyere for 2019 sammenlignet med 1999 (tabell 12). De prosentuelle avvikene varierer fra 117-145 %. Avviket er størst for Sokna oppstrøms Litlå og for de høye gjentakintervallene.

Tabell 12. Sammenligning av resultater. Prosentuell endring fra 1999 til 2019, kulminasjonsverdier.

Stasjon	Q _M	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
Litlå	119 %	126 %	120 %	125 %	126 %	129 %	127 %
Sokna (os. Litlå)	136 %	142 %	135 %	141 %	144 %	145 %	144 %
Sokna (ns. Litlå)	118 %	123 %	117 %	122 %	124 %	126 %	124 %

Avvikene mellom resultatene fra 2017 og 2019, skyldes fremst at data fra målestasjon 26.92 Sokndalselva ikke er brukt i 2017, men er blitt brukt og vektlagt i 2019.

Avvikene mellom resultater fra 1999 og 2019 skyldes til stor del valg av middelflom som i denne rapporten er høyere sammenlignet med 1999. Men det er også valgt en noe brattere vekskurve og litt andre $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ verdier.

At valgene/metoden som ble brukt i denne rapporten skiller seg så mye fra rapporten i 1999 kan også forklares ut fra en eller flere nedenstående faktorer:

- data fra 26.92 Sokndalselva i Hauge sentrum
- flere år med observerte data ved aktive stasjoner
- nye vannføringskurver
- nye formelverk (NIFS og RFFA-2018)

Tabell 13. Resulterende flomverdier for Sokna vassdraget, kulminasjonsverdier, denne rapporten (2019).

Felt	Q_M 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_{500} m ³ /s
Litlå	49	73	78	92	102	112	122
Sokna (os. Litlå)	96	145	154	183	202	222	241
Sokna (ns. Litlå)	123	185	197	234	259	284	308

Tabell 14. Resulterende flomverdier for Sokna vassdraget, kulminasjonsverdier, fra 2017 (Stenius).

Felt	Q_M 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_{500} m ³ /s
Litlå	50	72	82	95	104	114	127
Sokna (os. Litlå)	116	169	191	221	243	265	295
Sokna (ns. Litlå)	160	232	263	304	334	365	406

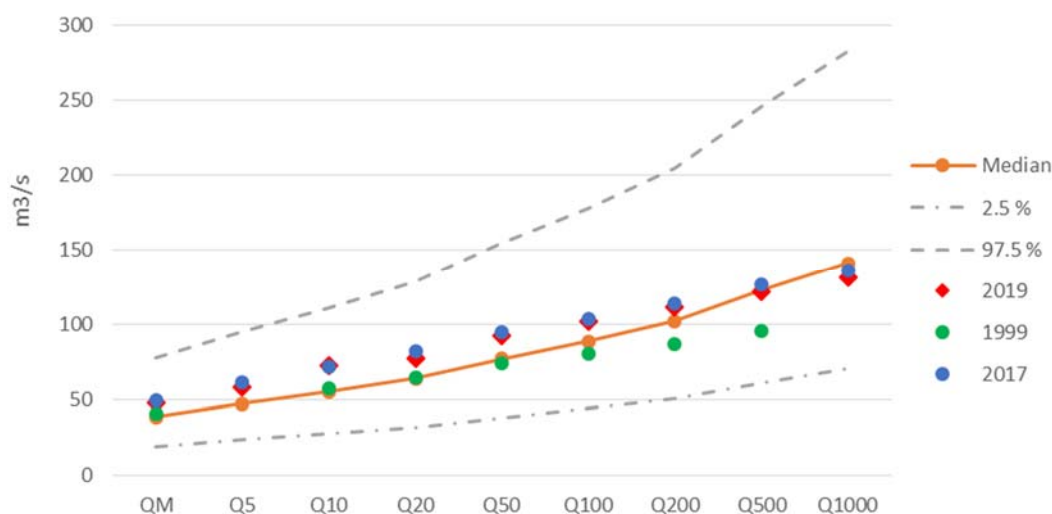
Tabell 15. Resulterende flomverdier for Sokna vassdraget, kulminasjonsverdier, fra 1999 (Drageset).

Felt	Q_M 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_{500} m ³ /s
Litlå	41	58	65	74	81	87	96
Sokna (os. Litlå)	71	102	114	130	141	153	167
Sokna (ns. Litlå)	105	151	169	192	209	226	248

7.2 Sammenligning med nyere formelverk

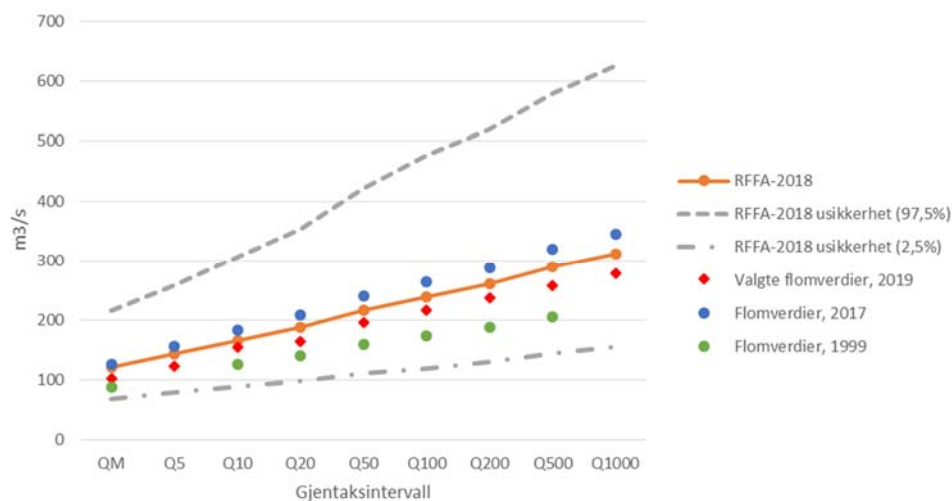
Det er også blitt brukt et formelverk som er utviklet til å estimere flommer direkte som kulminasjonsverdier for små felt, også kalt NIFS formelverk, (Glad mfl., 2015). NIFS formelverk er anbefalt brukt på felt mindre enn ca. 60 km² Resultatene for Litlå er vist i figur 8 sammen med de valgte kulminasjonsverdiene i denne rapporten (2019) og verdiene fra 2017 (Stenius) og 1999 (Drageset).

I følge Glad mfl. (2015) fås usikkerheten ved bruk av formelverket for små felt for lave (< 100 år) respektive høye gjentakintervall (> 100 år) ved å multiplisere eller dividere med ca. 1,8 respektive ca. 2,0 med et 95 % konfidensintervall. For Litlå blir da flomestimatene med tilhørende 95 % konfidensintervall som vist i figur 8.



Figur 8. Kulminerende flomverdier for Litlå. Fra denne rapporten (2019), sammen med verdier utledet fra formelverk for små felt (Glad mfl., 2015) med tilhørende usikkerhets bånd (95 % konfidensintervall) og verdier fra Drageset (1999) og Stenius (2017).

For Sokna nedstrøms Litlå er et nytt formelverk RFFA-2018 (Engeland mfl., ikke utgitt enda) blitt brukt med tilhørende 95 % konfidensintervall, se figur 9. Resultatene for Sokna nedstrøms Litlå er vist i figur 9 sammen med de valgte kulminasjonsverdiene i denne rapporten (2019) og verdiene fra 2017 (Stenius) og 1999 (Drageset).



Figur 9. Kulminerende flomverdier for Sokna nedstrøms Litlå. Fra denne rapporten (2019), sammen med verdier utledet fra nytt formelverk RFFA-2018 (Engeland mfl., ikke utgitt enda) med tilhørende usikkerhets bånd (95 % konfidensintervall) og verdier fra Drageset (1999) og Stenius (2017).

8 Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Sokna kan karakteriseres som noe tynt, selv om det foreligger data for en kort tidsperiode i Hauge sentrum. Det er stor usikkerhet knyttet til kvaliteten på data fra 26.92 Sokndalselva som lå i Hauge sentrum i perioden 2005-2009.

Sokndalselva har tilførsel av vann fra fire ulike delvassdrag. I to av disse finnes tidsserier med vannstand/vannføring. Den ene av disse, Litle Rosseland som er nedlagt, men lå i Rosslandsåna, har lang observasjonsperiode, men er regulert. Reguleringen har antagelig relativt liten innvirkning på flomvannføringer med store gjentakintervall (reguleringsprosent er 10 %).

Det er relativt stor usikkerhet i de beregnede flomverdiene. Dette gjelder både ved bestemmelse av middelflom, frekvenskurve og forholdstall mellom døgnmidler og kulminasjonsverdier. 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 samband mellom vannstander og vannføringer.

En annen faktor som fører til usikkerhet i data, er at Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelve verdier 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 en 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.

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

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Hvis disse flomberegningene skal klassifiseres i en skala fra 1 til 3, hvor 1 tilsvarer beste klasse, vil disse gis klasse 2.

Referanser

Drageset, T.A.. 1999. Flomberegning for Sokna. Oppdragsrapport, dokument nr. 19-1999.

Glad, P, A., Reitan, T. og Stenius, S. 2015: Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt. NVE Rapport nr. 8-15. www.nve.no.

Holmqvist, E. 2016: Flommen i Rogaland og Agder desember 2015. NVE Rapport nr. 5-16. www.nve.no.

Lawrence, D., (2016). Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE rapport 81-2016.

Lawrence, D., (2015). Klimapåslag for flomsonekart 2015. Internt notat 15.12.2015.

Prosjekthåndbok – flomsonekartprosjektet. 5 B: Retningslinjer for flomberegninger. NVE, 2013.

Stenius, S., Glad, P.A., Wang, T. K., Væringstad T. (2015): Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE Veileder 7-2015. www.nve.no.

Stenius, S., 2017. Revidert flomberegning for Sokna. NVE rapport 60-2017.

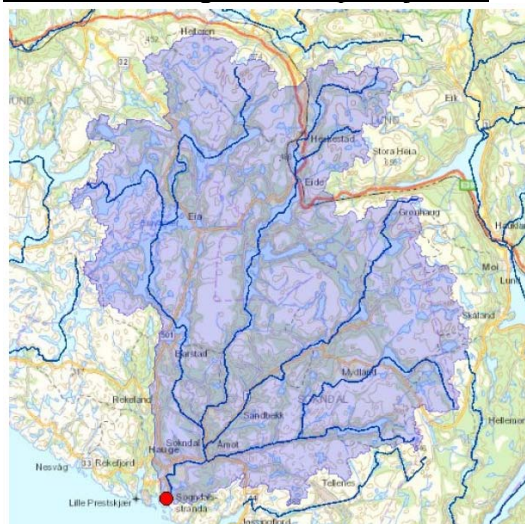
Sælthun, N. R. 1997. Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 14-97, NVE.

Engeland, K. mfl., ikke utgitt enda. Lokal og regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. NVE rapport under utarbeidelse.

Vedlegg 1 – Feltkarakteristika for Sokndalsvassdraget

Feltkarakteristika for Sokndalsvassdraget og de ulike delfeltene. Alle feltkarakteristika er beregnet ved hjelp av NVEs kartapplikasjon NEINA (<http://nevina.nve.no/>).

Sokndalsvassdraget ved utløpet i fjorden:



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 026.4A0
Kommune: Sokndal
Fylke: Rogaland
Vassdrag: SOKNO

Feltparametere

Areal (A)	305.9 km ²
Effektivt sjø (S _{eff})	1.2 %
Elvelengde (E _L)	32.0 km
Elvegradient (E _G)	17.5 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	7.6 m/km
Feltlengde (F _L)	24.7 km
H _{min}	3 moh.
H ₁₀	140 moh.
H ₂₀	166 moh.
H ₃₀	191 moh.
H ₄₀	222 moh.
H ₅₀	260 moh.
H ₆₀	303 moh.
H ₇₀	343 moh.
H ₈₀	384 moh.
H ₉₀	441 moh.
H _{max}	650 moh.
Bre	0.0 %
Dyrket mark	2.8 %
Myr	1.3 %
Sjø	12.1 %
Skog	31.9 %
Snaufjell	43.5 %
Urban	0.4 %

1) Verdien er editert

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	54.9 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	11.6 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	11.2 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	13.3 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	9.5 l/(s*km ²)
Base flow	22.5 l/(s*km ²)
BFI	0.4

Klima

Klimaregion	Sor
Årsnedbør	1948 mm
Sommernedbør	718 mm
Vinternedbør	1231 mm
Årstemperatur	6.0 °C
Sommertemperatur	11.0 °C
Vintertemperatur	2.5 °C
Temperatur Juli	12.5 °C
Temperatur August	12.9 °C

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

3/28/2017 4:10:14 PM © nevina.nve.no

Sokna nedstrøms samløpet med Litlå:



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 026.4A0
Kommune: Sokndal
Fylke: Rogaland
Vassdrag: SOKNO

Feltparametere

Areal (A)	293.8 km ²
Effektivt sjø (S _{eff})	1.3 %
Elvelengde (E _L)	28.0 km
Elvegradient (E _G)	20.0 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	7.8 m/km
Feltlengde (F _L)	22.1 km
H _{min}	6 moh.
H ₁₀	151 moh.
H ₂₀	174 moh.
H ₃₀	198 moh.
H ₄₀	233 moh.
H ₅₀	269 moh.
H ₆₀	310 moh.
H ₇₀	348 moh.
H ₈₀	388 moh.
H ₉₀	444 moh.
H _{max}	650 moh.
Bre	0.0 %
Dyrket mark	2.5 %
Myr	1.3 %
Sjø	12.5 %
Skog	31.2 %
Snaufjell	45.1 %
Urban	0.1 %

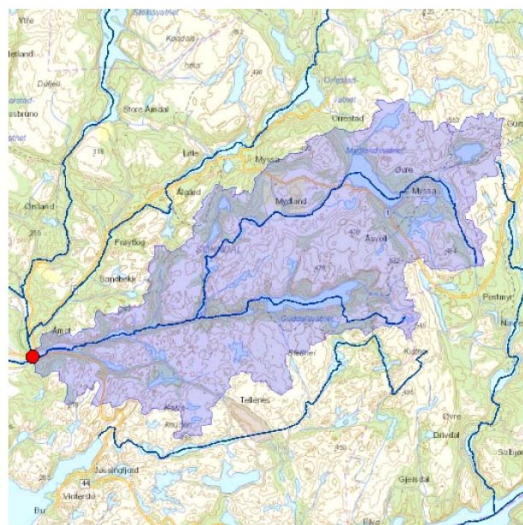
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

5/4/2017 2:55:25 PM © nevina.nve.no

Litlå:



Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 026.4AA2
Kommune: Sokndal
Fylke: Rogaland
Vassdrag: LITLA-MYDLANDSÅNA

Feltparametere	
Areal (A)	57.9 km ²
Effektivt sjø (S_{eff})	1.6 %
Elvelengde (E_L)	18.9 km
Elvegradient (E_G)	19.2 m/km
Elvegradient ₁₀₀₅ (G_{1005})	17.6 m/km
Feltlengde (F_L)	14.9 km
H_{min}	6 moh.
H_{10}	163 moh.
H_{20}	199 moh.
H_{30}	234 moh.
H_{40}	252 moh.
H_{50}	285 moh.
H_{60}	317 moh.
H_{70}	348 moh.
H_{80}	380 moh.
H_{90}	422 moh.
H_{max}	544 moh.
Bre	0.0 %
Dyrket mark	1.8 %
Myr	1.0 %
Sjø	8.8 %
Skog	23.7 %
Snaufjell	57.0 %
Urban	0.4 %

Vannføringsindeks, se merknader	
Middelvannføring (61-90)	57.3 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	7.9 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	8.2 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	8.5 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	7.0 l/(s*km ²)
Base flow	22.3 l/(s*km ²)
BFI	0.4

Klima	
Klimaregion	Sor
Årsnedbør	1901 mm
Sommernedbør	701 mm
Vinternedbør	1200 mm
Årstemperatur	5.9 °C
Sommertemperatur	10.8 °C
Vintertemperatur	2.4 °C
Temperatur Juli	12.5 °C
Temperatur August	12.8 °C

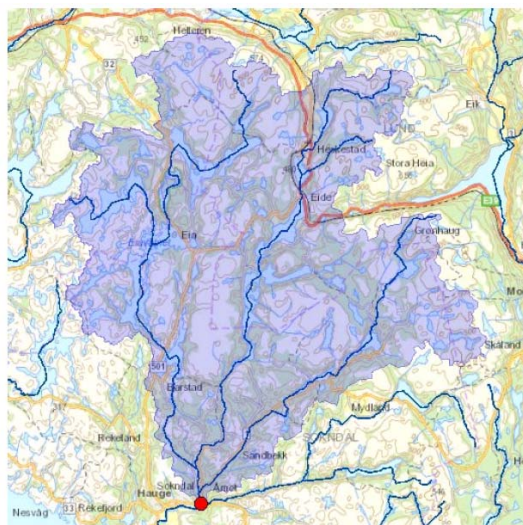
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

3/28/2017 2:59:34 PM © nevina.nve.no

Sokna oppstrøms samløpet med Litlå:



Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 026.4B21
Kommune: Sokndal
Fylke: Rogaland
Vassdrag: SOKNO

Feltparametere	
Areal (A)	236.3 km ²
Effektivt sjø (S_{eff})	1.9 %
Elvelengde (E_L)	27.8 km
Elvegradient (E_G)	20.1 m/km
Elvegradient ₁₀₀₅ (G_{1005})	8.0 m/km
Feltlengde (F_L)	22.0 km
H_{min}	9 moh.
H_{10}	151 moh.
H_{20}	171 moh.
H_{30}	193 moh.
H_{40}	220 moh.
H_{50}	263 moh.
H_{60}	308 moh.
H_{70}	348 moh.
H_{80}	390 moh.
H_{90}	452 moh.
H_{max}	650 moh.
Bre	0.0 %
Dyrket mark	2.7 %
Myr	1.3 %
Sjø	13.4 %
Skog	33.0 %
Snaufjell	42.3 %
Urban	0.1 %

Vannføringsindeks, se merknader	
Middelvannføring (61-90)	55.1 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	11.1 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	10.9 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	12.1 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	10.0 l/(s*km ²)
Base flow	23.1 l/(s*km ²)
BFI	0.4

Klima	
Klimaregion	Sor
Årsnedbør	1976 mm
Sommernedbør	726 mm
Vinternedbør	1250 mm
Årstemperatur	6.0 °C
Sommertemperatur	10.9 °C
Vintertemperatur	2.5 °C
Temperatur Juli	12.5 °C
Temperatur August	12.8 °C

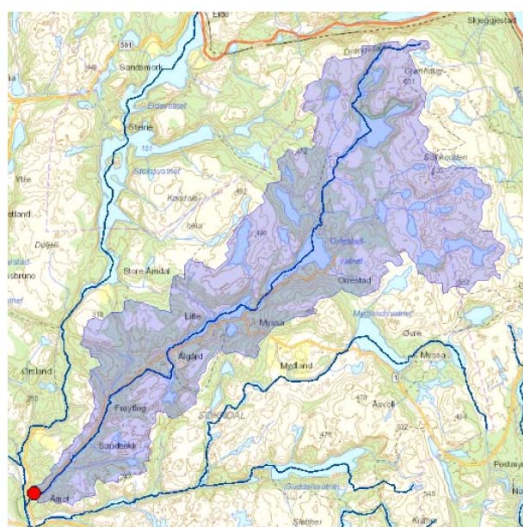
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

3/28/2017 3:12:26 PM © nevina.nve.no

Ålgårdselv (Linborgåa):



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 026.4B1Z
Kommune: Sokndal
Fylke: Rogaland
Vassdrag: LINBORGÅA

Feltparametere	
Areal (A)	50.9 km ²
Effektiv sjø (S_{eff})	2.4 %
Elvelengde (E_L)	20.4 km
Elvegradient (E_G)	25.6 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G_{1085})	19.8 m/km
Feltlengde (F_L)	16.5 km
H_{min}	18 moh.
H_{10}	156 moh.
H_{20}	189 moh.
H_{30}	229 moh.
H_{40}	270 moh.
H_{50}	310 moh.
H_{60}	345 moh.
H_{70}	385 moh.
H_{80}	427 moh.
H_{90}	495 moh.
H_{max}	624 moh.
Bre	0.0 %
Dyktet mark	1.2 %
Myr	1.2 %
Sjø	9.8 %
Skog	37.6 %
Snaufjell	43.0 %
Urban	0.1 %

Vannføringsindeks, se merknader	
Middelvannføring (61-90)	57.9 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	6.5 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	7.0 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	6.2 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	7.7 l/(s*km ²)
Base flow	22.6 l/(s*km ²)
BFI	0.4

Klima	
Klimaregion	Sor
Årsnedbør	1984 mm
Sommernedbør	723 mm
Vinternedbør	1261 mm
Årstemperatur	5.8 °C
Sommertemperatur	10.7 °C
Vintertemperatur	2.3 °C
Temperatur Juli	12.3 °C
Temperatur August	12.6 °C

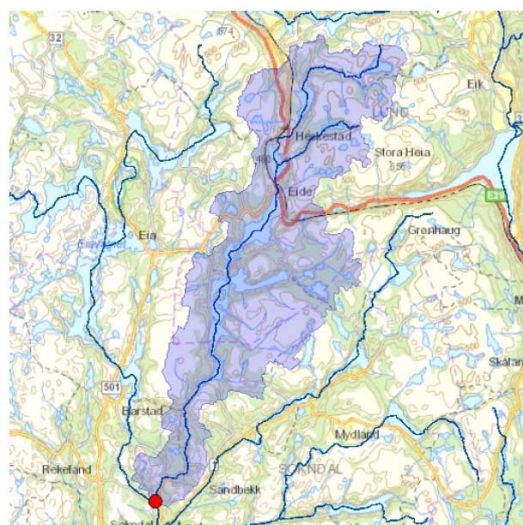
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

3/28/2017 4:01:23 PM © nevina.nve.no

Sokna oppstrøms samløpet med Rosslandåa:



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 026.4C
Kommune: Sokndal
Fylke: Rogaland
Vassdrag: SOKNO

Feltparametere	
Areal (A)	76.8 km ²
Effektiv sjø (S_{eff})	4.8 %
Elvelengde (E_L)	26.0 km
Elvegradient (E_G)	21.3 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G_{1085})	7.0 m/km
Feltlengde (F_L)	20.5 km
H_{min}	16 moh.
H_{10}	153 moh.
H_{20}	189 moh.
H_{30}	222 moh.
H_{40}	273 moh.
H_{50}	309 moh.
H_{60}	342 moh.
H_{70}	376 moh.
H_{80}	418 moh.
H_{90}	474 moh.
H_{max}	650 moh.
Bre	0.0 %
Dyktet mark	3.8 %
Myr	1.0 %
Sjø	11.7 %
Skog	39.7 %
Snaufjell	37.3 %
Urban	0.0 %

Vannføringsindeks, se merknader	
Middelvannføring (61-90)	57.0 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	7.5 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	7.7 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	7.0 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	10.1 l/(s*km ²)
Base flow	22.8 l/(s*km ²)
BFI	0.4

Klima	
Klimaregion	Sor
Årsnedbør	2033 mm
Sommernedbør	741 mm
Vinternedbør	1292 mm
Årstemperatur	5.8 °C
Sommertemperatur	10.7 °C
Vintertemperatur	2.2 °C
Temperatur Juli	12.3 °C
Temperatur August	12.6 °C

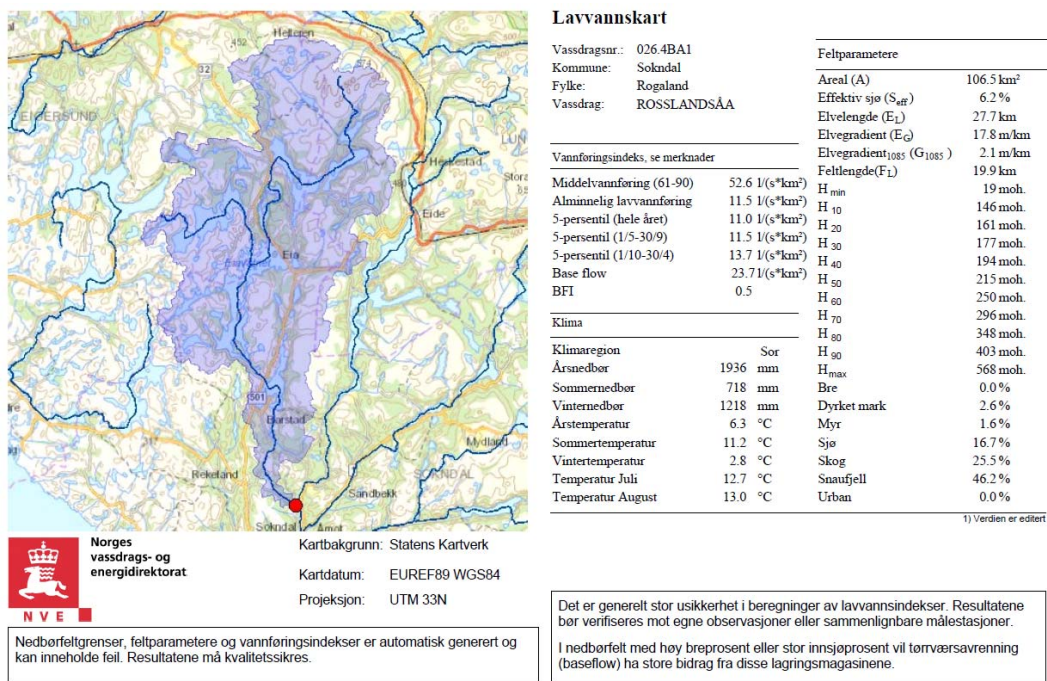
1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

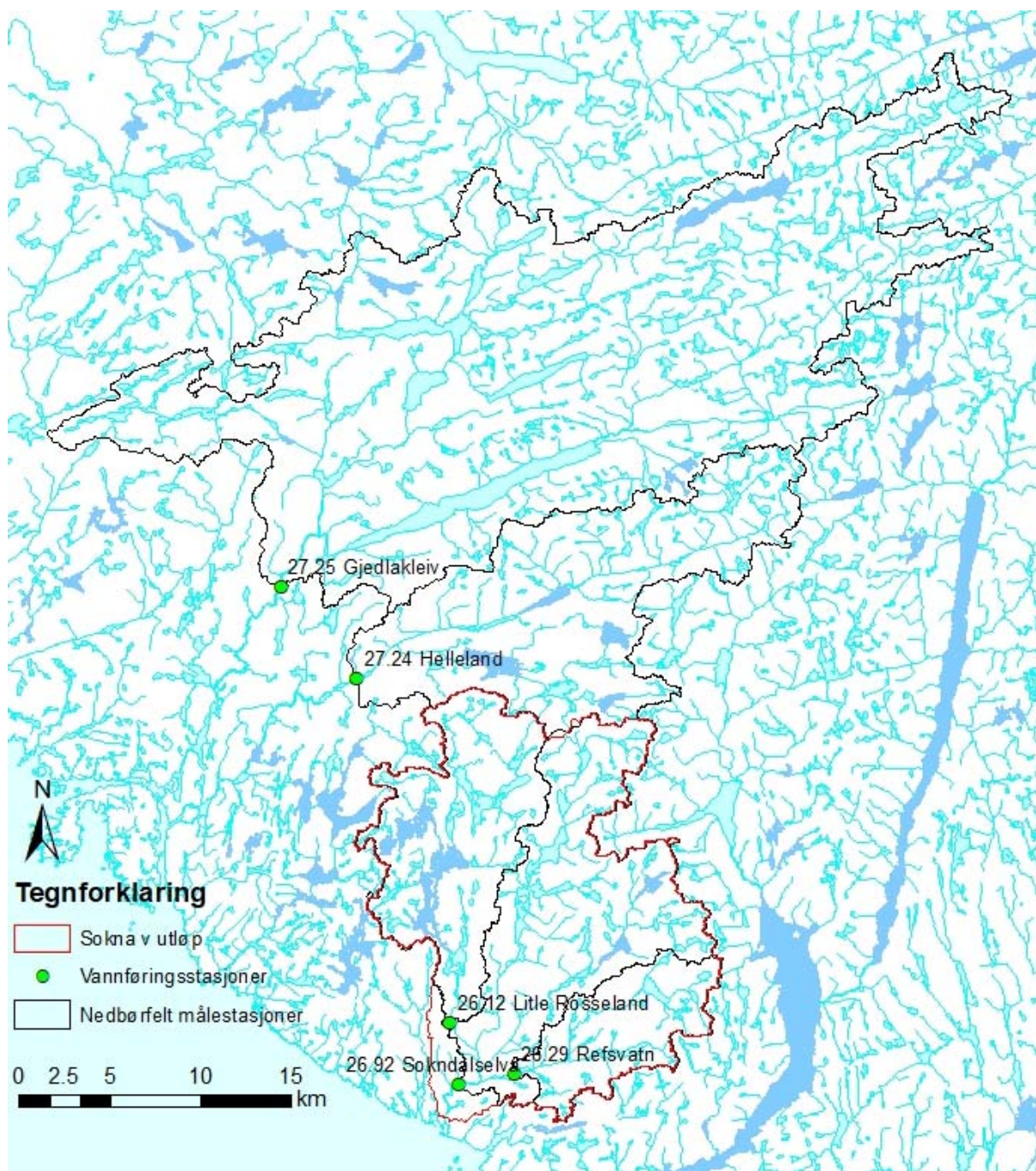
I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

3/28/2017 3:48:47 PM © nevina.nve.no

Rosslandåa:

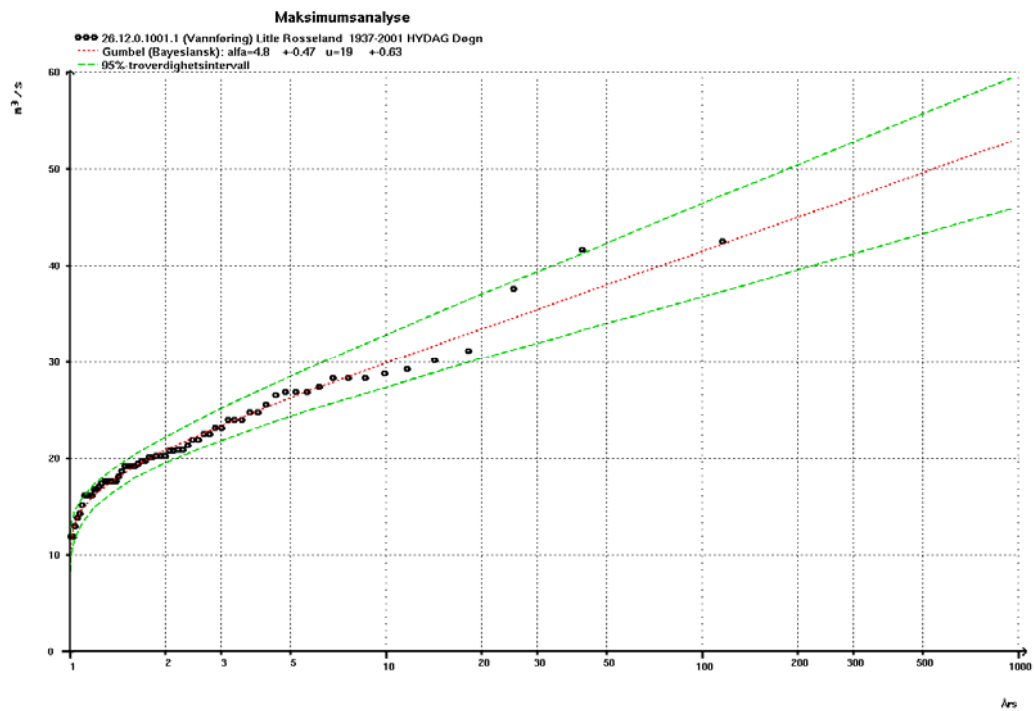


Vedlegg 2 – Kart vannføringsstasjoner

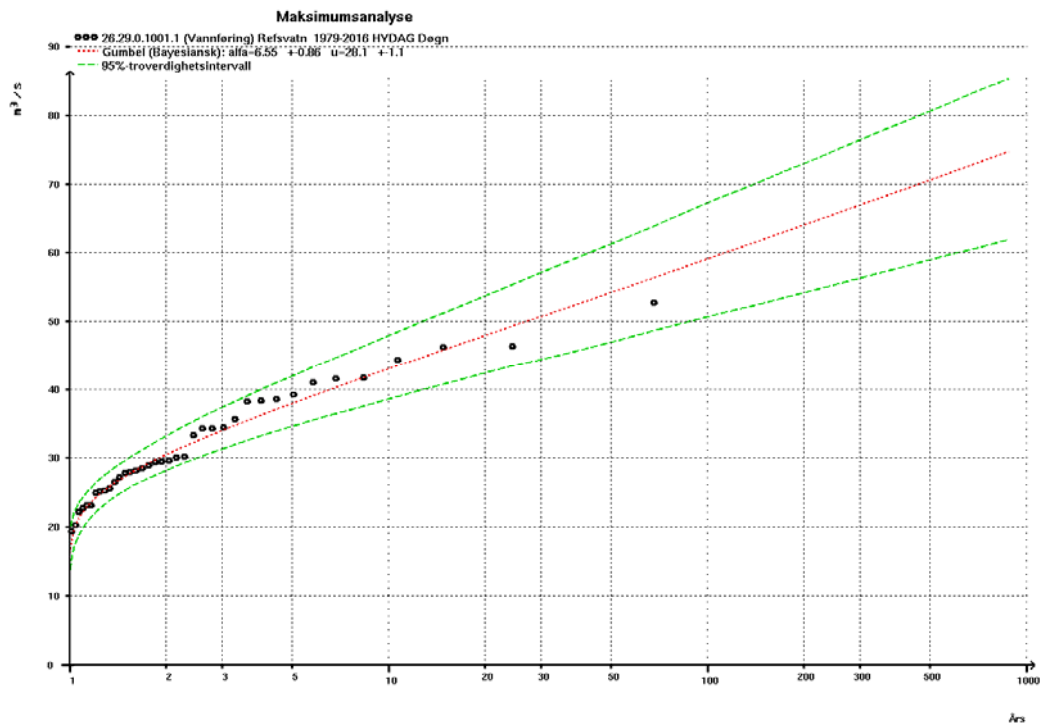


Vedlegg 3 – Flomfrekvensanalyser og fordelingsfunksjoner

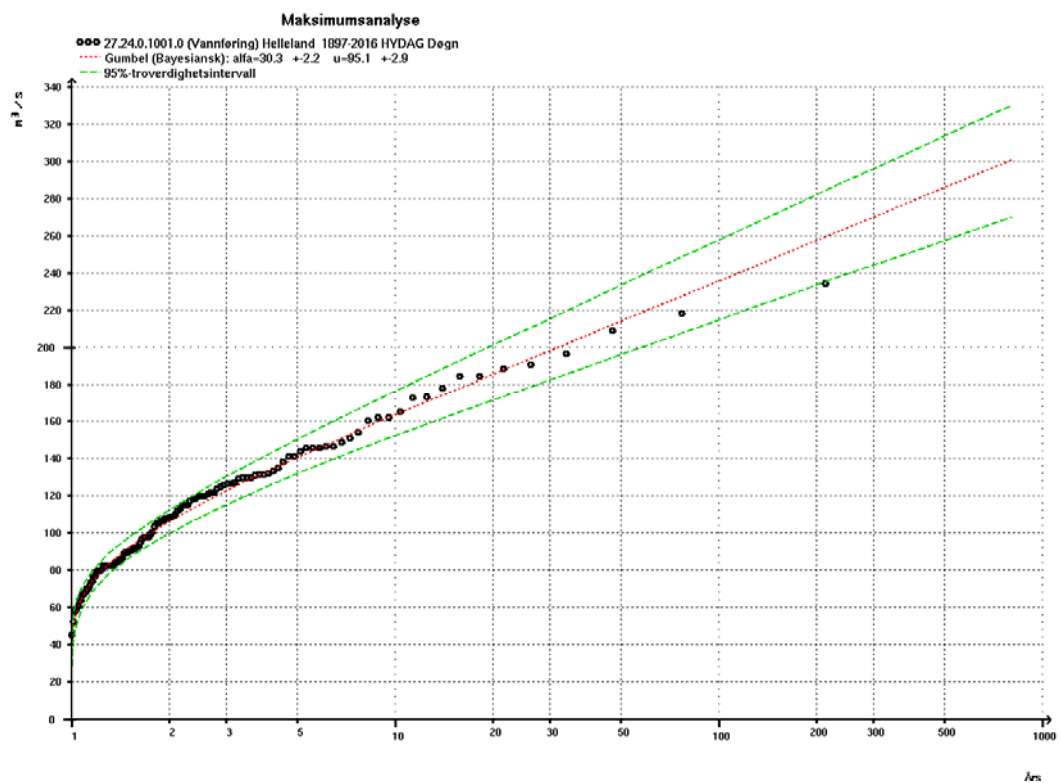
Flomfrekvensanalyse for 26.12 Litle Rosseland.



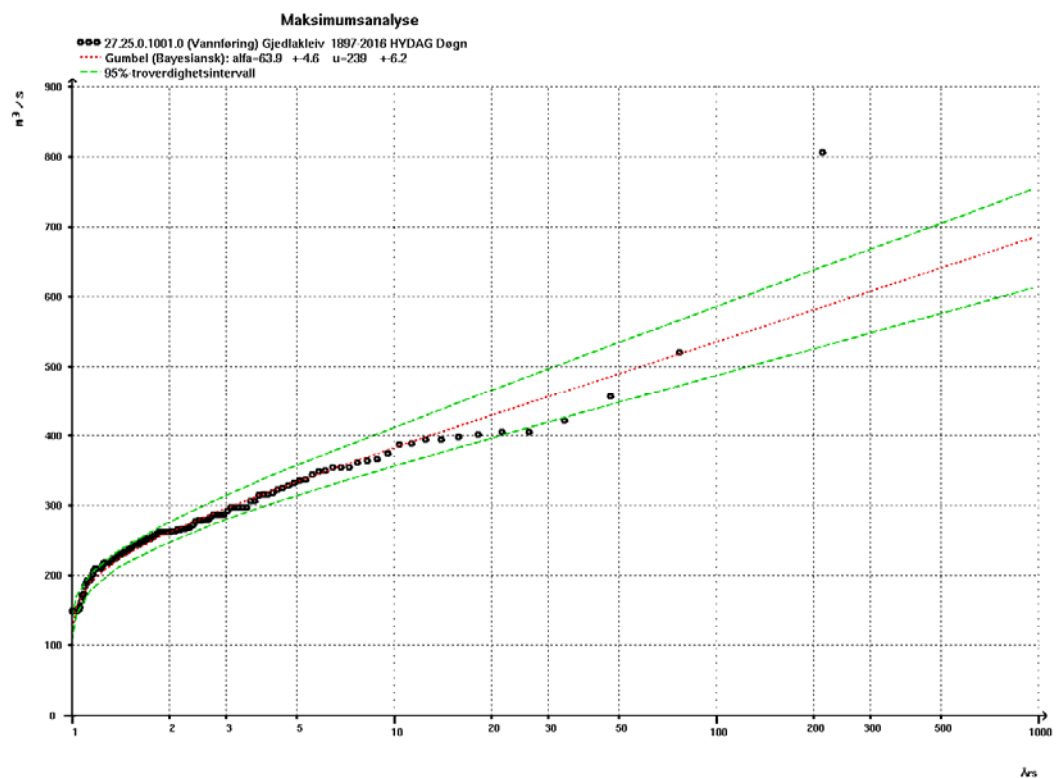
Flomfrekvensanalyse for 26.29 Refsvatn.



Flomfrekvensanalyse for 27.24 Helleland.



Flomfrekvensanalyse for 27.25 Gjerdakleiv.



Vedlegg 4 – Regionale flomformler

De regionale flomformlene for definerte hydrologiske regioner, region V2 og V4 (Sælthun mfl., 1997) er:

Vårflomregioner

$$V1: \ln q_M = 0,2722 \cdot \ln S_T - 0,1406 \cdot \ln A_{SE} + 0,1006 \cdot \ln A_{SF} + 0,6172 \cdot \ln q_N + 2,11$$

$$V2: \ln q_M = 0,0930 \cdot \ln S_T - 0,0816 \cdot \ln A_{SE} + 0,0281 \cdot \ln A_{SF} + 0,5076 \cdot \ln q_N + 3,59$$

$$V3: \ln q_M = 0,3066 \cdot \ln S_T - 0,0220 \cdot \ln A_{SE} + 0,0939 \cdot \ln A_{SF} + 0,3252 \cdot \ln q_N + 3,09$$

$$V4: \ln q_M = 0,1848 \cdot \ln S_T - 0,0137 \cdot \ln A_{SE} + 0,0873 \cdot \ln A_{SF} + 0,5143 \cdot \ln q_N + 2,77$$

Høstflomregioner

$$H1: \ln q_M = 1,2805 \cdot \ln q_N - 0,2267 \cdot \ln(A/L_F) - 0,0664 \cdot A_{SE} + 0,0053 \cdot S_T + 1,00$$

$$H2: \ln q_M = 1,2910 \cdot \ln q_N - 0,1602 \cdot \ln(A/L_F) - 0,0508 \cdot A_{SE} + 0,0065 \cdot S_T + 0,65$$

$$H3: \ln q_M = 1,2014 \cdot \ln q_N - 0,0819 \cdot \ln(A/L_F) - 0,0268 \cdot A_{SE} + 0,0013 \cdot S_T + 1,07$$

Bre- og årsflomregioner

$$BRE: \ln q_M = 0,0119 \cdot q_N - 0,0848 \cdot A_{SE} - 0,0165 \cdot L_F + 5,81$$

$$K1: \ln q_M = 1,5212 \cdot \ln q_N - 1,1516 \cdot \ln P_N - 0,0569 \cdot A_{SE} - 0,0093 \cdot L_F + 8,80$$

$$K2: \ln q_M = 1,1524 \cdot \ln q_N - 0,0463 \cdot A_{SE} + 1,57$$

q_M	middelflom [l/s · km ²]
S_T	hovedelvas gradient [m/km]
A_{SE}	effektiv sjøprosent [%]
A_{SF}	snaufjellprosent [%]
q_N	midlere spesifikt årsavløp [l/s · km ²]
A	nedbørfeltets areal [km ²]
L_F	feltaksens lengde [km]
S_T	hovedelvas gradient [m/km]



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

.....

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

www.nve.no