Revidert flomberegning for nedre del av Arendalsvassdraget (019.Z).

Erik Holmqvist

20
2017

RAPPORT

Rapport nr 20-2017

Revidert flomberegning for nedre del av Arendalsvassdraget (019.Z).

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Erik Holmqvist

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 10
Forsidefoto: Flom i nedre del av Nidelva, 17. sep. 2015. Foto: Kjartan Orvedal, NVE.
ISBN 978-82-410-1572-4
ISSN 1501-2832

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flombergeninger for nedre del av Arendalsvassdraget. Denne rapporten er en revisjon av NVE-rapport 22-2005.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Nidelva, Arendalsvassdraget

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

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mars 2017

Innhold

Forord....4

Sammendrag....5

1. Beskrivelse av oppgaven....6
2. Beskrivelse av vassdraget....7
3. Hydrometriske stasjoner....9
4. Flomdata....12
5. Flommen september 2015....15
6. Flomfrekvensanalyser....17
7. Beregning av flomverdier....20
8. Sammenligning med andre flomberegninger....24
9. Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer..26
10. Usikkerhet....27

Referanser....28

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 oppdatering av flomberegningen som ble utført i forbindelse med flomsonekartlegging av elvestrekning i Arendalsvassdraget i Aust-Agder i 2005 og dokumentert i NVE rapport 22-2005 «Flomberegning for nedre del av Arendals-vassdraget (019.Z) utarbeidet av Lars-Evan Pettersson. Denne rapporten er utarbeidet av Erik Holmqvist og kvalitetskontrollert av Thomas Væringstad.

Oslo, mars 2017.

Morten Johnsrud
avdelingsdirektør

Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen for nedre del av Arendalsvassdraget gjelder et delprosjekt i NVEs Flomsonekartprosjekt: fs 019_1 Rygene. Kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentaksintervall er beregnet for fire steder i Nidelva.

Beregningen er basert på data fra målestasjoner i og nært vassdraget. Resultatet av flomberegningen ble:

Flomverdier i Nidelva, kulminasjonsvannføringer.

	Areal km²	**Q_M m³/s**	**Q_5 m³/s**	**Q_{10} m³/s**	**Q_{20} m³/s**	**Q_{50} m³/s**	**Q_{100} m³/s**	**Q_{200} m³/s**	**Q_{500} m³/s**	**Q_{1000} m³/s**
Nidelva ved Evenstad	3520	384	488	608	741	944	1182	1432	1705	1939
Nidelva oppstrøms Bjorsund	3748	436	546	674	815	1030	1282	1546	1836	2084
Nidelva ved Rygene	3946	443	554	682	824	1041	1295	1561	1853	2103
Nidelva v. utløp	4011	458	571	701	845	1066	1323	1594	1890	2144

Beregningene gir for dagens forhold noe mindre flomvannføringer for gjentaksintervall opp til 50 år enn flomberegningene fra 2005. For mer sjeldne flommer er estimatene økt med opp mot 20 – 30 prosent. Beregnede 500- og 1000-årsflommer i denne rapporten er likevel mindre enn de som ligger til grunn for damsikkerhet i Arendalsvassdraget.

I Agder er det anbefalt å benytte et påslag på 20 % for beregning av flomverdier i et fremtidig klima (frem mot år 2100). Det gir følgende:

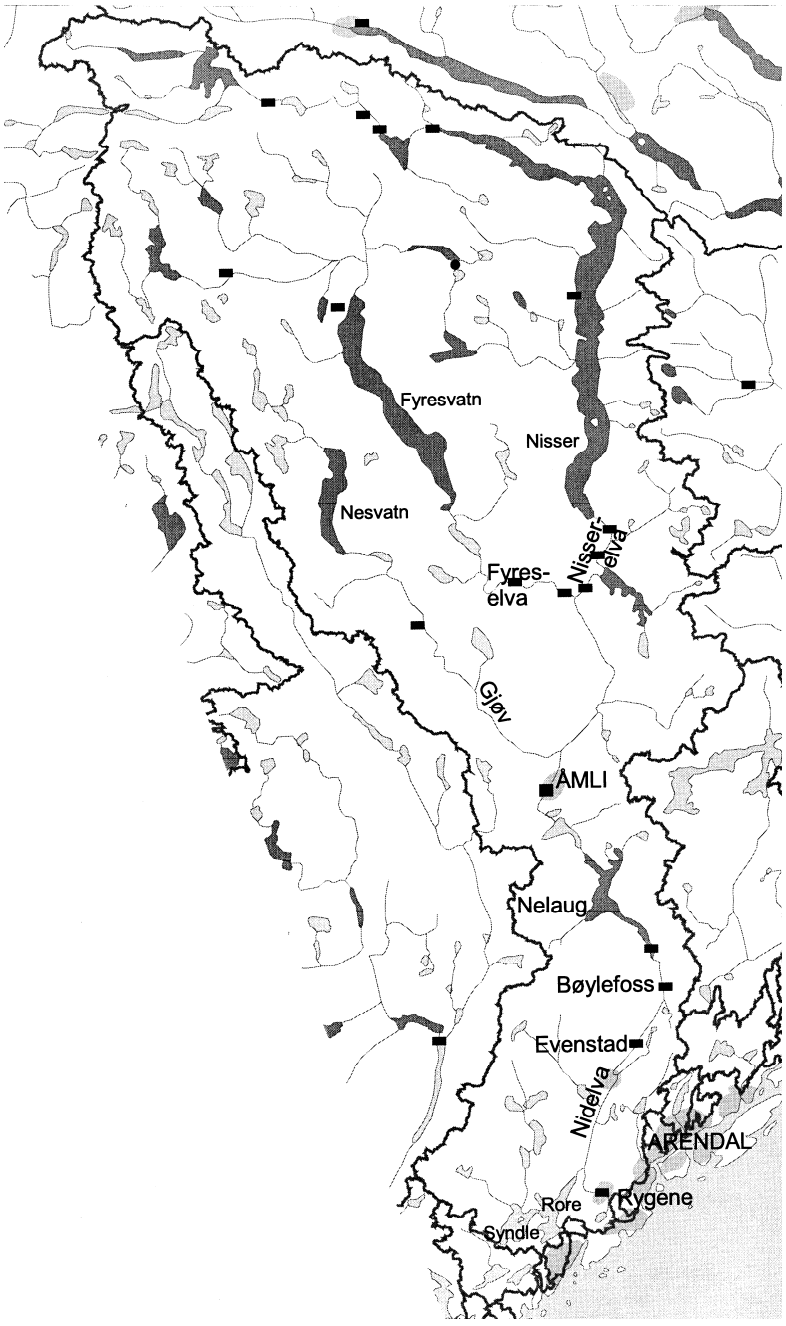
Flomverdier i Nidelva med 20 % klimapåslag, kulminasjonsvannføringer.

	Q_M m³/s	**Q_5 m³/s**	**Q_{10} m³/s**	**Q_{20} m³/s**	**Q_{50} m³/s**	**Q_{100} m³/s**	**Q_{200} m³/s**	**Q_{500} m³/s**	**Q_{1000} m³/s**
Nidelva ved Evenstad	461	585	730	889	1133	1419	1718	2046	2327
Nidelva oppstrøms Bjorsund	524	655	809	977	1236	1539	1856	2203	2501
Nidelva ved Rygene	532	665	819	989	1249	1554	1874	2223	2523
Nidelva ved utløp	550	685	841	1014	1279	1588	1913	2268	2573

På grunn av godt datagrunnlag klassifiseres flomberegningen i klasse 1, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for den nedre delen av Nidelva (Arendalsvassdraget), delprosjekt fs 019_1 Rygene i NVEs Flomsonekartprosjekt. Som grunnlag for flomsonekartkonstruksjonen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år beregnes for Nidelva ved Evenstad, ved et punkt like oppstrøms elven fra Rore, ved Rygene og ved utløp i sjøen ved Skarpnestangen.



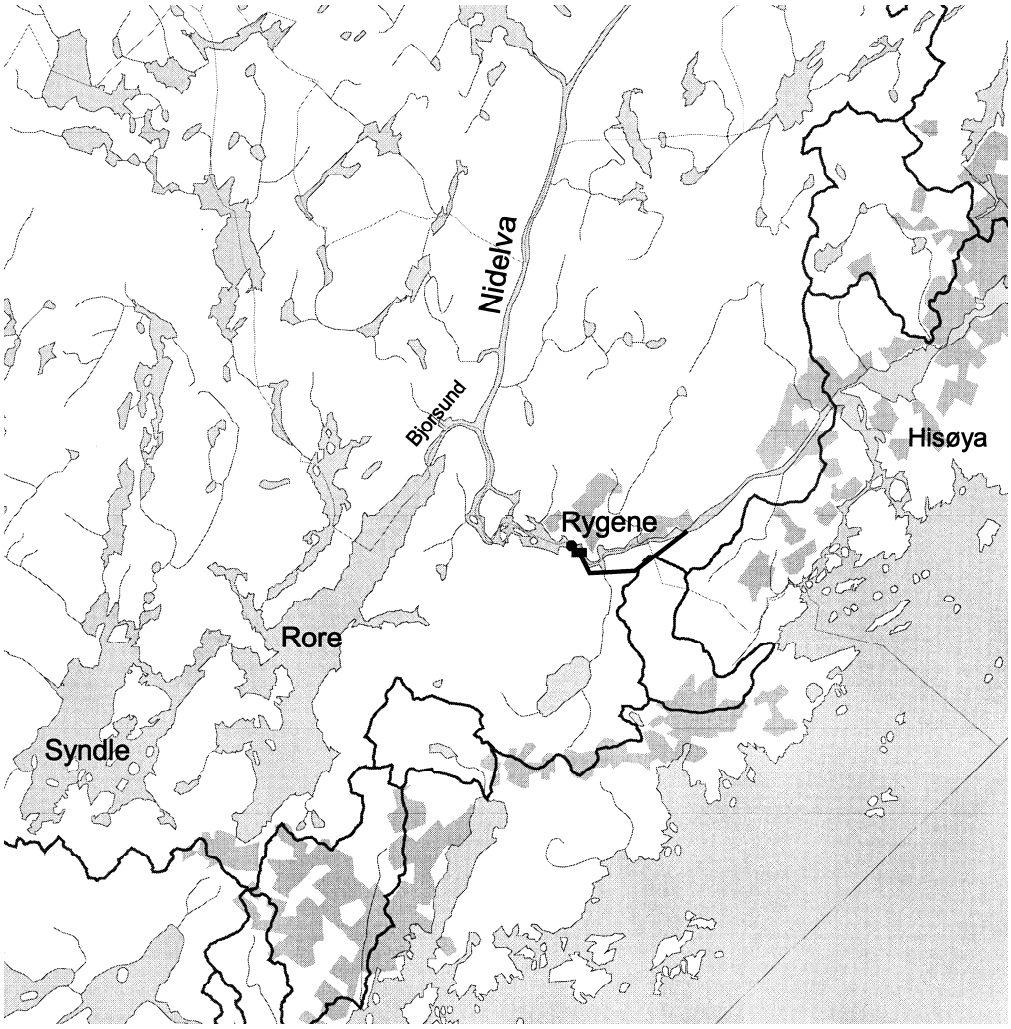
Figur 1. Kart over Arendalsvassdraget. Kraftverk er markert med rektangel, magasiner med mørk tone.

2. Beskrivelse av vassdraget

Arendalsvassdraget har i de øvre delene tre grener: Nisserelva, Fyreselva og Gjøv. Nisserelva og Fyreselva, som domineres av to store regulerte innsjøer, hhv. Nisser og Fyresvatn, løper sammen ved Åmot, drøyt to mil oppstrøms tettstedet Åmli. Ved samløpet har Nisserelva et nedbørfelt på 1297 km^2, mens Fyreselva har et nedbørfelt på 1081 km^2. Disse deler av vassdraget ligger så å si helt i Telemark fylke, mens resten av vassdraget ned til havet ligger i Aust-Agder fylke. Det er mange reguleringer i Nisser-elvas og Fyreselvas nedbørfelt, både små og store reguleringsmagasin, overføringer og flere kraftverk. Reguleringene begynte her allerede tidlig på 1900-tallet.

Litt oppstrøms Åmli renner Gjøv ut i hovedelven. Gjøv kommer fra Nesvatn, et relativt stort reguleringsmagasin som også fungerer som inntak for Jørundland kraftverk siden 1970. Ved samløpet er Gjøvs nedbørfelt 501 km^2 og hovedelvens 2659 km^2.

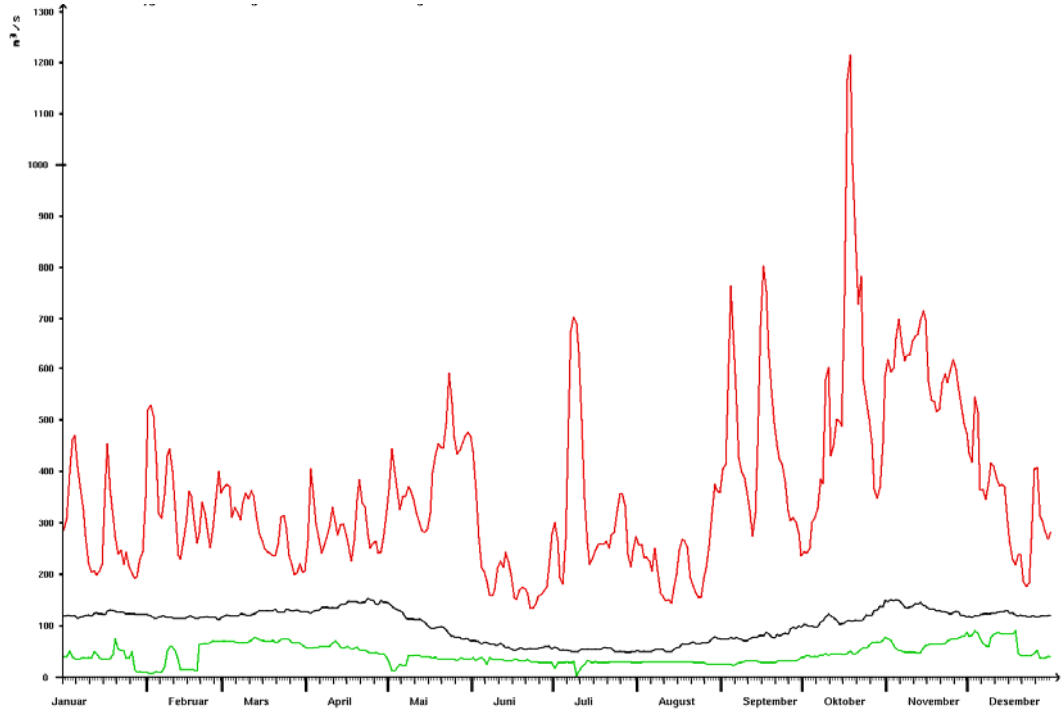
Ved tettstedet Åmli ligger kraftverkene Gjøv, med inntak i elven Gjøv og fallhøyde drøyt 50 meter, og Åmli, et elvekraftverk med fallhøyde drøyt 5 meter. Kraftverkene ble satt i drift i 1983.



Figur 2. Kart over den nedre delen av Arendalsvassdraget. Utløpstunnelen fra Rygene kraftverk er markert med strek.

Fra Åmli renner Nidelva snart gjennom det relativt store Nelaugmagasinet, 138 moh., og deretter i en ca. 45 kilometer lang elvestrekning til havet. Her er flere dammer og kraftverk. Evenstad og Rygene kraftverk er de to nederste. Evenstad kraftverk ligger et par kilometer oppstrøms Froland kirke med et nedbørfelt på 3520 km^2. Knapt 15 kilometer nedstrøms Evenstad kommer elven fra innsjøen Rore ut i hovedelven gjennom Bjorsund. Denne delen av vassdraget, som omfatter de to relativt store innsjøene Rore og Syndle, utgjør 194 km^2. Hovedelvas nedbørfelt oppstrøms Bjorsund er 3748 km^2 og ved Rygene 3946 km^2.

En kort strekning nedstrøms Bjorsund ligger Rygene med dam og inntak for kraftverket. Det har vært flere kraftverk i fossene ved Rygene helt siden 1913-14, men i 1977 ble det nåværende kraftverket tatt i drift. Fallhøyden ved kraftverket er ca. 38 meter og det har en opp mot tre kilometer lang utløpstunnel, slik at Nidelva har meget redusert vannføring på strekningen ned til tunnelutløpet. Fra tunnelutløpet er det nesten fem kilometer ut til de to utløpene rundt Hisøya ved Arendal. Nedbørfeltet ved Rygene og ved utløpet i havet er hhv. 3946 og 4011 km^2.



Figur 3. Karakteristiske vannføringer i Nidelva ved Rygene, m^3/s.

Middelvannføringen i Nidelva ved Rygene i perioden 1976 – 2016 er 116 m^3/s som tilsvarer en årlig avrenning på 29 $l/s \cdot km^2$. Figur 3 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året i Nidelva i perioden etter 1977 da det nye kraftverket ble satt i drift. Den øverste kurven (max) i grafen viser største observerte vannføring og den nederste kurven (min) viser minste observerte vannføring. Den midterste kurven (med) er mediankurven, dvs. det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større og mindre enn denne.

Vi ser at reguleringene betyr mye for vannføringen (mediankurven). Vannføringen er minst om sommeren og den er i gjennomsnitt ikke spesielt stor verken under vårflommen eller under den vanligvis fuktige høsten. Figuren viser at regnflommer, særlig om høsten, er de største.

Nidelva er gradvis bygd ut med nye og større magasiner til bruk i kraftproduksjon og har nå et totalt reguleringsvolum på 1485 mill. m^3, eller en reguleringsgrad på ca. 40 %.

3. Hydrometriske stasjoner

Flere hydrometriske stasjoner ligger eller har ligget i Nidelva og er viktige ved denne flomberegningen. I tillegg benyttes en målestasjon i et nabovassdrag. Figur 4 viser stasjonenes beliggenhet, og tabell 1 gir noen viktige data om stasjonene.

Målestasjonen 19.107 Lilleelv ligger i en sidegren til Nidelva rett før utløpet i fjorden. Stasjonen har data etter 1983. I perioden frem til og med 1997 er det flere relativt lange observasjonsbrudd, blant annet mangler observasjoner fra den store høstflommen i 1987. Stasjonen gir verdifull informasjon om avrenningen fra lokalfeltene i nedre del av Nidelva ved flom i hovedvassdraget. Det er utført vannføringsmålinger her opp til 21 m^3/s, som nesten tilsvarer to ganger midlere flom.

Målestasjonen 19.40 Lunde Mølle lå nederst i Nidelva i fossepartiet noen hundre meter nedenfor Rygenefossen. Stasjonen har data i perioden 1900-1977. I gamle vannstandsbøker (Vassdragsdirektøren 1912) er det imidlertid funnet observasjoner tilbake til 1874. Flomvannføringene før 1900 er beregnet fra vannføringskurven for Lunde Mølle som er gyldig frem til 1916.

Lunde Mølle ble nedlagt da Rygene kraftverk ble bygget ut og vannet ble ført i tunnel forbi mølla. Da overtok 19.127 Rygene total vannføringsobservasjonene nederst i elva. Vannføringen ved Rygene beregnes ut fra produksjon i kraftverket og forbitapping. Det er laget en sammenhengende serie for disse to stasjonene tilbake til 1874. I store deler av perioden har vannføringen i Nidelva vært påvirket av regulering. Ved Lunde Mølle er det utført vannføringsmålinger opp til 635 m^3/s og ved Rygene for vannføringer opp til drøyt 900 m^3/s. For Rygene tilsvarer dette en vannføring som er i overkant av to ganger middelflom beregnet for siste 40 år, hvilket er svært bra.

Det var under flommen i september 2015 at den til nå høyeste vannføringsmålingen ved Rygene ble utført. Måleforholdene var imidlertid krevende, og vannstanden under flommen pendlet opp mot 20 – 30 cm. Det kan derfor være noe usikkerhet knyttet til hva som var «korrekt» vannstand, men målt vannføring på 906 m^3/s antas å være rimelig korrekt (pers. med Øyvind Wien, NVE-HH). Det bør også nevnes at under flommen i september 2015 sviktet Agder Energi's registreringer ved Rygene. Vannstandene vi i ettertid har fått fra dem, er 70 – 140 cm lavere enn dem som vår Hydrometriseksjon målte til samme tid. Legges disse til grunn, får vi en maksimal vannføring på 818 m^3/s. I de videre analysene er imidlertid dette korrigert, slik at vi benytter den direkte målte vannføringen under flommen (906 m^3/s).

Lengre opp i elven lå målestasjonen Evenstad. Her finnes vannføringsdata i perioden 1911-1919 og 1944-1994. Her lå det et lite kraftverk allerede i 1904, men et større anlegg ble tatt i drift i 1939-40. Seks-sju kilometer oppstrøms Evenstad lå målestasjonen 19.39 Bøylefoss, som har data i perioden 1915-1944. Ved komplettering med disse data fra Bøylefoss, skalert for arealforskjellen, er det laget en sammenhengende vannføringsserie for Evenstad for perioden 1915-1994.

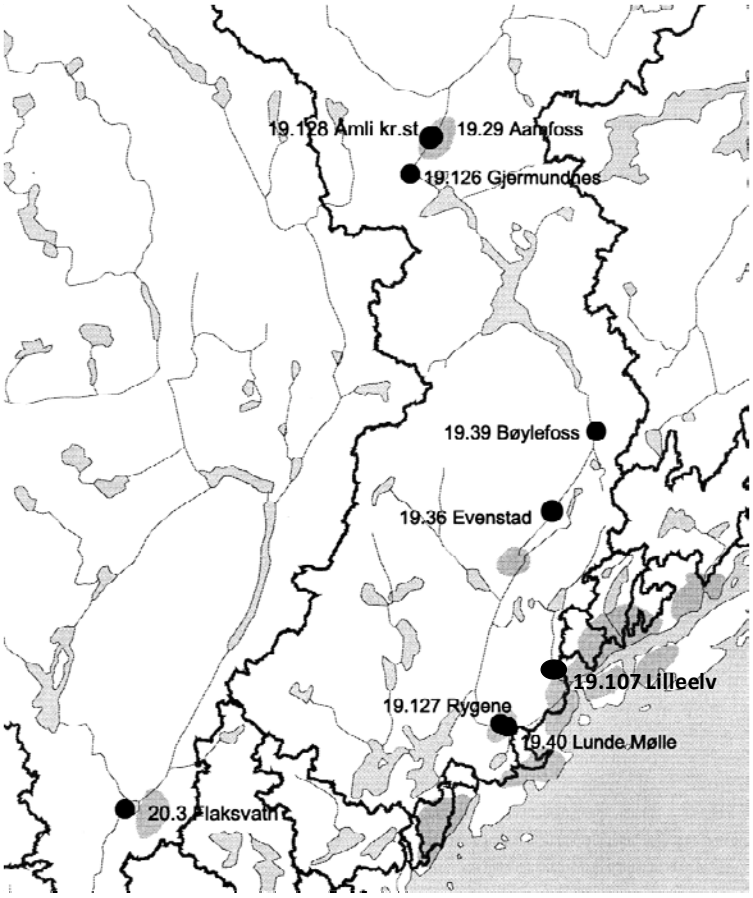
Ved tettstedet Åmli lå målestasjonen 19.29 Aamfoss, med data i perioden 1924-1981. På grunn av anlegg av kraftverk ble målestasjonen nedlagt og stasjonen 19.126 Gjermundnes overtok observasjonene i denne del av vassdraget. Den lå ca. tre kilometer nedstrøms Aamfoss og har data i perioden 1981-1987. Fra 1988 overtok det nye Åmli kraftverk observasjonene her. Det er laget en sammenhengende serie for perioden 1924 til i dag, dog med brudd i 1981 og under den store høstflommen i 1987.

I nabovassdraget sør for Nidelva, Tovdalsvassdraget, ligger målestasjonen 20.3 Flaksvatn. Det er en relativt liten regulering i det vassdraget. Flaksvatn, som ligger i den nedre delen av elven, har data siden 1899.

Vannføringskurven ved Flaksvatn ble revidert i 2014 med virkning tilbake til målestart. Det har ført til noen endringer i forhold til de flomverdier som ble presentert i tidligere flomberegningsrapport (Pettersson 2005). Det er utført vannføringsmålinger ved stasjonen for vannføringer opp mot 670 m^3/s, det tilsvarer en vannføring som er nesten 70 % større enn beregnet middelflom ved stasjonen.

Tabell 1. Aktuelle hydrologiske målestasjoner.

Målestasjon	Feltareal, km^2	Dataperiode
19.107 Lilleelv	39,3	1983 – dags dato
19.40 Lunde Mølle	3947	1900-1977
19.127 Rygene total	3946	1977- dags dato
19.36 Evenstad	3520	1911-1919, 1944-1994
19.39 Bøylefoss	3477	1915-1944
19.126 Gjermundnes	3181	1981-1987
19.29 Aamfoss	3173	1924-1981
19.128 Åmli kraftstasjon total	3173	1988- dags dato
20.3 Flaksvatn	1777	1899- dags dato



Figur 4. Hydrometriske stasjoner.

4. Flomdata

Fra eldre tider kjenner man til mange store flommer i Nidelva, noen av de største fant sted i juli 1789 (Stor-Ofsen), i juni 1860 og i oktober 1892. De største flommene som er observert ved målestasjonene i nedre Nidelva og Tovdalselva er vist i tabell 2.

Tabell 2. Observerte flommer ved målestasjoner i Nidelva og Tovdalselva (døgnmiddel). Data for flommen i 1987 mangler ved 19.128 Åmli kr.st.

19.127 Rygene 1874-2016		19.36 Evenstad 1915-1994		19.128 Åmli kr.st. 1924-2016		20.3 Flaksvatn 1899-2016	
Dato	**m^3/s**	**dato**	**m^3/s**	**dato**	**m^3/s**	**dato**	**m^3/s**
08.10.1892	1455	03.11.1953	1185	03.11.1953	1188	16.11.1959	934
18.10.1987	1215	17.10.1987	1000	05.10.1938	848	16.10.1987	891
04.11.1953	1145	25.11.1949	975	21.06.1933	815	24.11.1949	864
24.11.1949	1128	21.06.1933	832	24.11.1949	784	22.04.1937	832
14.10.1875	957	07.08.1934	799	29.05.1925	729	22.09.1930	767
30.05.1879	957	06.07.1990	795	16.11.1926	729	03.12.1992	759
17.11.1959	914	17.11.1959	719			01.11.1916	741
16.09.2015	906	09.11.1916	700			06.05.1954	719
23.04.1937	867					16.09.2015	668
29.10.1961	858					06.05.1931	652

Det er flommer i oktober og november som er de største i området. Syv av de ti største flommene ved Rygene har vært i oktober og november, og en i hver av månedene april, mai og september. Ut fra de sammensatte dataene fra Lunde Mølle og Rygene er flommen i 1892 med 1455 m^3/s den største i vassdraget, mens høstflommen i 1987 er nest størst. Flommen i september 2015 var den 8. største i løpet av drøyt 140 år. Flomdata for årene 1874-1899 må imidlertid antas å være noe mer usikre enn senere observasjoner.

Figur 5. Flomstøtta ved Trævatn. Foto: Turid Bakken Pedersen, 15.11.2016.

Ved Trævatn, noen kilometer nord for Rygene, er det en flomstøtte hvor vannstand under flere store flommer i Nidelva er avmerket.

På 1920-tallet ble det foretatt senkningsarbeider i Nidelva for å redusere flomvannstandene. De eldste vannstandene er derfor ikke sammenlignbare med de nyere med hensyn til vannføring i elva. Etter senkning er det flommene i 1953 og 1987 som er de høyeste. Vannstanden under flommen i 2015 var noe lavere i denne delen av Nidelva enn i 1987. Ved Rygene var imidlertid vannstanden høyere i 2015 enn i 1987. Det skyldes at i 1987 stod alle nåler åpne under flommen, i tillegg var Rygene kraftverk i drift. Det gamle nåleløpet ble erstattet av flomluker i 1995/ 1996, og under flommen i 2015 stod kraftverket samtidig som lukene ble manøvrert slik at vannstanden var på ca. HRV (ref. Knut Nilsen, Agder Energi).

Før 1920 er de høyeste vannstandene fra 1892, 1837,1860 og 1916. Flommerket fra 1892 er 1,5 – 2,0 m høyere enn merket fra 1916-flommen. Ved flommen i 1916 var vannføringen ved Evenstad 700 m^3/s. Hvis vi antar at vannstanden ved Evenstad også var 1,5 – 2,0 m høyere i 1892 enn i 1916, gir det en vannføring der på 1220 – 1430 m^3/s. Det er da tatt utgangspunkt i vannføringskurven fra Evenstad for perioden 1944-1975. Dette harmonerer godt med beregnet vannføring ved Lunde Mølle under samme flom.

Benyttes vannføringskurven fra Evenstad som er gyldig for perioden 1911-1944 fås en flomvannføring i 1892 på 2500 – 3500 m^3/s. Denne vannføringen antas imidlertid å være kraftig overestimert på grunn av en høy eksponent for det øverste segmentet til vannføringskurven.

I NVEs vassdragsnivellement antydes at flommen i 1860 sto 1.18 m høyere enn flommen i 1916 ved Bøylefoss vannmerke. Det skulle bety at flomvannføringen der var ca. 1020

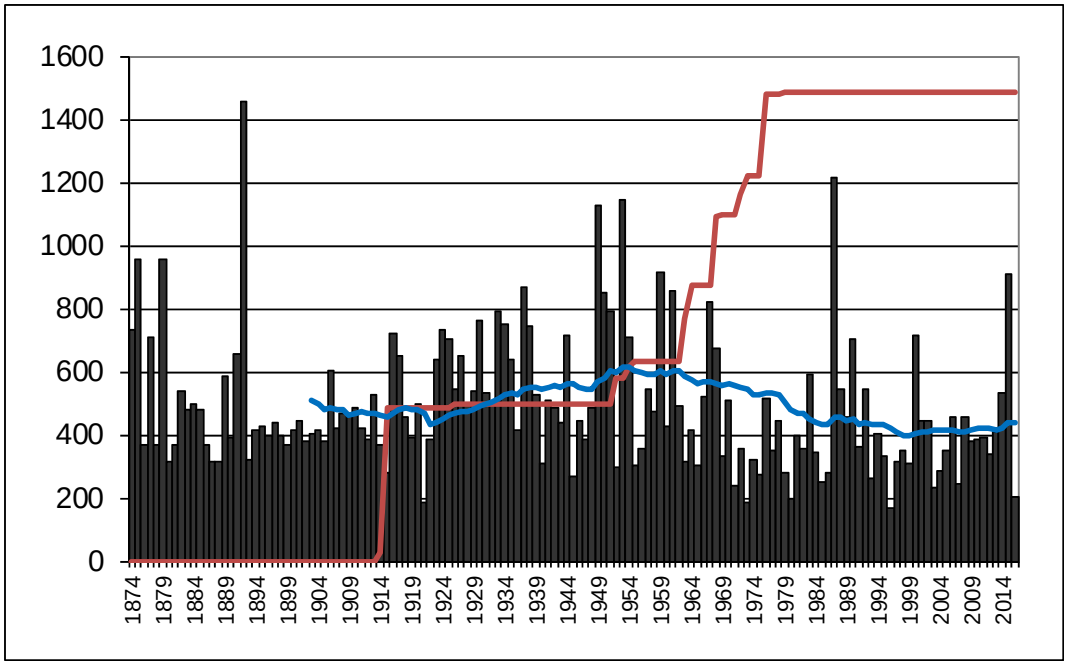
m^3/s og ved Evenstad 1030-1040 m^3/s, altså noe større enn 1987-flommen, men mindre enn 1892-flommen.

Det antas derfor ut fra en grov vurdering at det har vært flomvannføringer mellom ca. 1200 og 1300 m^3/s ved Rygene også i 1837 og 1860.

Flomverdien ved Evenstad i 1953, som er noe høyere enn ved Rygene, er usikker fordi den er beregnet ut fra bl.a. produksjonstall og lukestillinger ved Evenstad kraftverk.

Flomvannføringene i Arendalsvassdraget er i gjennomsnitt blitt mindre samtidig som magasinkapasiteten har økt (figur 6). Det er rimelig å anta at reguleringene har hatt en viss flomdempende effekt, selv om det her ofte er størst flommer på høsten, når magasinfyllingen som regel også er høy. Før de siste utbyggingene i vassdraget varierte 30-års midlere flomvannføring fra omkring 450 til 600 m^3/s, mens for de siste 10-årene har variasjonen vært fra omkring 400 – 450 m^3/s. Figur 6 viser likevel at store flommer fortsatt forekommer.

Også i Tovdalsvassdraget har mange av de største flommene vært på høsten (tabell 2). Her skal det ha vært svært stor flommer også i 1892, 1864 og 1823 (Roald 2013), hvor flommen i 1823 skal ha vært den aller største.

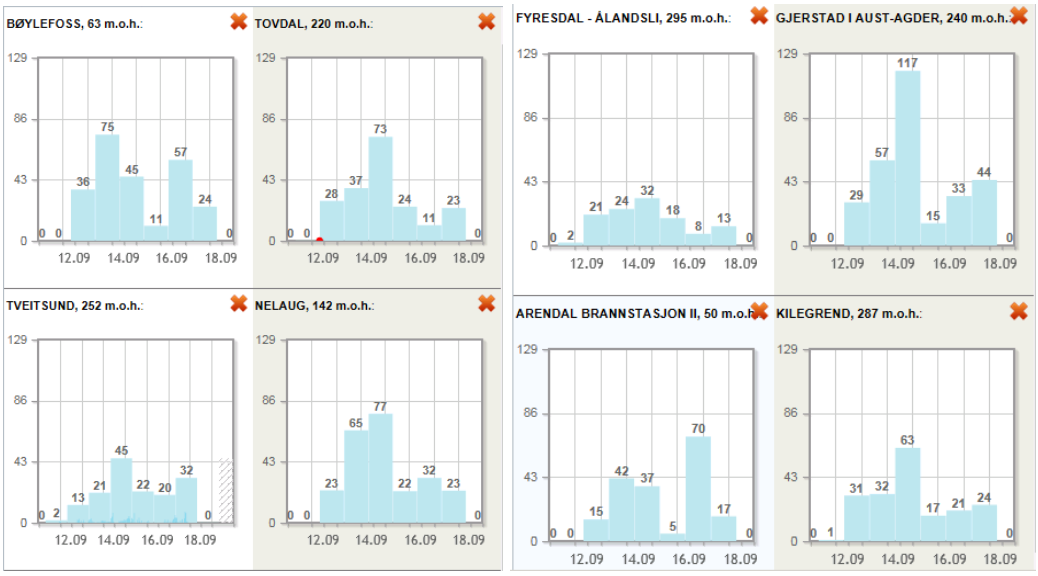


Figur 6. Flomdata 1874 – 2015 fra 19.40 Lunde Mølle/19.127 Rygene (svarte søyler), døgnmiddel i m^3/s. Den blå linjen viser 30-års glidende middelflom og den rød linjen viser utviklingen av magasinkapasitet i Arendalsvassdraget i mill. m^3.

5. Flommen september 2015

I september 2015 førte store nedbørmengder til flom med gjentaksintervall på mellom 5 og 50 år i mange vassdrag i Sør-Norge (Wang 2014). Ved for eksempel nedbørstasjonen Bøylefoss kom det nesten 250 mm nedbør i perioden 11. – 18. september (figur 7). Ut fra analyser senere i denne rapporten, hadde denne flommen ved Rygene et gjentaksintervall på 20 – 50 år.

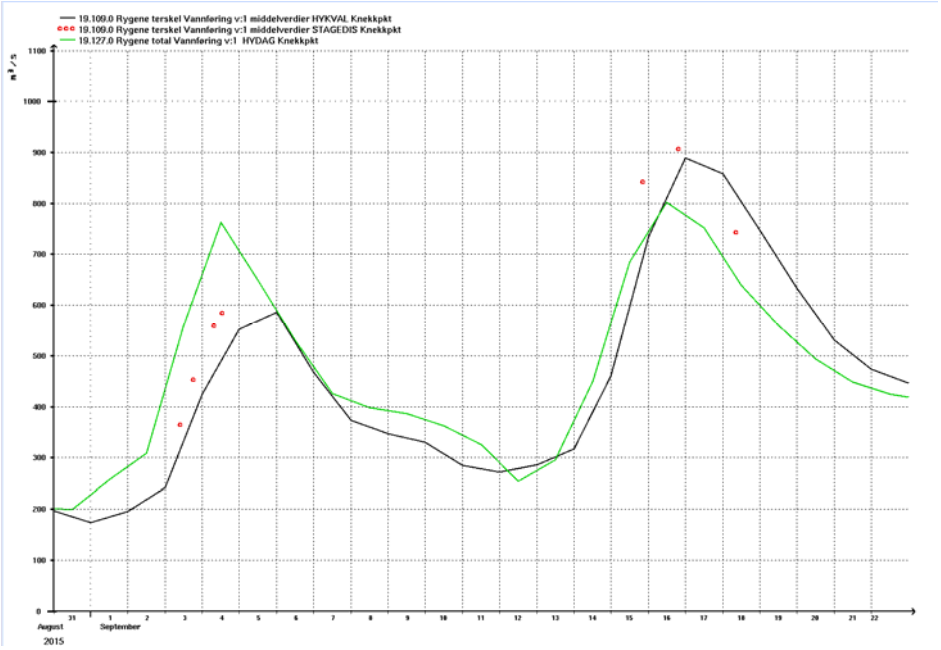
Til sammenligning hadde denne flommen et gjentakstintervall på 10 – 20 år i Tovdalsvassdraget (20.3 Flaksvatn) og 20 – 50 år i Gjerstadvassdraget (18.10 Gjerstad), som ligger henholdsvis rett vest og øst for Arendalsvassdraget.



Figur 7. Nedbør 11. – 18. septeember 2015 ved stasjoner i/ nær Arendalsvassdraget. Kilde xgeo.no.

Arendalsvassdraget ble manøvrert aktivt for å redusere flommen i nedre deler. Det ble blant annet gitt tillatelse til holde igjen vann i Nesvatn for å redusere de totale flomskadene i vassdraget, her var vannstanden høyest 18. og 19. september, mens ved Rygene kulminerte flommen 2 dager tidligere, 16. september.

Rygene kraftverk stod under flommen. Også målestasjonen ved Rygene var ute av drift da flommen kulminerte, men det ble gjort manuelle avlesninger. Disse harmonerer imidlertid ikke helt med vannføringene som ble målt av felthydrologer under flommen (figur 8). I videre analyser er det benyttet en døgnvannføring for 15. september som tilsvarer vannføringsmålingen som ble gjort denne dagen. Det reelle døgnmidlet kan avvike noe fra dette. Dette illustrerer at selv i vassdrag med lange tidsserier og til dels godt oppmålte vannføringskurver, er det usikkerhet knyttet til de største flomvannføringene.



Figur 8. Vannføring ved Rygene i september 2015. Grønn kurve viser vannføring over terskelen ved Rygene. Svart kurve, Rygene total skal gi summen av det som går over terskelen og gjennom kraftverket. I denne perioden var Rygene kraftverk ute av drift, og den svarte og grønne kurven burde derfor overlappe. Det var også problemer knyttet til den automatiske loggingen av vannstand disse dagene. Røde punkter viser vannføringsmålinger under flommen. Avviket mellom de ulike verdiene illustrerer noe av usikkerheten vannføringsdataene er beheftet med.

6. Flomfrekvensanalyser

Det er utført frekvensanalyser på årsflommer for de aktuelle målestasjonene. Resultatene er vist i tabell 3 og 4, hvor midlere flom, Q_M, og forholdstallene Q_T/Q_M presenteres. I figurene 9-11 er flomfrekvensanalysene med forholdstallene Q_T/Q_M vist grafisk.

Fra Rygene har vi totalt 143 år med observasjoner. Den største registrerte flommen var i 1892. Denne flommen får et gjentaksintervall på nesten 200 år ved bruk av GEV-fordelingen (figur 9).

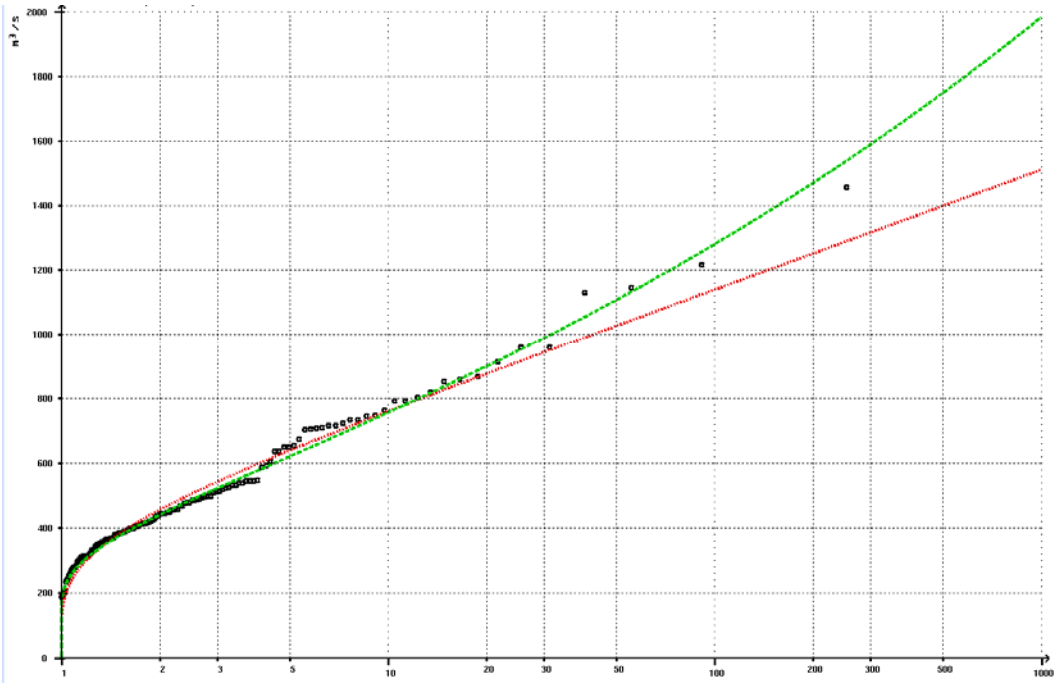
Flaksvatn har 117 år med observasjoner. Største registrerte flom var i 1959. Når en legger GEV-fordelingen til grunn, får denne flommen et gjentaksintervall på i underkant av 100 år. Ut fra informasjon om at det var svært store flommer her også i 1837, 1864 og 1892 (Roald 2013) virker beregnet gjentaksintervall for 1959-flommen å være rimelig (figur 11).

Tabell 3. Flomfrekvensanalyser, døgnmiddel av årsflommer.

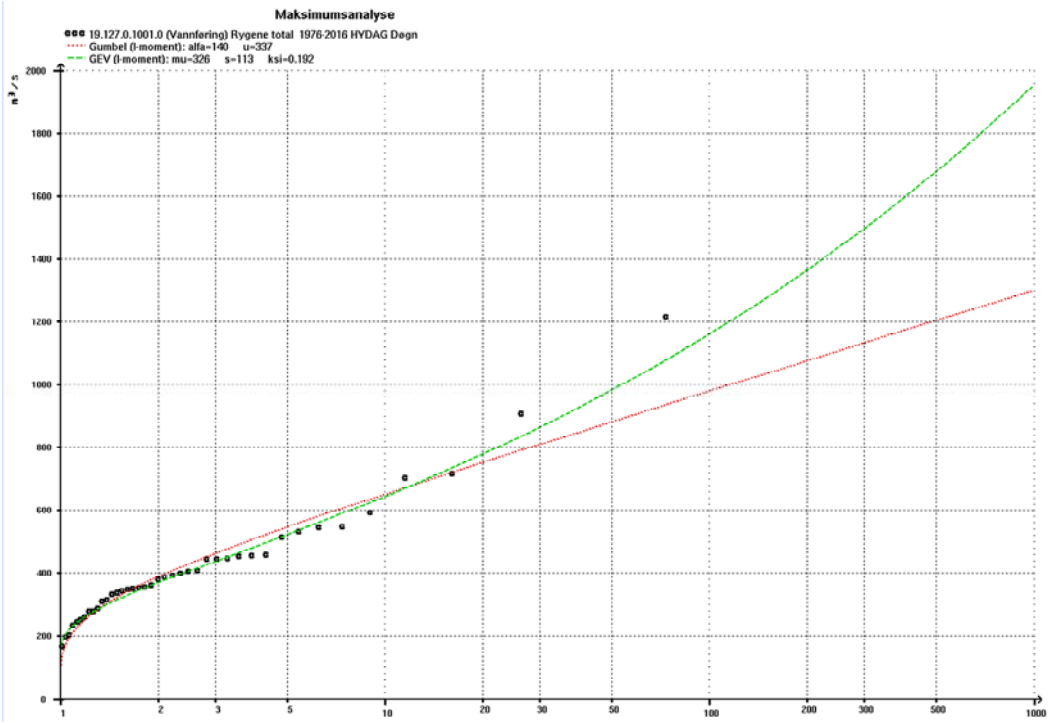
Vannføringsstasjon	Areal km²	Periode	Antall år	Q_M m³/s	Q_M l/s·km²	Kommentar
19.127 Rygene	3946	1874-2016	143	491	124	Hele perioden
		1874-1914	41	492	125	Uregulert
		1874-1962	89	538	136	Ureg./ noe regulert
		1976-2016	41	418	106	Etter siste større reg.
19.36 Evenstad	3520	1916-1944	79	475	135	Noe reg.
19.128 Åmli kr.st.	3173	1924-2016	93	415	131	Noe reg.
19.107 Lilleelv	39,3	1997-2016	20	11,8	300	
20.3 Flaksvatn	1777	1900-2016	117	402	226	Ca. 5 % reguleringsgrad

Tabell 4. Flomfrekvensanalyser, døgnmiddel av årsflommer.

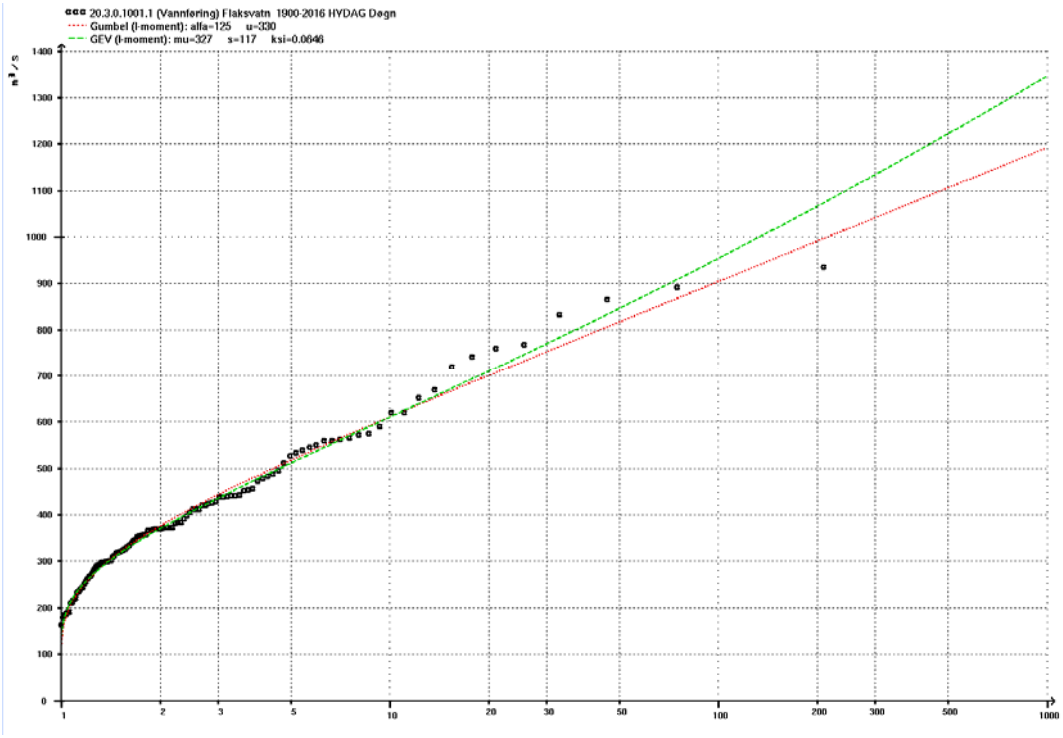
Vannføringsstasjon	Periode	Antall år	Q_5/Q_M	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M	Q_{1000}/Q_M	
19.127 Rygene	1874-2016	143	1,27	1,54	1,83	2,26	2,61	3,00	3,56	4,04	GEV
	1874-1914	41	1,12	1,38	1,72	2,35	3,02	3,9	5,6	7,4	GEV
	1874-1962	89	1,24	1,50	1,78	2,19	2,54	2,93	3,52	4,02	GEV
	1976-2016	41	1,25	1,54	1,86	2,35	2,78	3,27	4,01	4,68	GEV
19.128 Åmli kr.st.	1924-2016	93	1,36	1,69	2,03	2,50	2,87	3,26	3,80	4,24	GEV
20.3 Flaksvatn	1900-2016	117	1,27	1,52	1,77	2,11	2,37	2,65	3,04	3,35	GEV



Figur 9. Flomfrekvensanalyse for 19.127 Rygene, 1874-2016, døgnmiddel av årsflommer. Den grønne og røde kurven viser tilpasning med henholdsvis GEV- og Gumbel-fordelingen. Vassdraget er gradvis endret fra å være uregulert frem til 1914 og til en reguleringsgrad på ca. 40 % etter 1976.



Figur 10. Flomfrekvensanalyse for 19.127 Rygene, 1976-2016, døgnmiddel av årsflommer. I denne perioden har vassdraget hatt en reguleringsgrad på drøyt 40 %. Den grønne og røde kurven viser tilpasning med henholdsvis GEV- og Gumbel-fordelingen.



Figur 11. Flomfrekvensanalyse for 20.3 Flaksvatn, 1900-2016, døgnmiddel av årsflommer. Den grønne og røde kurven viser tilpasning med henholdsvis GEV- og Gumbel-fordelingen.

7. Beregning av flomverdier

Det skal beregnes flomverdier for Nidelva ved Evenstad (3520 km^2), ved et punkt oppstrøms elven fra Rore (3748 km^2), ved Rygene (3946 km^2) og ved utløp ved Skarpnestangen (4011 km^2).

For den uregulerte perioden er spesifikk midlere flom ved Rygene 125 l/s km^2 (1874 – 1914). Frekvenskurven for denne perioden gir imidlertid urealistiske høye forholdstall for de største flommene. Det skyldes enkelte svært høye flommer disse årene, samtidig som de fleste flommene var relativt moderate. Samtidig må det antas at det er større usikkerhet knyttet til de tidligste observasjonene i vassdraget enn i de senere årene.

Ved å utvide perioden fra 1874 til 1962, det vil si ved å inkludere årene frem til de siste store utbyggingene i vassdraget, blir spesifikk midlere flom ved Rygene 136 l/s km^2. Etter dette er midlere flom redusert til 106 l/s km^2 (1976-2016).

Spesifikk midlere flom er større ved Flaksvatn enn ved de øvrige stasjonene. Dette er rimelig siden Flaksvatn har et mindre felt enn stasjonene i Arendalsvassdraget. Tovdalsvassdraget har i tillegg mindre innsjøprosent enn Arendalsvassdraget og dermed mindre flomdempning i innsjøer.

De regulerte seriene i Arendalsvassdraget (Rygene og Åmli) gir høyere forholdstall ved sjeldne flommer enn flomanalysene for Flaksvatn. Det er rimelig, fordi små flommer ofte dempes mer enn store flommer i regulerte vassdrag. Det skyldes at ved store flommer vil enkelte magasiner fylles og få overløp, som fører til relativ stor forskjell mellom «midlere» flom og mer sjeldne flommer i regulerte vassdrag.

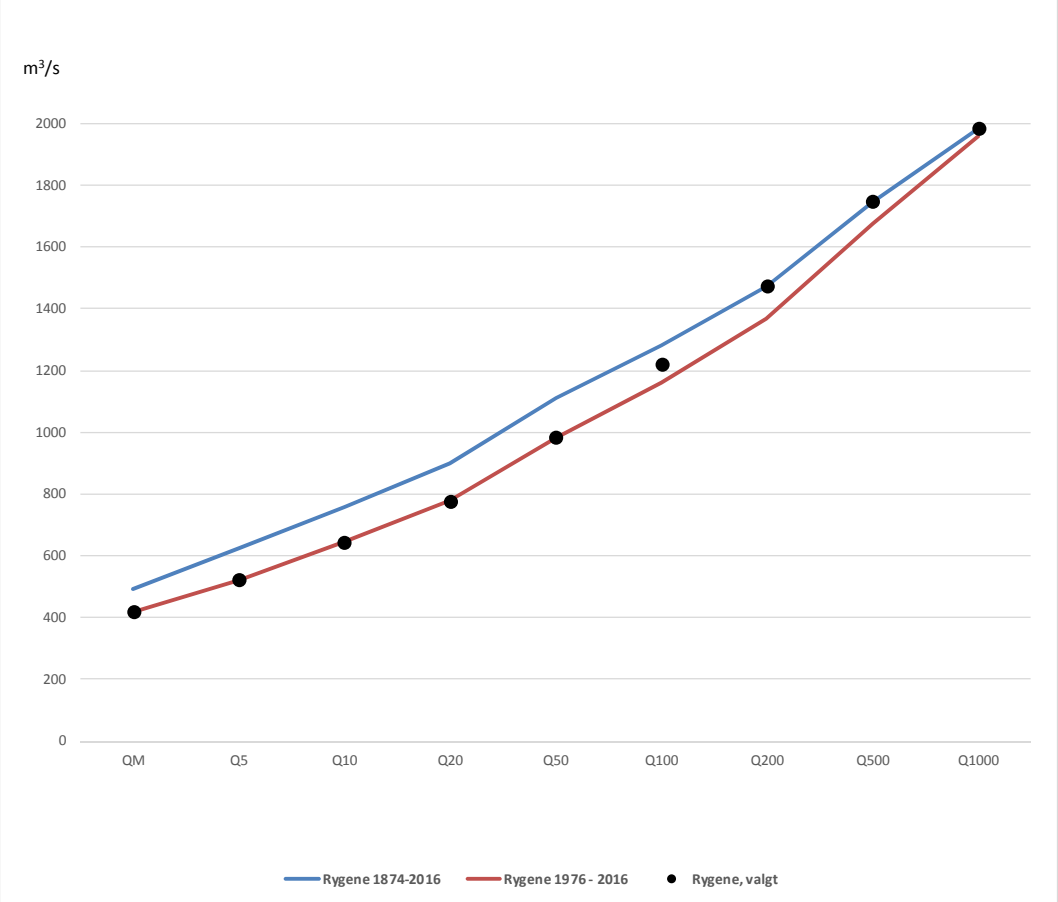
Det er videre antatt at data fra Rygene fra de siste 40 årene gir en god beskrivelse av flommer med gjentaksintervall opp mot 50 år.

Det antas at Arendalsvassdraget går mot en mer uregulert situasjon ved riktig store flommer. For eksempel ville bidraget fra de regulerte feltene sannsynligvis blitt vesentlig høyere i 2015 om nedbøren hadde vart et par døgn lenger. Derfor er hele dataserien for Rygene fra 1874 – 2016 lagt til grunn for å beregne flommer med gjentaksintervall på 200 år eller mer. For 100-årsflom velges en verdi som ligger midt mellom resultatene fra de to analysene over.

Det gir flomverdier som vist i tabell 5 og figur 12 ved Rygene.

Tabell 5. Flomverdier i Nidelva ved Rygene, døgnmiddelvannføringer.

	Q_M l/s·km²	Q_M m³/s	Q_5 m³/s	Q_{10} m³/s	Q_{20} m³/s	Q_{50} m³/s	Q_{100} m³/s	Q_{200} m³/s	Q_{500} m³/s	Q_{1000} m³/s
Nidelva ved Rygene, 1874-2016	136	491	624	756	899	1110	1282	1473	1748	1984
Nidelva ved Rygene, 1976 - 2016	106	418	523	644	777	982	1162	1367	1676	1956
Nidelva ved Rygene, valgt	106	418	523	644	777	982	1222	1473	1748	1984

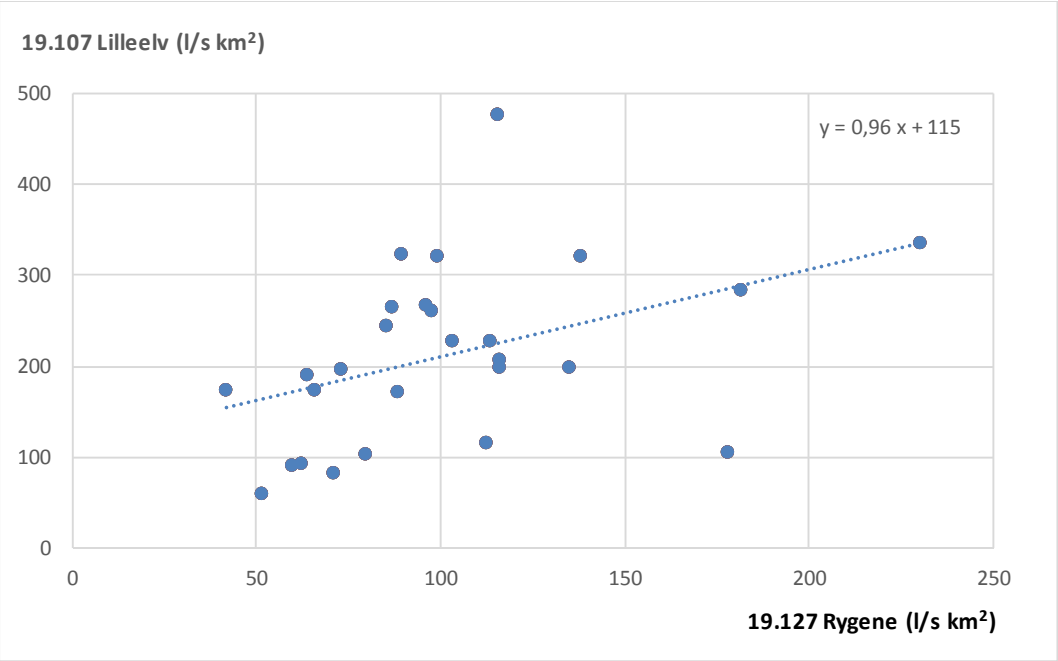


Figur 12. Beregnet flomvannføring i Nidelva ved Rygene. Analyser basert på data fra perioden 1874-2016 er vist med blå kurve, fra perioden 1976 – 2016 med rød kurve. Verdiene som anbefales benyttet for videre flomsonekartlegging er vist som svarte punkter.

Videre antas at vannføringen ved stasjonen 19.107 Lilleelv er representativ for avrenningen i nedre deler av Arendalsvassdraget når det er flom i hovedelva. Det er derfor utført en analyse av flomvannføring ved Rygene og samtidig vannføring ved stasjonen 19.107 Lilleelv fra årene 1984 – 2016. Det er observasjonsbrudd de aktuelle datoene ved Lilleelv i 7 av årene. For de resterende 26 årene er midlere spesifikk vannføring ved Lilleelv fra omkring like stor til drøyt fire ganger større enn spesifikk flomvannføring ved Rygene. Det er deretter foretatt en enkel regresjonsanalyse som ga spesifikk vannføring i Lilleelv som funksjon av spesifikk vannføring ved Rygene:

$q\ (Lilleelv) = 0{,}96 * q\ (Rygene) + 115\ l/s\ km^2$

En ser av figur 13 at det er store variasjoner fra flom til flom, men det anses likevel som rimelig å legge til grunn at tilsiget fra lokalfeltet øker noe med økende flom i hovedvassdraget. Det medfører at ved midlere flom i Nidelva benyttes en avrenning fra lokalfeltene på 217 l/s km^2, eller ca. 70 % av beregnet midlere flom for Lilleelv. Videre gir dette en avrenning fra lokalfeltene på ca. 400 og 600 l/s km^2 ved henholdsvis 100- og 1000-årsflom i Nidelva.



Figur 13. Spesifikk flomvannføring ved stasjonen 19.127 Rygene mot samtidig spesifikk vannføring ved 19.107 Lilleelv for årene 1984-2016.

Det er og gjort en analyse av flomdata for 19.127 Rygene og 19.36 Evenstad for årene 1976-1994, det vil si årene etter siste større regulering i vassdraget hvor en har data fra begge stasjoner. Det viser at spesifikk midlere flom er ca. 3 l/s·km^2 mindre ved Evenstad enn ved Rygene. Det harmonerer godt med at spesifikk avrenning fra lokalfeltet til Nidelva er høyere enn for hovedelva ved flom i hovedvassdraget.

Lokalfeltet mellom Evenstad og Rygene er totalt 426 km^2. På denne strekningen renner Nidelva gjennom Bjorsund. Her kan det være både inn- og utstrømning til innsjøen Rore. Lokalfeltet ned til Bjorsund er 228 km^2, og lokalfeltet fra Bjorsund til Rygene er 198 km^2, av dette utgjør nedbørfeltet til innsjøen Rore 191 km^2 eller 96 %. Forholdene her er blant annet studert av NHL (Norges Hydrodynamiske Laboratium). Konklusjonene i NHLs rapport om hydrologiske og hydrauliske forhold i Nidelva (Vaskinn, 1989) vedrørende innstrømning som følge av vannførings-økning er som følger:

Med utgangspunkt i en stabil situasjon vil vann starte å strømme inn i Bjorsund selv som følge av små endringer i vannføringen i Nidelva. Det er flere årsaker til dette. En viktig årsak er de bunntopografiske forholdene som gjør det naturlig at deler av vannmassene fra Nidelva strømmer direkte inn i Bjorsund. Svært mange av innstrømningsepisodene er av kortvarig karakter, dvs. ca. 1 døgn.

Ved høye vannføringer og dermed høye vannhastigheter i Nidelva vil en kunne få høyere vannstandsøkning i Rore enn i Nidelva ved innløpet til Bjorsund. Dette skyldes at en har bevegelsesenergi som omformes til potensiell energi.

Selv i situasjoner med stor flomstigning varer ikke perioden med innstrømning lenge. Lengste sammenhengende periode med innstrømning er 2 døgn i måleperioden (for NHLs prosjekt). *Dette skyldes et betydelig lokaltilsig til Rore/Syndle.*

I perioder med snøsmelting i de høyereliggende feltene vil en sannsynligvis ha lengre perioder med innstrømning.

I tidligere flomberegning ble forholdene drøftet med Audun Bjørknes i Agder Energi, og man konkluderte da med at det var kommunikasjonen mellom Nidelva og Rore gjennom Bjorsund. Og videre at det under den store flommen i 1987 ikke var vannstrømning verken den ene eller andre veien. Ut fra dette antas at hele lokaltilsiget fra Bjorsund til Rygene å bli lagret i Rore ved flom i Nidelva. Det gir flomverdier som vist i tabell 6.

Tabell 6. Flomverdier i Nidelva, døgnmiddelvannføringer.

	Q_M l/s·km^2	Q_M m^3/s	Q_5 m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s	Q_{500} m^3/s	Q_{1000} m^3/s
Nidelva ved Evenstad	103	362	460	574	699	891	1115	1351	1609	1830
Nidelva oppstrøms Bjorsund	110	412	515	636	768	972	1210	1459	1732	1966
Nidelva ved Rygene	106	418	523	644	777	982	1222	1473	1748	1984
Nidelva ved utløp Skarpnestangen	108	432	538	661	797	1005	1249	1504	1783	2022

De presenterte flomverdiene så langt representerer døgnmiddelverdier. Kulminasjons-vannføringen kan være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen ved store flommer. Det er utarbeidet ligninger basert på feltparametrer som kan benyttes for å beregne forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddel-vannføring (Sælthun m.fl., 1997). Formelen for høstflommer, som er de største i Nidelva, er:

$$Q_{momentan}/Q_{middel} = 2.29 - 0.29 \cdot \log A - 0.270 \cdot A_{SE}^{0.5},$$

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent. For Nidelva ved Rygene er effektiv sjøprosent 0.71 %. Formelverket gir da et forholdstall på 1.02.

I en flomberegning for damsikkerhetsformål (Berg, 2012) ble forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring ved dimensjonerende avløpsflom ved Nelaug og Rygene beregnet til ca. 1.06.

Vi har og noen data med fin tidsoppløsning fra målestasjonen Rygene fra 2009 og 2014 med vannføringer rundt middelflom. For i alt 5 hendelser varierer forholdstallene mellom 1,03 og 1,09, med et gjennomsnitt på 1,06. Dette antas derfor å være representativt ved alle flomstørrelser i nedre del av Nidelva. Resulterende kulminasjonsvannføringer er vist i tabell 7.

Tabell 7. Flomverdier i Nidelva, kulminasjonsvannføringer.

	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
Nidelva ved Evenstad	384	488	608	741	944	1182	1432	1705	1939
Nidelva oppstrøms Bjorsund	436	546	674	815	1030	1282	1546	1836	2084
Nidelva ved Rygene	443	554	682	824	1041	1295	1561	1853	2103
Nidelva ved utløp	458	571	701	845	1066	1323	1594	1890	2144

8. Sammenligning med andre flomberegninger

Denne flomberegningen bygger i stor grad på NVE-dokument 22-2005, Flomberegning for nedre del av Arendalsvassdraget. Resultatene er likevel vesentlig endret i forhold til tidligere. Flomvannføringer med gjentaksintervall på 50 år eller mindre er redusert med ca. 40 – 110 m^3/s, mens sjeldnere flomvannføringer har økt med ca. 80 - 450 m^3/s. Se tabell 8.

Tabell 8. Flomverdier i Nidelva fra NVE-dok 22-2005 og i denne rapporten.

	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
Nidelva ved Evenstad, 2017	391	495	617	751	956	1195	1447	1722	1958
Nidelva ved Eventstad, 2005	463	597	717	833	986	1101	1222	1384	1513
Endring m^3/s	-72	-102	-101	-82	-30	94	225	339	445
Endring %	-16 %	-17 %	-14 %	-10 %	-3 %	9 %	18 %	24 %	29 %
Nidelva ved Rygene, 2017	443	554	682	824	1041	1295	1561	1853	2103
Nidelva ved Rygene, 2005	507	654	786	912	1080	1207	1338	1516	1658
Endring m^3/s	-64	-100	-103	-88	-39	89	223	337	445
Endring %	-13 %	-15 %	-13 %	-10 %	-4 %	7 %	17 %	22 %	27 %

Årsakene til endringene er først og fremst:

- Data etter siste større regulering i vassdraget (1976) er benyttet for å beregne flommer med gjentaksintervall på opptil 50 år. Det antas at disse 41 årene er representative for dagens regulerte vassdrag. Reguleringsgraden har vært stabil på ca. 40 % i perioden. Tidligere ble hele dataperioden benyttet også for å beregne middel- til 50-årsflom.
- Dataserien er nå forlenget både med flere observasjoner fra de siste årene (2005-2016) og ved at observasjonene ved Lunde Mølle fra årene 1874-1899 er tatt med i flomanalysene. Tidligere ble kun data fra 1900 – 2005 benyttet i frekvensanalysene. I 1892 var det en svært stor flom i Arendalsvassdraget. Beregnet vannføring under denne flommen er sannsynliggjort blant annet ved å sammenholde denne med merker på flomsteiner i området.
- Det ble tidligere benyttet Gumbel-fordeling ved beregning av flommer med ulike gjentaksintervall. Nå er General Extreme Value –fordelingen lagt til grunn. GEV-fordelingen gir noe brattere frekvenskurver/ større flommer enn Gumbel-fordelingen. Med det datagrunnlag vi nå benytter ville en ved å bruke Gumbelfordelingen tolke flommen i 1892 som større enn en 500-årsflom, og flommene i 1949, 1953 og 1987 som 100 – 200-årsflommer. Ut fra GEV-fordelingen kan disse karakteriseres som omkring en 200-årsflom (1892), 100-årsflom (1987) og 50-100-årsflommer (1949 og 1953).

- Det ble tidligere benyttet et forholdstall på 1,03 mellom kulminasjon og døgnmiddelvannføring. Dette er nå økt til 1,06, både fordi en har fått noen observasjoner med fin tidsoppløsning fra Rygene, og fordi nyere flomberegninger i forbindelse med damsikkerhet, hvor flomforløp er routet gjennom vassdraget, gir tilvarende forholdstall.
- Avrenningen fra lokalfeltene i nedre del av Arendalsvassdraget ved flom i Nidelva er beregnet på en annen måte enn tidligere. Det skyldes først og fremst at observasjonene ved målestasjonen 19.107 Lilleelv nå både er lengre og har bedre kvalitet enn i 2005.

I 2012 ble det og gjennomført nye flomberegninger for damsikkerhet i Arendals-vassdraget (Vattenfall, 2012). Disse gir vesentlig høyere flomverdier enn det som er beregnet her. For eksempel er 1000-årsflom ved Rygene beregnet til 2745 m^3/s, eller drøyt 600 m^3/s større enn foreliggende beregninger gir. I beregningene for damsikkerhet er det antatt at vann strømmer fra innsjøen Rore og ut i Nidelva ved 1000-årsflom. Det er en konservativ antagelse. I beregningene for flomsonekart er det antatt at lokaltilsiget til Rore lagres i innsjøen og ikke bidrar til flomtoppen i hovedelva. Ved 1000-årsflom utgjør dette ca. 120 m^3/s.

Videre er 500-årsflom ved Evenstad beregnet til 2184 m^3/s (damsikkerhet), eller nesten 500 m^3/s større enn disse beregningene gir.

I damsikkerhetsrapporten er det og beregnet 200-årsflommer ved Rygene og Evenstad. Disse er omtrent like store som de beregnede 1000-årsflommene i denne rapporten.

En viktig årsak til forskjellen mellom beregningene, er at en ved flomberegninger for damsikkerhet har forutsatt at alle magasiner ligger på HRV ved flommens start. Det er en antagelse som er i tråd med retningslinjene for flomberegninger for damsikkerhet, men er en svært streng antagelse med tanke på flomsonekartlegging. Videre er det ved beregninger for damsikkerhet lagt vekt på bruk av nedbør-avløpsmodell, mens disse beregningene er basert på flomfrekvensanalyse av vannføringsdata fra vassdraget.

9. 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 mot år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentaksintervall. I avsnitt 6.5, som omhandler Rogaland og Agder, i nevnte rapport, anbefales følgende: «20 % økning – Alle større nedbørfelt i hele regionen». Følgelig er det blitt utført en beregning med 20 % økning på alle flomverdiene, kulminasjonsvannføringer. Resultatene er presentert i tabell 9.

Tabell 9. Flomverdier i Nidelva med 20 % klimapåslag, kulminasjonsvannføringer.

	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
Nidelva ved Evenstad	461	585	730	889	1133	1419	1718	2046	2327
Nidelva oppstrøms Bjorsund	524	655	809	977	1236	1539	1856	2203	2501
Nidelva ved Rygene	532	665	819	989	1249	1554	1874	2223	2523
Nidelva ved utløp	550	685	841	1014	1279	1588	1913	2268	2573

10. Usikkerhet

Grunnlaget for flomberegning i Nidelva er godt, og omfatter flere meget lange dataserier.

Selv der det finnes data er det usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flom-vannføringer. De eldre observasjonene som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på et antall samtidige observasjoner av vannstand og måling av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ikke alltid utført på ekstreme flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert samband mellom vannstander og vannføringer, dvs. også ”observerte” flomvannføringer inneholder en grad av usikkerhet. Vannføringsdata fra senere år er i flere tilfeller beregnet ut fra produksjon og tapping ved kraftverk, noe som også bidrar til en relativt stor usikkerhetsfaktor.

En annen faktor som fører til usikkerhet i flomdata er at de eldste dataene i databasen er basert på én daglig observasjon av vannstand inntil registrerende utstyr ble tatt i bruk. Disse daglige vannstandsavlesninger betraktes å representere et døgnmiddel, men kan avvike i større eller mindre grad fra det virkelige døgnmidlet.

Dataene med fin tidsoppløsning er ikke kontrollerte på samme måte som døgndataene og er ikke kompletterte i tilfelle observasjonsbrudd. Det foreligger heller ikke data med fin tidsoppløsning på databasen lenger enn ca. 30 år tilbake. Og for eksempel for Rygene har vi kun noen få år med tilgjengelige findata. Det er derfor ikke mulig å utføre flomfrekvensanalyser direkte på kulminasjonsvannføringer.

Det er også usikkerhet knyttet til virkningen på flomvannføringer av utbygging av magasiner til kraftproduksjon. Slike reguleringsinngrep medfører ofte økt flomdempning i et vassdrag i forhold til naturlige forhold, både fordi magasinene ofte ikke er på HRV ved flommens start og ved at man til en viss grad kan manøvrere ulike magasin for å redusere nedstrøms flomproblemer.

Det har også gjort forsøk på å beregne tilsigsserier for Arendalsvassdraget, for å vurdere reguleringenes virkning nærmere. Mange magasindata tilbake i tid i Arendalsvassdraget har imidlertid en tidsoppløsning på over 1 døgn og de er da lite egnet for slike analyser. For flommen i 2015 gir tilsigsberegninger enkelte dager med store negative tilsig, såkalt «støy». Dette skyldes sannsynligvis usikkerhet knyttet til registrerte magasinvannstander.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregningen er at på grunn av de lange dataseriene i vassdraget kan datagrunnlaget betegnes som godt, og beregningen klassifiseres derfor i klasse 1, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

Beldring, S., Roald, L.A., Voksø, A., 2002: Avrenningskart for Norge. Årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990. NVE-Dokument nr. 2-2002.

Berg, Gunnar, 2012. Flomberegning i Arendalsvassdraget. Delrapprot Nisser/ Nidelv. Vattenfall Res. and Dev. – rev. oppdragsrapport for Arendals Vassdrags Brugseierforening, 20.12.2012.

Lawrence, Deborah, 2016: Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE-rapport 81-2016.

NVE, 2002: Avrenningskart for Norge 1961-1990.

Pettersson, L.-E., 2005: Flomberegning for nedre del av Arendalsvassdraget. NVE-dokument 22-2005.

Pettersson, L.-E., 2014: Aktive vannføringsstasjoner i Norge. NVE-rapport 71-2014.

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

Vasdragsdirektøren, 1912: Vandstandiagttagelser, bind VI. Hydrologiske meddelelser for kongeriget Norge.

Vaskinn, K. A., 1989: Nedre Nidelva. Hydrologiske og hydrauliske forhold. NHL-rapport STF60 A89043.

Vevstad, A., 1987: Arendalsvassdraget. Et vassdrag i samfunnets tjeneste. Arendals Vasdrags Brugseierforening.

Wang, Thea C. 2016. Flommen på Sør- og Østlandet september 2015. NVE-rapport 44-2016.

Rapport nr 20-2017

Revidert flomberegning for nedre del av Arendalsvassdraget (019.Z).

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Erik Holmqvist

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 10
Forsidefoto: Flom i nedre del av Nidelva, 17. sep. 2015. Foto: Kjartan Orvedal, NVE.
ISBN 978-82-410-1572-4
ISSN 1501-2832

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flombergeninger for nedre del av Arendalsvassdraget. Denne rapporten er en revisjon av NVE-rapport 22-2005.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Nidelva, Arendalsvassdraget

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

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mars 2017