



Flommen på Sørlandet 30.9 – 3.10.2017

med oppsummering av flommen 22. - 24.10.2017

Elin Langsholt og Erik Holmqvist

80
2017



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 80-2017

Flommen på Sørlandet 30.9 – 3.10.2017

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Elin Langsholt og Erik Holmqvist

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 20

Forsidefoto: Drangsholt ved Tovdalselva, søndag 1. oktober 2017. Turid Haugen/NVE

ISBN 978-82-410-1633-2

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Sørlandet ble rammet av en stor flomhendelse 30. september – 3. oktober 2017. Flommen skyldtes usedvanlig mye nedbør, nærmere 300 mm i løpet av tre døgn. Ved vannføringsstasjoner i Mandalselva og Tovdalsvassdraget ble det satt rekorder i måleserier som er over 100 år lange. Skadeomfanget etter flommen er svært stort, med rundt 3300 innmeldte skader til en samlet verdi av over 500 millioner. De fleste skadene er på private bygninger. Mellom 40 og 50 veier ble stengt på grunn av flom eller ras.

Emneord: flom, nedbør, høst, Sørlandet, flomvarsling

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

November 2017

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1 Innledning	6
2 Initialtilstand	8
2.1 Temperatur og nedbør	8
2.2 Vannføring	10
2.3 Mark- og grunnvannstand	10
3 Beskrivelse av flommen.....	11
3.1 Nedbør og temperatur.....	11
3.2 Vannføring	15
3.2.1 Vegårsvassdraget	17
3.2.2 Nidelva/ Arendalsvassdraget.....	17
3.2.3 Tovdalsvassdraget.....	18
3.2.4 Otra.....	20
3.2.5 Søgne	23
3.2.6 Mandalselva.....	24
3.2.7 Lygna	26
3.2.8 Audna	26
4 Prognoser og varsler.....	27
4.1 Nedbørprognoser	27
4.1.1 OBS-varsler	27
4.1.2 Prognoser fra værvarslingsmodellene	28
4.2 Hydrologiske prognoser	29
4.2.1 Hydrologiske modellprognoser	29
4.2.2 Flomvarsler	33
5 Flommens virkninger	35
6 Referanser.....	36
7 Vedlegg, ny flom på Sørlandet 22. – 24. okt.	37

Forord

Ved hjelp av meteorologiske og hydrologiske prognoser og observasjoner i sanntid er varslingstjenesten i NVE kontinuerlig oppdatert på den hydrologiske situasjonen i Norge.

I henhold til NVEs interne rutiner skal de hydrologiske forholdene ved store skadeflommer dokumenteres i form av en rapport.

Hensikten er først og fremst å belyse hendelsen ved å prøve å besvare noen nøkkelspørsmål. Hva skjedde? Hva var konsekvensene? Hvorfor skjedde det? Hvordan har vi håndtert det? Svarene på disse spørsmålene er viktige for å trekke lærdom og være bedre rustet for å håndtere lignende situasjoner i framtida.

Denne rapporten beskriver den store skadeflommen som rammet deler av Sørlandet 30. september til 3.oktober 2017. Erik Holmqvist har skrevet om vannføringsobservasjoner og samarbeidet med regulantene og Elin Langsholt har skrevet om meteorologien og om prognoser og varsler.

Oslo, november 2017


for Morten Johnsrud
avdelingsdirektør


Hervé Colleuille
seksjonssjef

Sammendrag

Dagene i overgangen fra september til oktober 2017 ble Sørlandet rammet av et usedvanlig kraftig regnvær, som resulterte i flom og flere jordskredhendelser. Det ble observert opp mot 300 mm nedbør i løpet av tre døgn ved flere stasjoner. Maksimal observert døgnnedbør var 173 mm, som er nasjonal rekord for oktober. Ved vannføringsstasjoner i Mandalselva og Tovdalsvassdraget ble det satt vannføringsrekorder i måleserier som er over 100 år lange.

Tilstanden med hensyn til mark- og grunnvann ved starten av flomhendelsen var på den tørre siden av normalen i vest, og på den fuktige siden i øst, etter en septembermåned som nedbørmessig hadde forløpt omtrent som normalt, men med en betydelig nedbørepisode litt før midten av måneden i østlige områder. Vannføringen i østlige områder var fortsatt relativt høy for årstiden på grunn av denne nedbørepisoden. Det lå ikke snø i området, og det kom heller ikke snø av betydning i løpet av flomhendelsen.

Flommen utviklet seg som et resultat av to kraftige frontsystemer, som feide over landsdelen med kort mellomrom. Det første beveget seg sakte, og ga ekstreme mengder nedbør fra fredag kveld til søndag formiddag. Det andre beveget seg raskere men ga også svært mye nedbør, fra søndag kveld til mandag morgen.

Det ble registrert flomvannføringer ved en rekke målestasjoner 30. september til 2. oktober. Det ble gjort mange nye målinger i felt av samhørende vannstander og vannføringer, og mange steder ble det foretatt vannføringsmålinger ved vesentlig større vannføringer enn tidligere. Data fra disse målingene er ikke bearbeidet når denne rapporten utarbeides, så gjentakintervall og flomverdier vil trolig endre seg. Gjentakintervaller på opp mot 100 år og over er estimert ved flere stasjoner.

Flere av de berørte vassdragene er regulert, men det varierer hvor stor effekt reguleringene hadde på flommen. I Nidelva og i Otra hadde manøvreringen av reguleringsmagasinene trolig betydelig dempende effekt på flomtoppen.

MET sendte ut OBS-varslere fra fredag 29. september. NVE varslet gult nivå for lørdag på torsdag, et varsel som ble oppgradert til oransje på fredag og rødt for deler av området på lørdag morgen.

Skadeomfanget etter flommen er av de verste vi har sett, med rundt 3300 innmeldte skader til en samlet verdi av over 500 millioner. Over 80% av skadene er på private bygninger, og flere titalls mennesker måtte evakueres. Mellom 40 og 50 veier ble stengt på grunn av flom eller ras.

I vedlegget gis det en oppsummering av flommen som berørte samme området to uker senere.

1 Innledning

Dagene i overgangen fra september til oktober 2017 ble Sørlandet rammet av et usedvanlig kraftig uvær. Nedbørmengder på opp mot 300 mm over tre-fire dager førte til rekordstor flom i elver fra Aust-Agder til Rogaland. Jordskred skapte problemer mange steder, og opptil et femtitalls veier var stengt på en gang i Agder. I Telemark var det mindre problemer, men også her gikk det jordskred og elvene gikk flomstore.

NVE sendte ut varsel om flom et par dager før hendelsen. Varselet ble oppgradert fra gult til oransje til rødt nivå ettersom hendelsen nærmet seg, nedbørprognosene endret seg og det ble overveiende sannsynlig at ekstreme forhold var på vei. Flomvarsel på rødt nivå lå ute tre dager på rad, og varsel om jordskredfare på oransje nivå gjaldt i samme område. Rødt er det høyeste varslingsnivået til flom- og jordskredvarslinga.

Alt vannet førte til store problemer for mange, og det ble mye skader. Veier, jernbane, fabrikker og hus ble berørt i områdene som var mest utsatt. Mange hus har hatt vann i kjellere og førsteetasjer, noen hus er skadet av jordskred, og flere mennesker måtte evakueres fra hjemmene sine – både som følge av flom og skredfare. Full oversikt over skadene får man først når vannet har trukket seg tilbake og flommens herjinger blir synlige. Det er ikke registrert personulykker som følge av flommen.

Figur 1 viser et kart over alle vassdragene som er omtalt i rapporten.

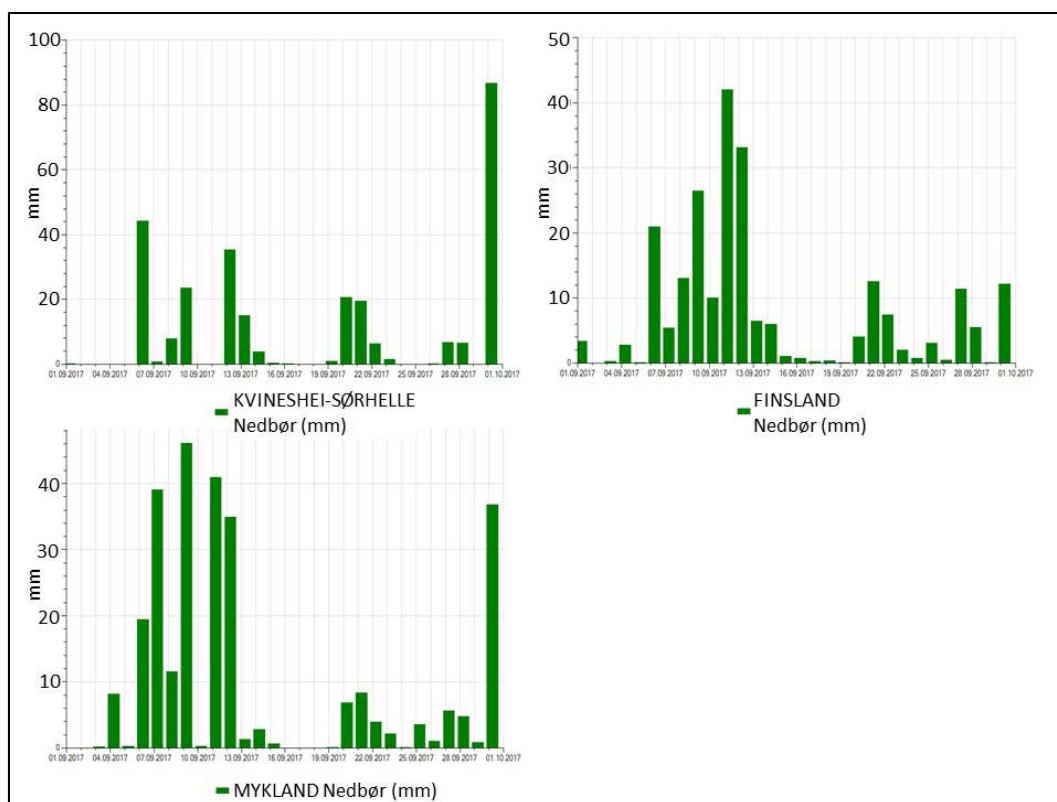


Figur 1. Kart over vassdragene som omtales i rapporten. Kilde: nveAtlas.

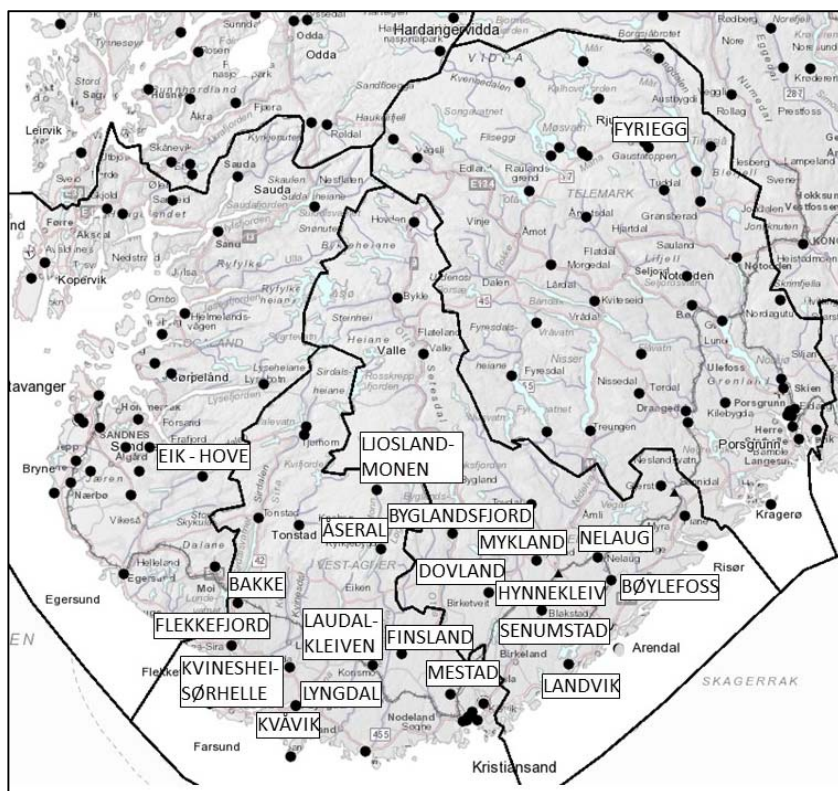
2 Initialtilstand

2.1 Temperatur og nedbør

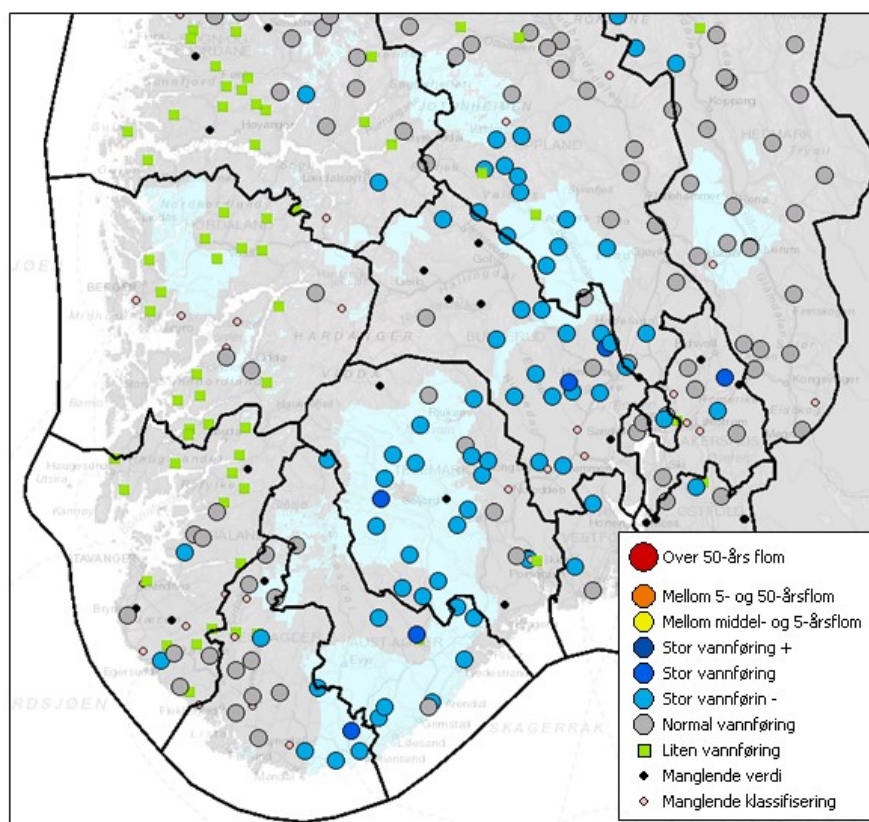
September 2017 var relativt mild på Sørlandet, med temperatur 1-2 grader varmere enn normalen. Det lå ikke snø i det berørte området ved inngangen til oktober. Nedbørmessig forløp september relativt normalt fram til flomhendelsen, med en fuktig periode litt før midten av måneden øst i området. Figur 2 viser døgnnedbør for tre utvalgte stasjoner i Vest- og Aust-Agder i september. Kartet på Figur 3 viser plasseringen av alle omtalte nedbørstasjoner.



Figur 2. Døgnnedbør i september ved Kvineshei-Sørhelle og Finsland stasjon i Vest-Agder og Mykland stasjon i Aust-Agder. Kilde: xgeo.no.



Figur 3. Kart som viser plasseringen av omtalte nedbørstasjoner. Kilde: xgeo.no



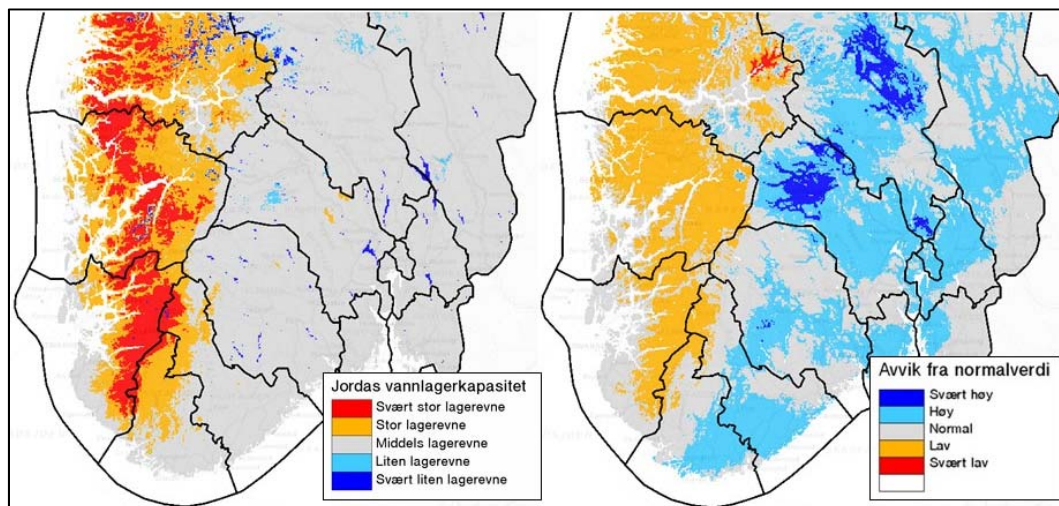
Figur 4. Vannføringen på målestasjonene 29. september 2017, klassifisert i forhold til normalen for årstiden. Kilde: xgeo.no

2.2 Vannføring

Før flomhendelsen var vannføringen normal i det meste av Vest-Agder og sørlige deler av Rogaland. Øst i Vest-Agder, i Aust-Agder og i vestlige deler av Telemark var vannføringen stor i forhold til årstidsnormalen. Figur 4 gir en oversikt over situasjonen 29. september. De høye vannføringene hang igjen etter det kraftige regnværet tidligere i september, da det ble registrert flomvannføringer ved flere stasjoner.

2.3 Mark- og grunnvannstand

Også mark- og grunnvannstilstanden viser at det var fuktigere forhold øst i området enn i vest før flommen, se figur 5. Vannlagerkapasiteten var omkring normalen i øst i Vest-Agder, Aust-Agder og Telemark, mens det i vestlige deler av Vest-Agder og i Rogaland var relativt stor lagerevne. Grunnvannstanden var litt høyere enn normalt øst i området og normal til lav i vest.

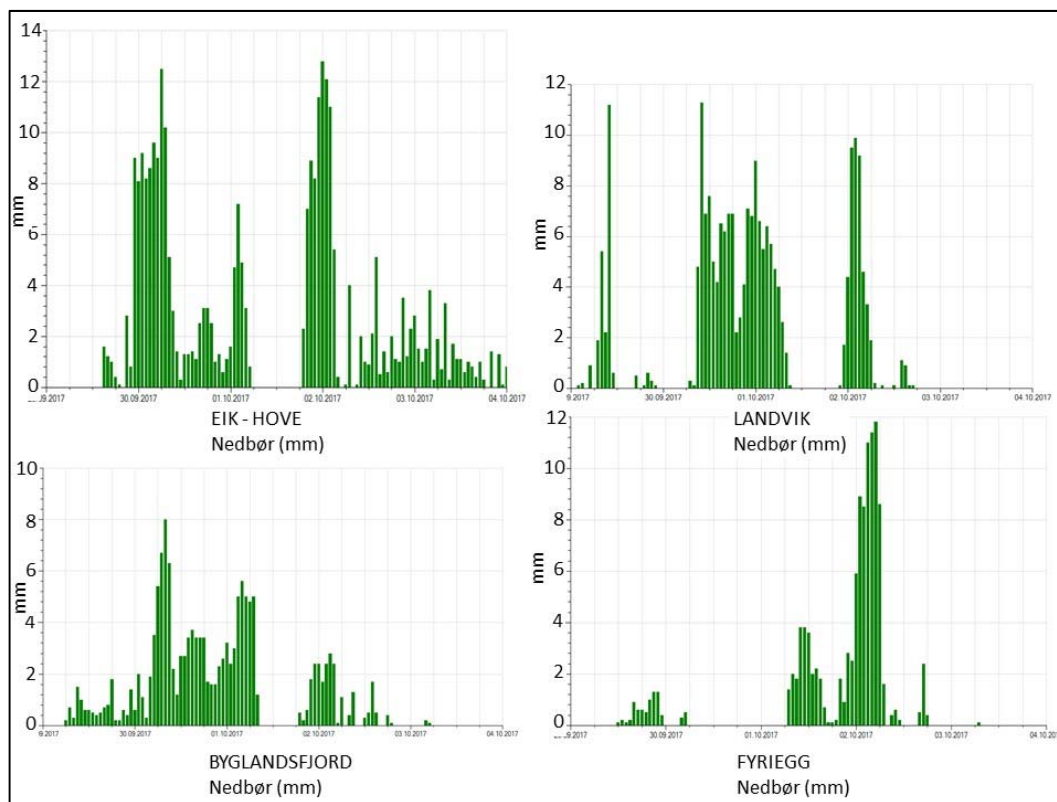


Figur 5. Jordas vannlagringskapasitet (til venstre) og grunnvannstilstanden (til høyre) 29. september 2017. Modellsimuleringer basert på observasjoner fra xgeo.no.

3 Beskrivelse av flommen

3.1 Nedbør og temperatur

Et kraftig lavtrykk fra vest traff sørspissen av Norge om kvelden fredag 29. september. Det førte med seg store nedbørmengder natt til lørdag og utover lørdagen, se figur 6.

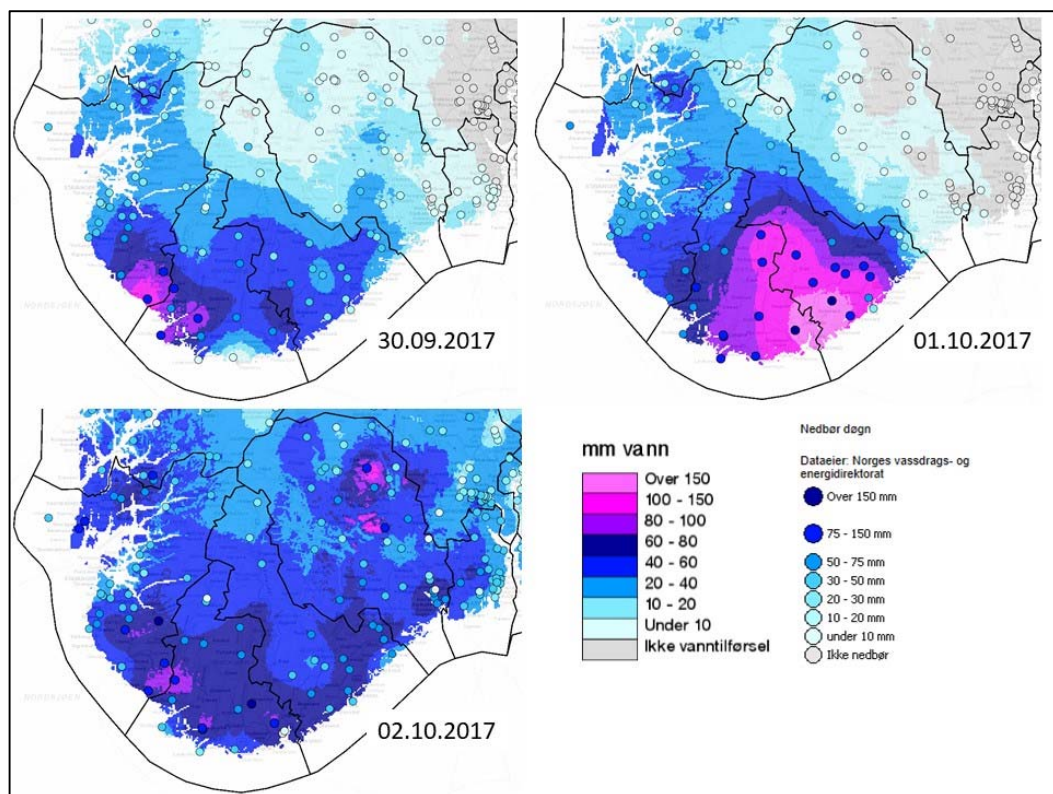


Figur 6. Nedbør 29. september til 3. oktober ved stasjonene Eik-Hove i Rogaland, Landvik og Byglandsfjord i Aust-Agder og Fyriegg i Telemark. Kilde: xgeo.no.

Hovedtyngden av nedbøren dette første døgnnet av hendelsen traff Rogaland og Vest-Agder, der det ble registrert over 100 mm enkelte steder, se figur 7. Et nedbørdøgn omfatter nedbøren som har falt fra dagen før kl. 06 UTC fram til kl. 06 UTC gjeldende døgn. Nedbøren som falt lørdag til søndag hadde tyngdepunkt i den sørlige delen av Agderfylkene, med rekord på Senumstad i Aust-Agder med 173 mm nedbør. Utover formiddagen på søndag var det oppholdsvær noen timer før en ny, kraftig front feide innover sørlandsfylkene, denne gangen med svært mye nedbør også i deler av Telemark, der det ble registrert 119 mm nedbør i Lifjellområdet, og nær 100 mm på Gaustatoppen.

Høyeste 1-døgnsnedbør (i løpet av 30.9-2.10.2017)				
Stasjon	Måleserie	Tidligere maks	Verdi 2017	Gjentaksintervall
	fra - til	mm	mm	år
38421 Senumstad	1999-dd	95,9 (2014)	173,1	>> 100
39220 Mestad i Oddernes	1900-dd	151,4 (1981)	150,5	~ 100
38140 Landvik	1957-dd	115,0 (1986)	131,6	~ 100
38380 Dovland	1958-dd	98,0 (1994)	122,1	~ 100
41550 Ljosland-Monen	1971-dd	90,0 (1990)	111,7	~ 100
38730 Hynnekleiv	2012-dd	73,0 (2014)	108,1	
36490 Bøylefoss	1977-dd	129,3 (1985)	101,3	~ 10
41480 Åseral	1895-dd	103,1 (1959)	98,5	~ 25
38600 Mykland	1928-dd	173,2 (1939)	92,3	~ 25
38560 Nelaug	1966-dd	106,0 (2014)	90,6	~ 10
42720 Bakke	1895-dd	159,2 (1936)	90,5	~ 5
Høyeste 2-døgnsnedbør (i løpet av 30.9-2.10.2017)				
38421 Senumstad	1999-dd	162,9 (2015)	236,7	>> 100
39220 Mestad i Oddernes	1900-dd	206,4 (1976)	225,7	>> 100
38140 Landvik	1957-dd	178,7 (2016)	180,3	~ 100
41825 Lyngdal	2013-dd	114,6 (2015)	179,0	
38380 Dovland	1958-dd	153,5 (1959)	178,2	> 100
41820 Kvåvik	1972-dd	156,4 (1981)	170,9	> 100
41550 Ljosland-Monen	1971-dd	160,6 (1990)	169,8	> 100
36490 Bøylefoss	1977-dd	167,2 (1979)	168,5	~ 50
42720 Bakke	1895-dd	175,0 (2015)	165,5	50 - 100
41480 Åseral	1895-dd	143,8 (1959)	164,9	> 100
36560 Nelaug	1966-dd	163,7 (2008)	157,1	~ 100
38730 Hynnekleiv	2012-dd	117,6 (2015)	156,9	
Høyeste 3-døgnsnedbør (i løpet av 30.9-2.10.2017)				
38421 Senumstad	1999-dd	184,7 (2015)	281,8	>> 100
39220 Mestad i Oddernes	1900-dd	231,5 (1976)	280,6	>> 100
42720 Bakke	1895-dd	231,0 (2015)	241,0	> 100
41825 Lyngdal	2013-dd	129,6 (2015)	237,2	
38380 Dovland	1958-dd	182,7 (1959)	226,4	>> 100
41820 Kvåvik	1972-dd	178,6 (1981)	226,4	>> 100
43010 Eik-Hove (ROG)	1998-dd	233,7 (2015)	224,3	~ 25
41480 Åseral	1895-dd	195,8 (1992)	218,0	>> 100
41550 Ljosland-Monen	1971-dd	197,6 (1990)	214,3	> 100
36490 Bøylefoss	1977-dd	200,6 (1979)	210,0	> 100
36560 Nelaug	1966-dd	179,2 (1967)	203,9	> 100
38140 Landvik	1957-dd	224,0 (1976)	203,2	50-100
42650 Flekkefjord	1957-dd	177,2 (1957)	202,5	~ 100

Tabell 1. Stasjonene med høyeste ett-, to- og tredøgnsnedbør i løpet av perioden 30.09. - 02.10.2017. Tabellen lister opp måleperioden, tidligere maksimalobservasjon, verdien målt under denne hendelsen og estimert gjentaksintervall. Kilde: MET V/Eirik Førland

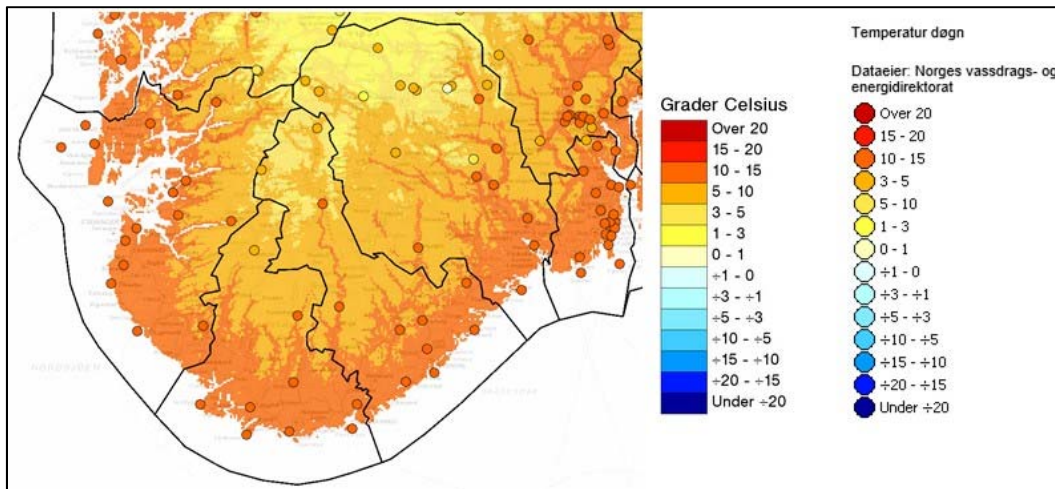


Figur 7. Nedbørfordeling for nedbørdøgnene 30.09. 01.10. og 02.10. Interpolerte observasjoner og stasjonsnedbør. Kilde: xgeo.no.

I tabell 1 er nedbørobservasjonene på de stasjonene som fikk mest nedbør under hendelsen listet opp. Det ble satt nye nedbørrekorder for ett, to og tre døgn ved en rekke stasjoner i Agder. Senumstad satte ny nasjonal døgnsnedbørsrekorder for oktober, med 173.1 mm observert 01.10.

Tabell 1 viser også estimert gjentaksintervall for en-, to- og tre-døgnsnedbør, sammen med observert nedbør, tidligere maksimal observasjon og måleperiode, for de stasjonene som fikk mest nedbør under hendelsen. Døgnsnedbøren er på flere stasjoner estimert til å ha et gjentaksintervall på rundt 100 år. Selv om døgnsnedbøren var svært høy, er det akkumulert nedbør over to og tre døgn som gjør hendelsen spesielt ekstrem. Tendensen er at gjentaksintervallene øker med antall døgn nedbøren er akkumulert over. For tre-døgnsnedbøren er det estimert at gjentaksintervallet er betydelig høyere enn 100 år for 5 stasjoner, mens det er rundt eller drøyt 100 år for 5 andre (Gislefoss et al. 2017).

Temperaturen lå over null grader gjennom hele hendelsen, se figur 8, som viser temperaturfordelingen og observert temperatur på stasjonene for temperaturdøgnet 01.10.2017, som var det kjøligste døgnet i løpet av perioden fredag til mandag. Da det heller ikke lå snø i området ved starten av hendelsen, kan man se bort fra effekten av snøakkumulering og snøsmelting under flommen.



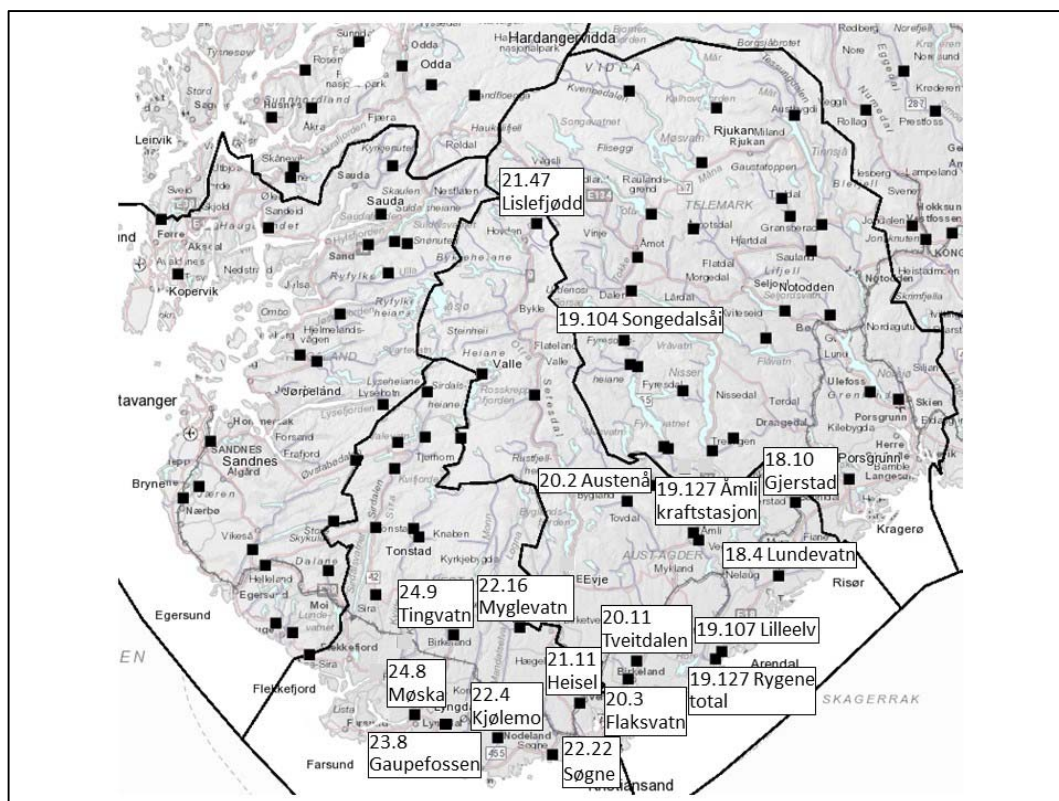
Figur 8. Døgnmiddeltemperatur 01.10.2017, som var det kjøligste døgnet i løpet av flomhendelsen. Kilde: xgeo.no.

3.2 Vannføring

Det ble registrert flomvannføringer ved en rekke målestasjoner på Sørlandet 30. september – 3. oktober 2017. Vannføringen ved et utvalg av stasjonene i området er presentert i tabell 2, og kartet på figur 9 viser plasseringen av vannføringsstasjonene.

Det understrekes at vannføringen ved disse stasjonene ikke er kvalitetskontrollert når denne rapporten skrives. Ved flere av stasjonene vil vannføringene bli endret, både som følge av enkelte observasjonsbrudd, men spesielt fordi det under flommen ble gjort mange nye målinger i felt av samhørende vannstander og vannføringer. Mange steder ble det utført vannføringsmålinger ved vesentlig større vannføringer enn tidligere, noe som vil gi bedre vannføringskurver og mindre usikkerhet knyttet til flomvannføringer enn tidligere. Slike målinger ble utført dels av Hydrometriseksjonen i NVE og dels av Hydra Team på oppdrag fra Agder Energi. Det er et møysommelig og tidkrevende arbeid å bearbeide slike data og å revidere vannføringskurver, og det vil derfor ta noe tid før kvalitetskontrollerte vannføringer foreligger fra flommen i oktober 2017.

I tillegg vil også historiske vannføringsdata kunne endres som følge av dette. Dette vil og ha betydning for beregning av hvor sjeldne disse flommene var (gjentakintervall).



Figur 9. Kart som viser plassering av omtalte vannføringsstasjoner.

		Felt- areal km ²	Kulm.vf m ³ /s	Kulm. vf l/s km ²	Gjent. int. år	Størst siden	Reg. -grad, volum%
18.4 Lundevatn	Vegårds- vassdraget	408	294	721	20-50	2007 (M)	0
19.104 Songedalsåi	Nidelva	65,5	52	786	10-20	mai 2017	0
19.107 Lilleelv	Nidelva	39,2	25	633	20-50	1983 (M)	0
19.127 Rygene total	Nidelva	3950	Ca. 870	220	5-10	2015	ca. 36 %
19.128 Åmli kr.st.	Nidelva	3174	611	193	20	2015	Ca. 40 %
20.2 Austenå	Tovdals- vassdraget	277	174	629	50-100	1924 (M)	0
20.3 Flaksvatn *	Tovdals- vassdraget	1777	1381 (ca. 1200)	777	500	1899 (M)	5 %
20.11 Tveitdalen	Tovdals- vassdraget	0,4	0,96	2400	5-10	2012	0
21.11 Heisel *	Otra	3689	1194 (ca. 1100)	324	50	1933	ca. 45 %
21.47 Lislefjodd	Otra	19	13,7	721	< 2	juni.2017	0
22.4 Kjølemo *	Mandalselva	1758	800 (ca. 1100)	455	50-100	1896 (M)	15 %
22.16 Myglevatn	Mandalselva	182	102	560	100-200	1951 (M)	0
22.22 Søgne *	Søgneelva	206	165 (ca. 180)	803	20	1976	0
23.8 Gaupefossen	Audna	344	256 (ca. 220)	744	20-50	1988 (M)	6%
24.8 Møska	Lygna	121	135	1113	50	2015	0
24.9 Tingvatn	Lygna	272	177	650	50	2015	0

Tabell 2. Utvalg av målestasjoner hvor det var flom i starten av oktober 2017. I kolonnen «Størst siden» angir «M» første år med målinger, det vil si at det her var rekordstor vannføring. Vannføringsdataene er ikke kvalitetskontrollert før rapporten trykkes. Ved flere stasjoner ventes endring av vannføring, som følge av videre databearbeiding. Stasjoner hvor de største endringene ventes er merket med *. Disse har oppgitt en alternativ kulminasjonsvannføring (i parentes), som antas å være nærmere verdien etter kvalitetskontroll. Endringene kan også påvirke beregnede gjentakintervall.

3.2.1 Vegårsvassdraget

I Vegårsvassdraget er det målinger i sanntid ved målestasjonen 18.4 Lundevatn. Her har en målinger tilbake til desember 2007. Flommen kulminerte her med en vannføring på nesten 200 m³/s den 2. oktober og bortimot 300 m³/s den 22. oktober. Dette var den største vannføringen som hadde vært registrert ved målestasjonen, men måleperioden er for kort til å kunne gi noe godt estimat på hvor sjelden hendelsene var. Under en påfølgende hendelse tre uker senere, se vedlegg 1, kulminerte vannføringen ved denne stasjonen på bortimot 300 m³/s, som altså ble ny rekord.

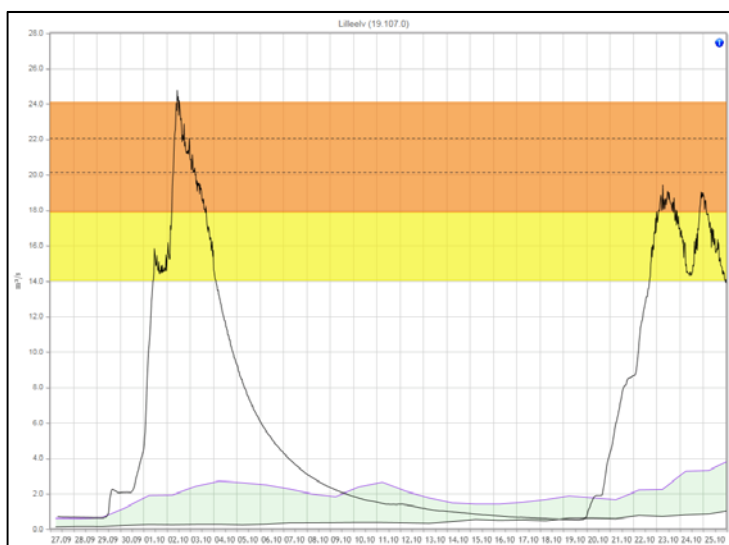
Hvis vi antar at årene 2008 – 2016 gir et godt estimat av middelflom, finner en at årets flom var 2 – 2,5 ganger større enn «middelflommen». Ut fra regionale flomvekstkurver (H3) (NVE-retningslinjer 04-2011) tilsier det at flommen her hadde et gjentakintervall på 20 – 50 år.

3.2.2 Nidelva/ Arendalsvassdraget

I Nidelva/ Arendalsvassdraget kulminerte flommen 2. oktober ved målestasjonene 19.128 Åmli kraftverk og 19.127 Rygene total med vannføringer på ca. 610 og 870 m³/s. Her var det noe større flomvannføringer i september 2015, da vannføringen ved Rygene kulminerte med noe over 900 m³/s. Flommen i 2017 er beregnet å ha hatt et gjentakintervall på omkring 5 år ved Åmli og noe over 20 år ved Rygene.

Arendalsvassdraget har en reguleringsgrad på ca. 36 %. Her ble tilsig i øvre del av vassdraget i stor grad lagret i magasinene under flommen i starten av oktober. I følge Agder Energi er det sannsynlig at kulminasjonsvannføringen ved Rygene ble redusert med i størrelsesorden 200 – 300 m³/s på grunn av forhåndstapping og aktiv manøvrering av oppstrøms magasiner under flommen.

I Arendalsvassdraget har en og målinger i sanntid ved stasjonen 19.107 Lilleelv. Denne målestasjonen har observasjoner tilbake til 1983, riktignok med en del observasjonsbrudd de første 10 årene. Her kulminerte flommen 2. oktober med 24 m³/s. Det er den største registrert vannføringen ved stasjonen. Den forrige rekorden var fra september 2015 med 23 m³/s. Her er det få år for analyse av sjeldne hendelser, men foreløpige data antyder at det her var 20 – 50-årsflom. Av figur 10 ser en at det var to litt mindre flommer i Lilleelv tre uker senere.

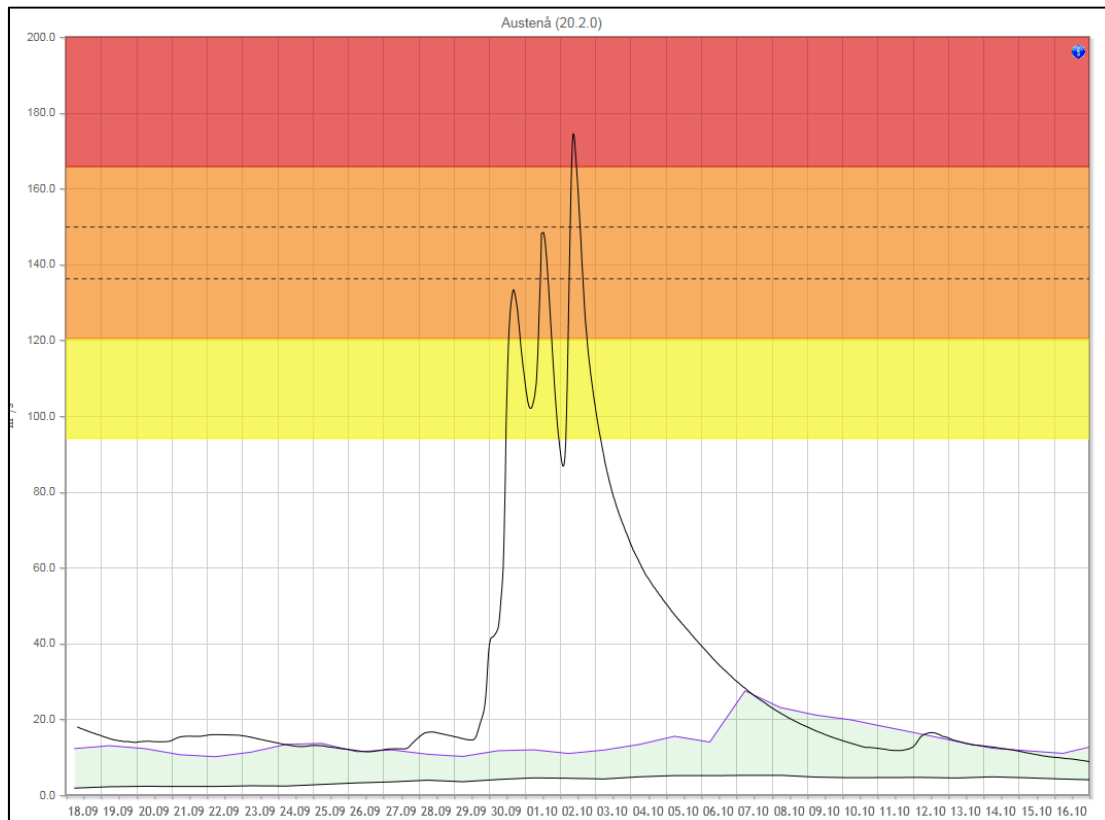


Figur 10. Vannføring ved målestasjonen 19.107 Lilleelv i Arendalsvassdraget 27. september – 25. oktober 2017.

3.2.3 Tovdalsvassdraget

I Tovdalsvassdraget måles vannføring ved stasjonene 20.2 Austenå (figur 11) og 20.3 Flaksvatn (figur 12). I tillegg er det målinger i en sidebekk ved stasjonen 20.11 Tveitdalen.

Ved målestasjonen 20.2 Austenå, er det observasjoner tilbake til 1924. Maksimal vannføring som ble registrert her 2. oktober 2017 er den største i måleserien, men det var nesten like stor vannføring her under flommen i september 2014. I denne delen av Tovdalsvassdraget kan flommen karakteriseres som en 50-100-årsflom.

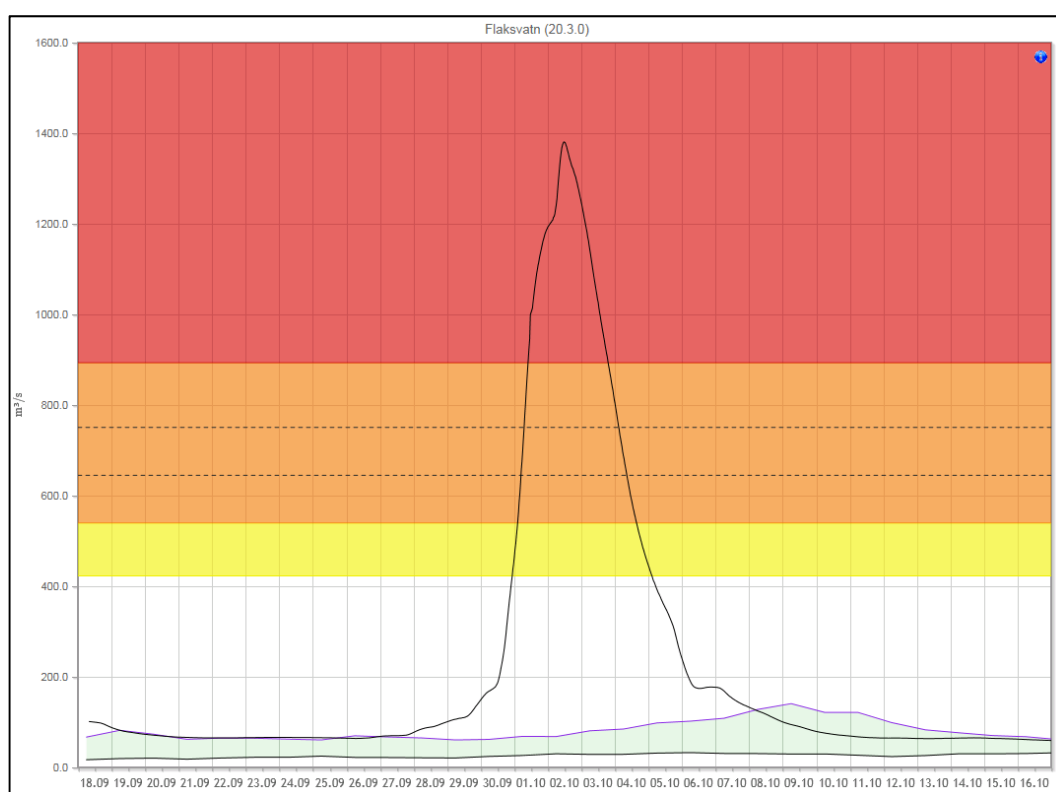


Figur 11. Vannføring i øvre del av Tovdalsvassdraget ved målestasjonen 20.2 Austenå 18. september – 16. oktober 2017.

Det er noen mindre magasiner i Tovdalsvassdraget, som gir en reguleringsgrad ved Flaksvatn på omkring 5 prosent. Agder Energi rapporterte om overløp ved magasinene i Tovdalsvassdraget under flommen. Det antas derfor at reguleringene her ikke har hatt noen flomdempende betydning, altså at vassdraget har vært omtrent som uregulert.

Ved Flaksvatn, hvor en har målinger tilbake til 1899, har det aldri tidligere vært registrert like høye vannstander/vannføringer (figur 13). Maksimal vannstand under denne flommen var en drøy meter høyere (!) enn den tidligere rekorden (november 1959).

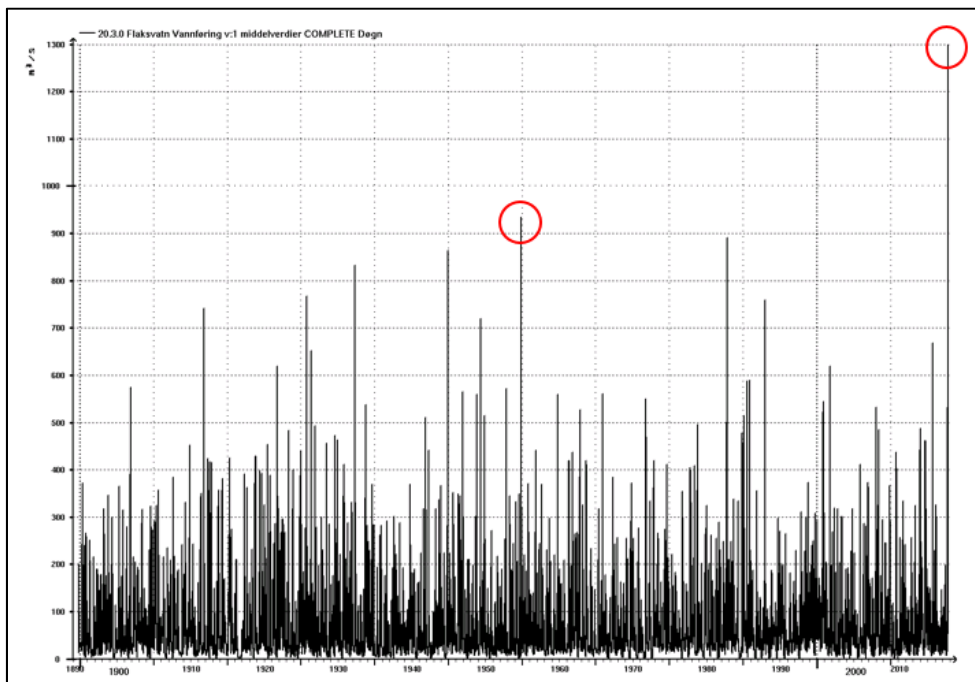
Ut fra gjeldende vannføringskurve kulminerte vannføringen i oktober 2017 med nesten 1400 m³/s. Hydrometriseksjonen i NVE foretok imidlertid målinger av samhørende vannstand og vannføring ved denne stasjonen under flommen. Disse målingene antyder at største vannføring her var ca. 1200 m³/s. Revisjon av vannføringskurven for Flaksvatn vil kunne påvirke tidligere flomvannføringer og beregnet gjentaksintervall for denne flomhendelsen. Ut fra datamaterialet som var tilgjengelig før flommen inntraff, kan flommen i nedre del av Tovdalsvassdraget karakteriseres som omkring en 500-årsflom, men når nye kvalitetskontrollerte data er ferdig analysert, er det sannsynlig at gjentaksintervallet for denne hendelsen blir noe mindre.



Figur 12. Vannføring i nedre del av Tovdalsvassdraget ved 20.3 Flaksvatn 18. september – 16. oktober 2017. Det ventes at revidert vannføringskurve for Flaksvatn vil gi noe mindre flomvannføring enn figuren viser.

Det er også registrert flere svært store flommer i Flaksvatn på 1800-tallet (Roald, 2013), blant annet i 1837, 1860 og 1892. Hvordan disse forholder seg i størrelse til flommen i 2017 er noe usikkert. Ut fra opplysninger gitt i «Storflommen i 1959 - et 40 årsminne» av Beint Foss (Tveit historielag), virker det sannsynlig at årets flom i Flaksvatn var større enn de på 1800-tallet. Dette bør imidlertid verifiseres ved innmåling av eventuelle historiske flommer i vassdraget og sammenligne dette med vannstandene i 2017. Det er viktig å være oppmerksom på at eventuelle endringer i tilknytning til vassdraget, for eksempel nye bruer, kan ha innvirkning på vannstandsforholdene under flom. Det betyr at

forholdene på 1800-tallet ikke nødvendigvis er direkte sammenlignbare med forholdene i 2017. Foreløpig kan vi derfor konkludere med at sannsynligvis er 2017-flommen i nedre del av Tovdalsvassdraget den største i løpet av de siste 200 år.



Figur 13. Vannføring (døgnmidler) ved 20.3 Flaksvatn 1899 - 2017. Flommene i 1959 og 2017 er markert med røde sirkler. Det ventes at revidert vannføringskurve for Flaksvatn vil gi noe mindre vannføring i 2017 enn det figuren viser.

3.2.4 Otra

I nedre del av Otra måles vannføringen ved stasjonen 21.11 Heisel. Her kulminerte vannføringen 1. oktober med omkring $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ (figur 15). Ut fra datamaterialet som var tilgjengelig før flommen inntraff, kan flommen i Otra karakteriseres som omkring en 50-årsflom. Foreløpige data viser at vannføringen ved Heisel er den største siden juni 1933. Det gjøres imidlertid oppmerksom på at vannføringene ved Heisel vil bli noe redusert når vannføringskurven blir revidert og data kvalitetskontrollert, se nedenfor.

Det meste av nedbøren i Otras nedbørfelt falt i de sørlige områdene. Dette sees tydelig av figur 7. En ser og at ved stasjonen 21.47 Lislefjodd (figur 14), som ligger nord i Otras nedbørfelt, var vannføringen disse dagene under nivået for middelflom.

Det var godt samarbeid mellom Agder Energi og NVE under flommen. Blant annet kontaktet flomvarslingen Agder Energi torsdag 28. september før lunsj og orienterte om utsikter for flom. Det første flomvarselet ble sendt ut rett etter lunsj, og data fra Byglandsfjord (figur 16) viser at Agder Energi forserte tappingen her ca. kl. 12 denne dagen. En ser det og ved at vannføringen ved Heisel økte ca. 12 timer senere, fra omkring 200 til $400 \text{ m}^3/\text{s}$. Slukeevnen i Iveland kraftverk, som ligger mellom Byglandsfjord og Heisel, er $216 \text{ m}^3/\text{s}$. Etter ca. et halvt døgn ble vannføringen ved Heisel redusert igjen, sannsynligvis pga. mindre tapping fra Byglandsfjord natt til fredag.

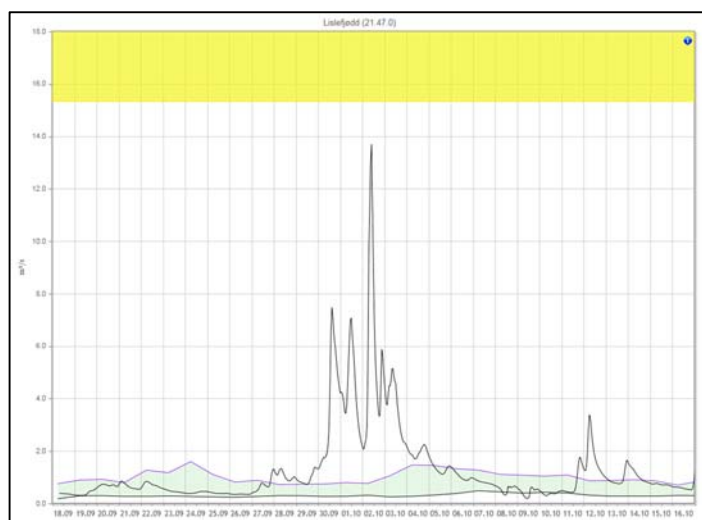
Fra torsdag formiddag til lørdag morgen ble Byglandsfjord tappet ned ca. 50 cm. Deretter ble vann holdt igjen, slik at vannstanden i Byglandsfjord økte med nesten 2 m frem til

mandag 2. oktober om ettermiddagen. 1. oktober, da vannføringen kulminerte ved Heisel, tilsvarer volumøkningen i Byglandsfjord en vannføring på ca. 340 m³/s i et døgn. Ut fra tidligere flomberegninger for damsikkerhet er det rimelig at avløpet ville blitt omkring 10 % mindre enn tilløpet på grunn av dempning i magasinet. Det tilsier at manøvreringen av Byglandsfjord alene ga en reduksjon av vannføringen ved Heisel på omkring 300 m³/s.

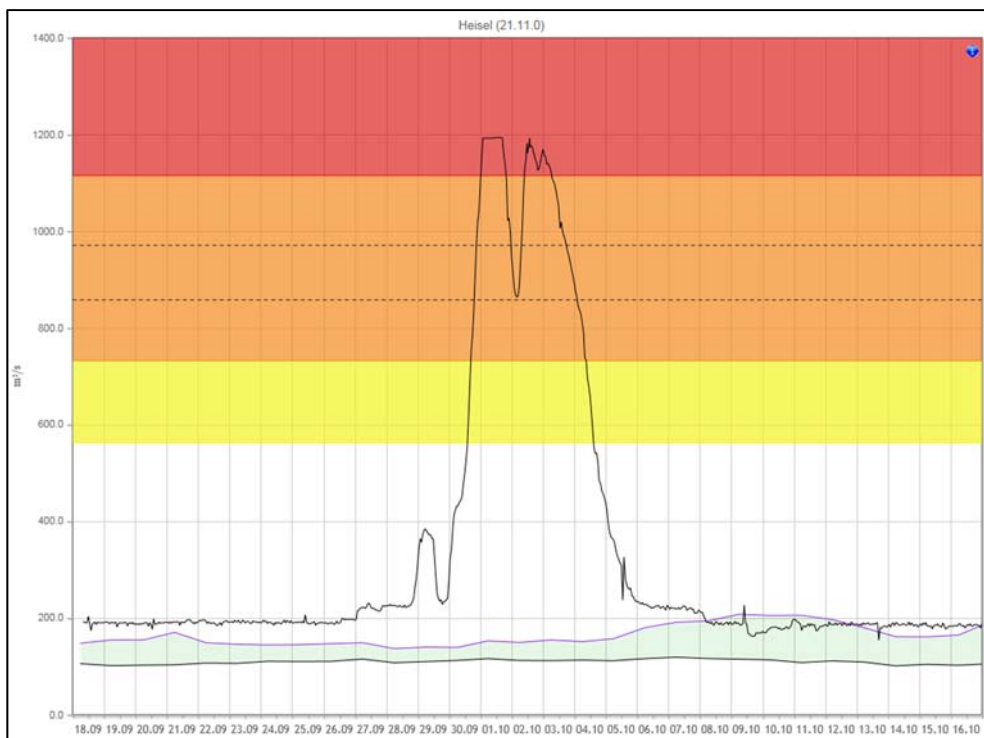
De største magasinene i Otra ligger i nord. Reguleringsgraden (volum) for Otra ved Heisel er omkring 45 %. Det ble lagret vann i magasinene nord i Otra da det var flom lenger sør i vassdraget. Hvis vi antar at data fra den uregulerte målestasjonen 21.47 Lislefjodd er representativ for forholdene i den nordlige delen av vassdraget (nord for Bykil, 1285 km²), og 20.2 Austenå for områdene nærmere Byglandsfjord (ca. 1400 km²), og vi samtidig antar at vannet har en transporttid på henholdsvis 1 – 2 og 0-1 døgn fra områdene nord/ sør for Bykil og ned til Byglandsfjord, gir grove overslag et sum tilsig til Byglandsfjord den 1. oktober på omkring 700 m³/s. Hvis vi og antar en naturlig dempning på om lag 10 %, ville avløpet anslagsvis ha vært 600 – 650 m³/s uten regulering. Da vannføringen kulminerte ved Heisel, var avløpet fra Byglandsfjord omkring 250 m³/s. Ut fra denne grove beregningen har reguleringene i sum medført en reduksjon av flomvannføringen i nedre del av Otra på omkring 400 m³/s. Beregninger fra Agder Energi, som er basert på magasindata, antyder en flomreduksjon på omkring 600 m³/s. Det er usikkerhet knyttet til begge metoder, men de viser at flomvannføringen i nedre del av Otra ble betydelig redusert.

Videre gir observasjonene fra Byglandsfjord og Heisel anslagsvis et tilsig på 800 – 900 m³/s fra nedbørfeltet mellom Byglandsfjord og Heisel den 1. oktober. Dette lokalfeltet er snaut 900 km², noe som gir en spesifikk avrenning på opp mot 1000 l/s km². Dette harmonerer godt med data fra enkelte nabovassdrag.

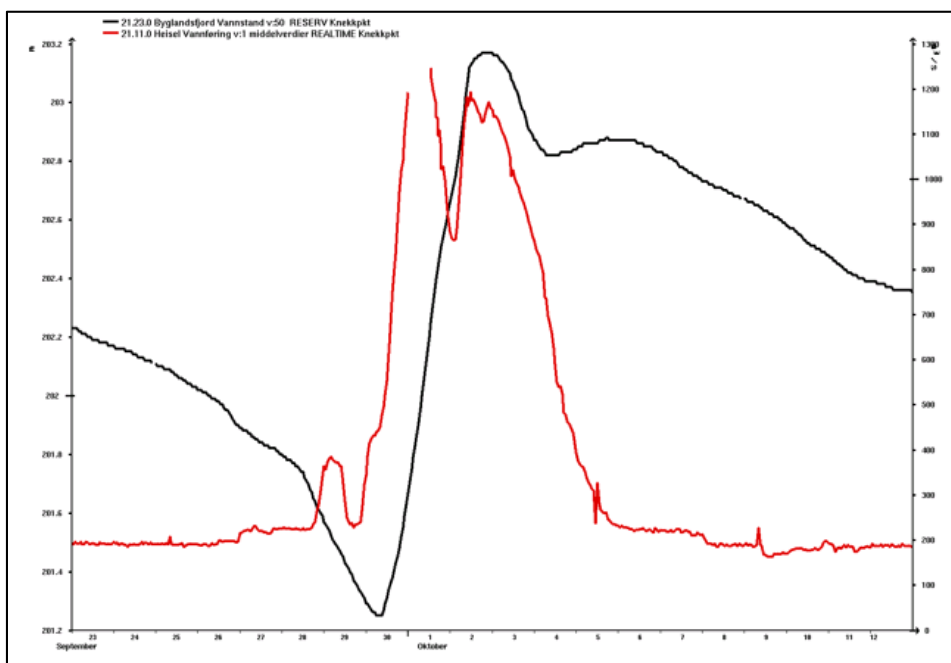
Ved målestasjonen 21.11 Heisel foretok hydrometriseksjonen i NVE målinger av samhørende vannstand og vannføring under flommen som viser at flomvannføringen kan være overestimert. En revisjon av vannføringskurven her ventes derfor å gi noe lavere flomvannføringer enn oppgitt i denne rapporten. Det er usikkert hvorledes det vil påvirke beregnet gjentakintervall for denne flomhendelsen.



Figur 14 Vannføring ved målestasjonen 21.47 Lislefjodd 18. september – 16. oktober 2017. Stasjonen er nord i Otravassdraget.



Figur 15. Vannføring ved målestasjonen 21.11 Heisel 18. september – 16. oktober 2017. Stasjonen ligger i Otra nær Kristiansand. Rundt kulminasjonstidspunktet var det observasjonsbrudd ved Heisel, det vises som «rett strek». Maksimal vannstand er målt manuelt og data vil bli korrigert i ettertid. Det ventes at revidert vannføringskurve for Heisel vil gi noe mindre flomvannføringer enn figuren viser.



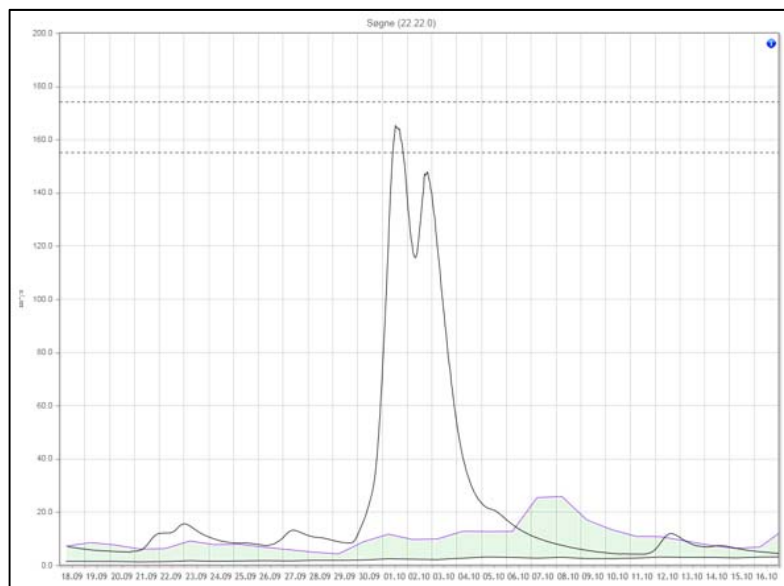
Figur 16. Vannstand i Byglandsfjord (svart strek) og vannføring i Otra ved 21.11 Heisel (rød strek) i september/ oktober 2017. Y-aksen til venstre er i «m» og til høyre i «m³/s».

3.2.5 Søgne

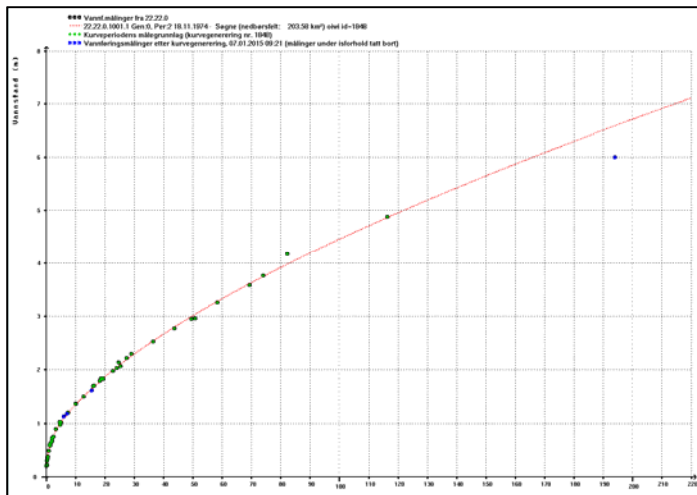
I Søgneelva måles vannføringen ved målestasjonen 22.22 Søgne. Her kulminerte vannføringen søndag 1. oktober med $165 \text{ m}^3/\text{s}$. Også i Søgneelva var det en ny flomtopp mandag, men her var den noe lavere enn maksimalverdien dagen før (figur 17). Flommen var den nest største siden målingene startet i desember 1973. Den største flommen var i oktober 1976 ($206 \text{ m}^3/\text{s}$). Måleinstrumentet ble den gang satt under vann, men høyeste vannstand ble markert i et nærliggende eiketre, slik at en senere fikk beregnet vannføringen.

Ved målestasjonen 22.22 Søgne foretok hydrometriseksjonen i NVE målinger av samhørende vannstand og vannføring under flommen, som viser at flomvannføringen kan være underestimert med 10 – 20 % (figur 18).

Det ventes at nye analyser i Søgneelva vil gi økte flomvannføringer i forhold til tidligere. Det betyr for eksempel at beregnet 200-års flomvannføring må ventes å øke. Dette både på grunn av revisjon av vannføringskurven og det at vi nå har en ny stor flom i datagrunnlaget.



Figur 17. Vannføring i Søgneelva ved 22.22 Søgne 18. september – 16. oktober 2017.



Figur 18. Vannføringskurve og vannføringsmålinger ved 22.22 Søgne. På x-aksen vises vannføring i «m³/s» og på y-aksen vannstand i «m». Målingen som ble utført under flommen 1 oktober 2017 er markert med blått punkt og viser at vannføringen var 194 m³/s, mens gjeldende kurve gir ca. 165 m³/s.

3.2.6 Mandalselva

I Mandalselva ved 22.4 Kjølamo kulminerte flommen med omkring 800 m³/s om kvelden mandag 2. oktober (figur 19). Her var det den største registrerte vannføringen siden målingene startet i 1896. Vannføringen har flere ganger vært mellom 600 – 700 m³/s, sist under flommen i desember 2015 («Synne») da den kulminerte med ca. 650 m³/s. Ut fra datamaterialet som var tilgjengelig før flommen inntraff, kan flommen i Mandalselva karakteriseres som en 100-200-årsflom, men etter mer bearbeiding av data er det sannsynlig at den vil karakteriseres som en 50 – 100-årsflom (se nedenfor).

Ved målestasjonen 22.16 Myglevatn i Kosåna, en sideelv til Mandalselva, kulminerte flommen med 102 m³/s mandag 2. oktober, flomtoppen søndag var her noe lavere. Også ved Myglevatn var vannføringen rekordstor. Målingene startet i 1951. Tidligere høyeste registrerte vannføring var i desember 1992 med ca. 85 m³/s.

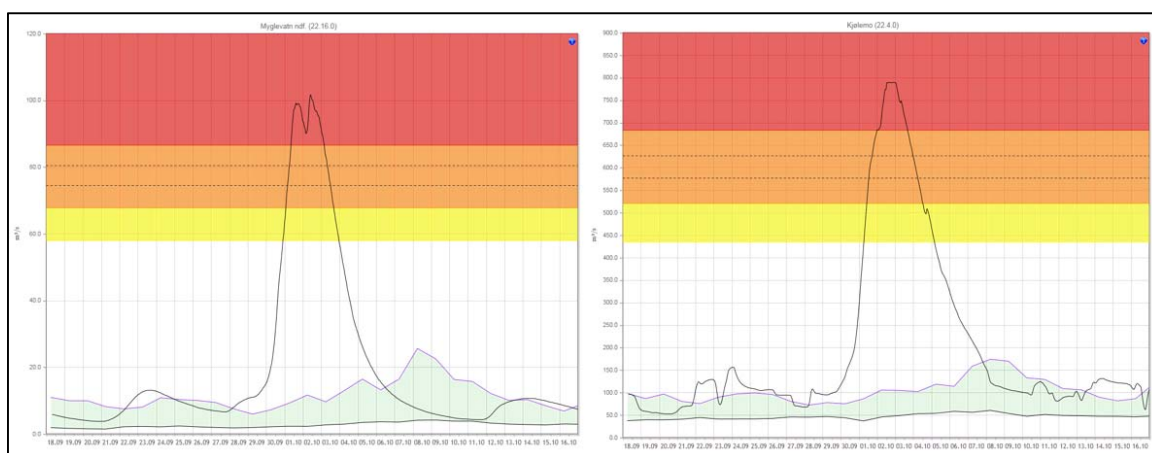
Mandalselva har en reguleringsgrad på omkring 15 %. Det var imidlertid overløp ved de fleste av magasinene under flommen. I enkelte magasin var det svært høy vannstand på grunn av store tilsig. Demningen ved Skjerkevatt er under rehabilitering, slik at her ble det tappet noe vann for å unngå for stor vannstandsstigning. I sum antas at reguleringene har hatt liten innvirkning på maksimal vannføring i Mandalselva under denne flommen.

Hvis en ser mer i detalj på magasindata fra Mandalselva, viser de at det var overløp og eventuelt noe driftsvannføring gjennom kraftverk, som tilsvarer en spesifikk avrenning på opp mot 600 – 700 l/s km² fra magasinene i nord og øst og 1000 – 1300 l/s km² fra magasinene i vest. Til sammenligning var den spesifikke avrenningen ved målestasjonene Myglevatn og Kjølamo omkring 500 - 600 l/s km². Ved enkelte magasin ble det registrert vannstander/avløp av samme størrelsesorden som beregnet dimensjonerende flom (500- eller 1000-årsflom). Det er imidlertid alltid usikkerhet knyttet til bruk av sanntidsdata som ikke er kvalitetskontrollert. Det kan for eksempel være feil i registrerte vannstander eller det kan ha vært spesielle forhold som har ført til oppstuvning av vannstand.

Det ble gjennomført flere målinger i felt i perioden 1. – 4. oktober 2017 for å kontrollere sammenhengen mellom vannstand og vannføring ved målestasjonen 22.4 Kjølamo. Disse målingene viser at gjeldende vannføringskurve underestimerer flomvannføringene. For eksempel ble det gjort en måling mandag ettermiddag som viste at vannføringen var drøyt 20 % større enn det gjeldende vannføringskurve tilsa. Målingene ble gjort av Hydra Team, i regi av Agder Energi.

Videre ble det under befaring langs Mandalselva fredag 13. oktober påvist gamle flommer ved blant annet Øyslebø, som ligger rett oppstrøms stasjonen Kjølamo. Her ble vannstander fra to svært store flommer, i 1864 og 1892, innmålt. Vi fikk og informasjon om en stor flom i 1760. Disse opplysningene vil bli tatt med i nye flomanalyser. Alle disse tre flommene antas å ha vært større enn flommen i 2017.

Det ventes at nye analyser av flomvannføringer i Mandalselva vil gi store endringer i forhold til tidligere. Dette fordi revisjon av vannføringskurven vil medføre at observert vannføring i 2017 øker fra omkring 800 m³/s til over 1000 m³/s. Det forventes også at tidligere store flomvannføringer vil øke som følge av denne revisjonen. I tillegg vil nye opplysninger om flommer fra før 1896 (målestart ved Kjølamo) påvirke våre flomanalyser. Resultatet vil sannsynligvis medføre at hendelsen i 2017 blir mindre sjelden enn tidligere antatt, dvs. at gjentakintervallet for denne flommen antas å bli 50 – 100 år etter at nye kvalitetskontrollerte data er analysert.



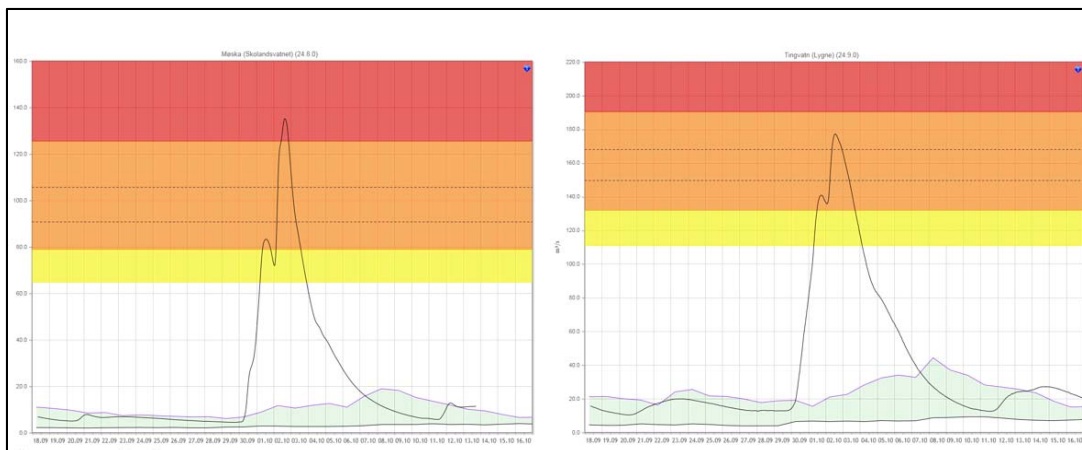
Figur 19. Vannføring i Mandalselva ved 22.16 Myglevatn og 22.4 Kjølamo 18. september – 16. oktober 2017. Rundt kulminasjonstidspunktet gikk loggeren ved Kjølamo i «taket». Maksimal vannstand er målt manuelt og data vil bli korrigert i ettertid. Det ventes at revidert vannføringskurve for Kjølamo vil gi vesentlig større flomvannføringer enn figuren viser.

3.2.7 Lygna

Vannføringen i Lygna ved stasjonen 24.8 Møska kulminerte mandag 2. oktober med $135 \text{ m}^3/\text{s}$, dette var på samme nivå som den rekordstore vannføringen i desember 2015 ($137 \text{ m}^3/\text{s}$) (figur 20). Ved Møska har en målinger tilbake til 1978.

Ved en annen stasjon i Lygna, 24.9 Tingvatn var årets flom ($177 \text{ m}^3/\text{s}$) mindre enn flommen i 2015 ($231 \text{ m}^3/\text{s}$), men den er likevel den fjerde største siden målestart i 1922.

Foreløpige analyser antyder at flomvannføringene i Lygna har gjentaksintervall på omkring 50 år.



Figur 20. Vannføring i Lygna ved 24.8 Møska og 24.9 Tingvatn 18. september – 16. oktober 2017.

3.2.8 Audna

Vannføringen i Audna ved stasjonen 23.8 Gaupefossen kulminerte mandag 2. oktober med $256 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette er den største vannføringen her siden målestart i 1988. Det er imidlertid flere observasjonsbrudd i måleserien, spesielt de første årene. Største vannføring før dette var i desember 2015 ($248 \text{ m}^3/\text{s}$). Foreløpige analyser antyder at flomvannføringen i Audna hadde et gjentaksintervall på 20 – 50 år.

4 Prognoser og varsler

4.1 Nedbørprognoser

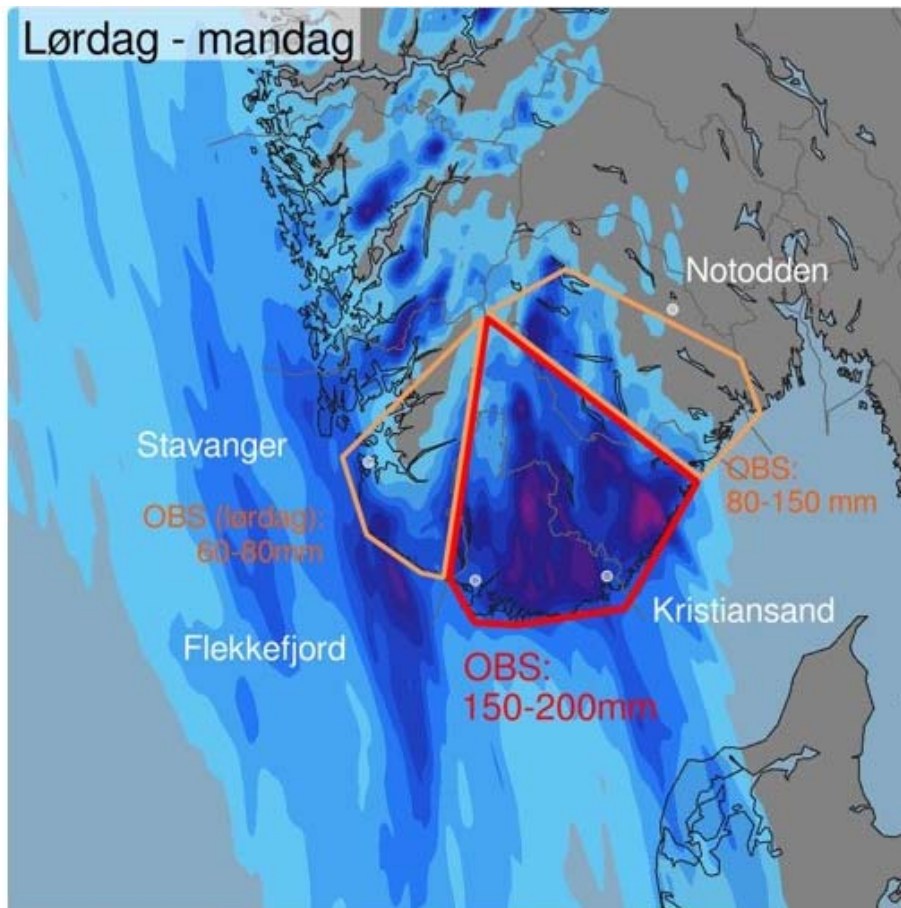
Etter en stabil høytrykksperiode begynte helgens regnvær å antydes i prognosene allerede tidlig i uke 39. Lokalisering og styrke varierte gjennom uka, men værprognosen for helga var relativt vedvarende og konsistent dagene forut for hendelsen.

4.1.1 OBS-varsler

Meteorologisk institutt vurderte å sende ekstremvarsel om mye nedbør på fredag, men konkluderte med et OBS-varsel fredag kl. 09:48 for Telemark og Agder ett kl. 12:15 for Rogaland. Tabell 3 oppsummerer de utstedte OBS-varslene før og under hendelsen, og figur 21 kartfester fredagens OBS-varsel.

utstedt	område	kvantitativt nedbørvarsel
<i>fredag 29. september 2017 kl. 09:48</i>	Telemark	i løpet av helgen og fram til mandag morgen, lokalt: 80-150 mm
	Agder	i løpet av helgen og fram til mandag morgen: 150-200 mm. Mest regn ventes på lørdag: opp mot 100 mm lokalt
<i>fredag 29. september 2017 kl. 12:15</i>	Rogaland, sør	fredag kveld og lørdag, lokalt: 60-80 mm på 24 timer
<i>lørdag 30. september 2017 kl. 10:42</i>	Agder	i løpet av helgen og fram til mandag morgen: det kan bli over 200 mm enkelte steder. Mest regn ventes lørdag og natt til søndag, da kan det komme 100-150 mm lokalt
<i>søndag 1. oktober 2017 kl. 12:22</i>	Rogaland og Hordaland	Fra i kveld søndag til natt til tirsdag: lokalt inntil 70-80 mm på 24 timer
<i>søndag 1. oktober 2017 kl. 13:52</i>	Østlandet og Telemark	mandag: lokalt inntil 40-70 mm på 24 timer.
	Agder	fra søndag kveld: lokalt inntil 100-120 mm på 24 timer, inntil 150 mm på 36 timer
<i>søndag 1. oktober 2017 kl. 17:32</i>	Telemark	mandag: lokalt inntil 40-70 mm på 24 timer
	Agder	fra søndag kveld: lokalt 100-120 mm på 24 timer, inntil 150 mm på 36 timer
<i>mandag 2. oktober 2017 kl. 17:53</i>	Vestlandet sør for Stad	fortsatt mye nedbør: 50-80 mm på 24 timer

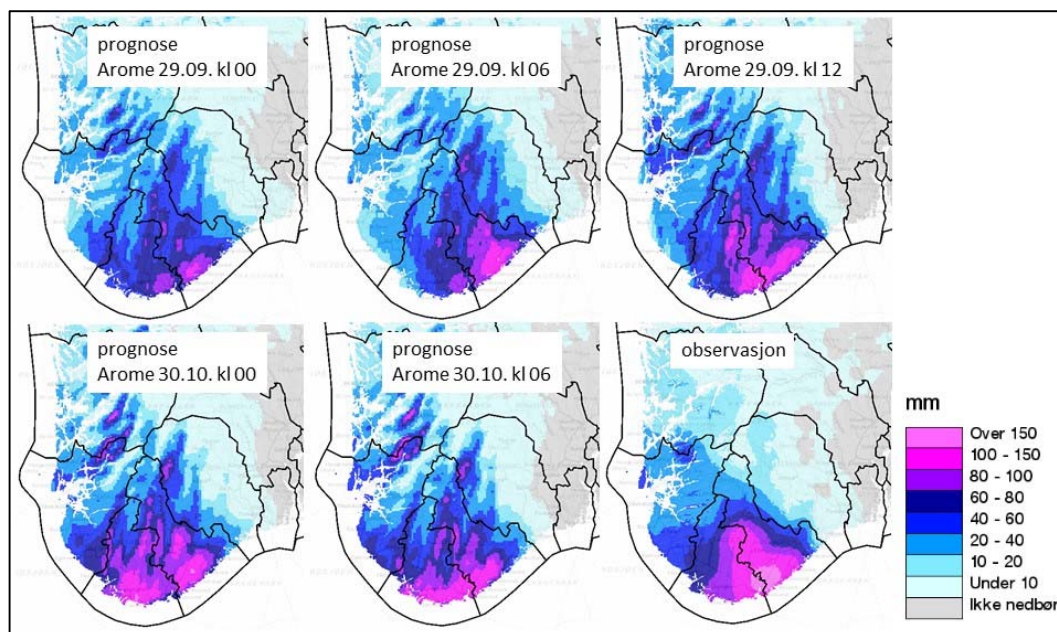
Tabell 3. Oppsummering av de utstedte OBS-varslene før og under nedbørhendelsen.



Figur 21. OBS-varselet for nedbør fredag 29. september. Kilde: @Meteorologene på twitter.

4.1.2 Prognoser fra værvarslingsmodellene

Værprognosen som vises i xgeo og som er inndata til de hydrologiske modellene, er de første to dagene basert på den finskala værvarslingsmodellen AROME-MetCoOp, som er METs hovedmodell for værvarsler 72 timer fram i tid. De påfølgende 7 dagene er det den globale modellen ECMWF som gir grunnlaget for xgeo-kartene. Figur 22 viser de siste nedbørprognosene forut for lørdagen og det observerte bildet i etterkant. Vi ser hvordan prognosen intensiverer seg etter hvert som hendelsen rykker nærmere, og at den nedbøren som til slutt ble observert til dels overstiger prognosene. Den samme tendensen gjelder også for hele hendelsen sett under ett. OBS-varselet varslet opp til 200 mm nedbør for de mest utsatte områdene (se figur 21), mens det ble observert opptil i overkant av 280 mm (tabell 1).



Figur 22. De siste nedbørprognosene for nedbørdøgnet 01.10. før hendelsen og interpolerte observasjoner. Kilde: geo.no.

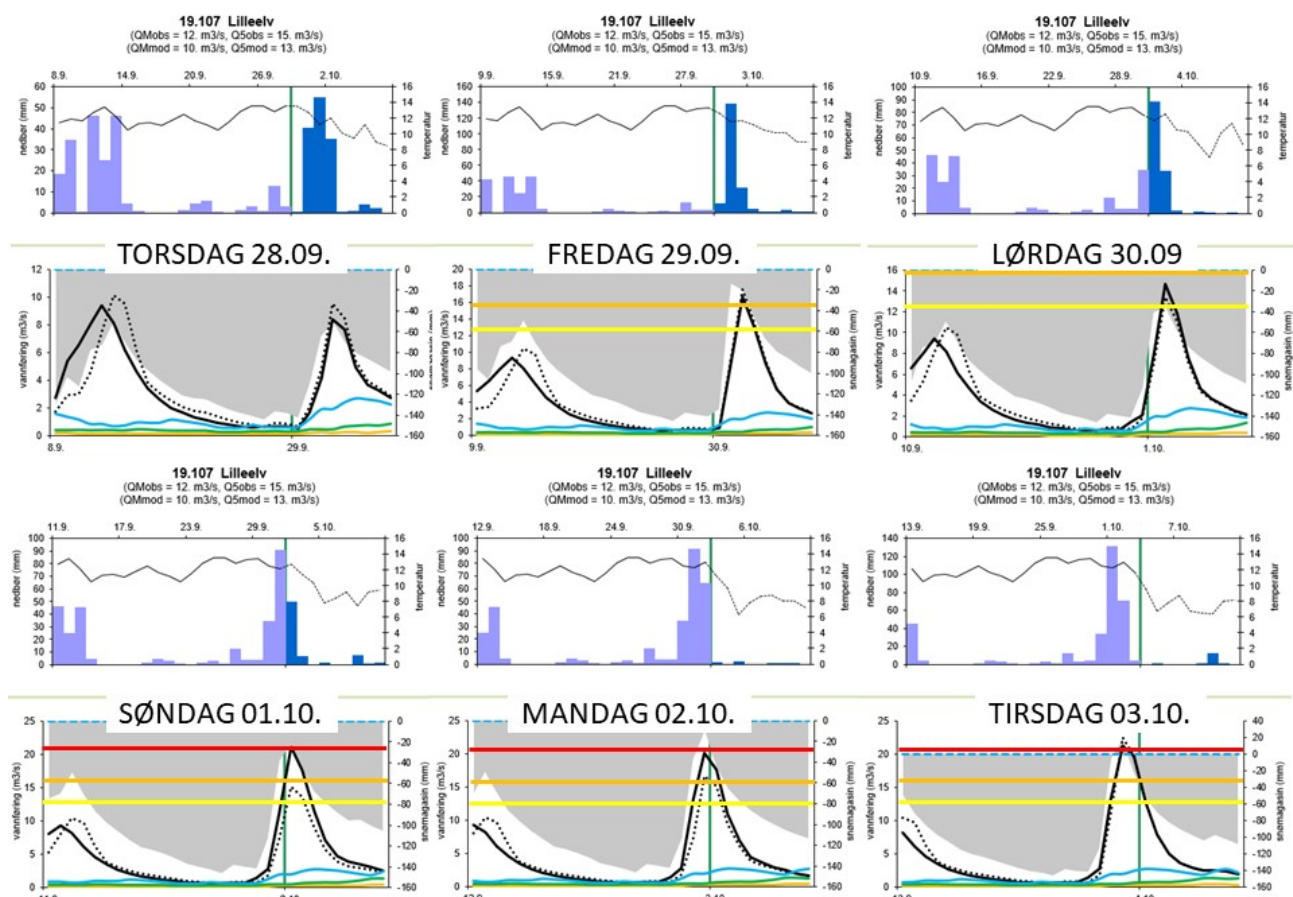
4.2 Hydrologiske prognoser

4.2.1 Hydrologiske modellprognoser

Torsdag 28. september var det liten usikkerhet om at et kraftig regnvær ville treffe Sørlandet. Men, som figur 22 viser, ga de tidlige nedbørprognosene betydelig mindre nedbør enn det som kom. Et par dager før hendelsen antydte derfor også de hydrologiske prognosene moderate flomforhold. Flom- og jordskredvarsler utstedes for tre dager, dag 0 (dagen i dag), dag 1 (i morgen) og dag 2 (overimorgen). På torsdag prognoserte flere av feltmodellene vannføringer for lørdag opp mot gult nivå. Nedbørverdiene som var inndata til modellene var imidlertid lavere enn det meteorologen antydte på morgenbriefen.

Lørdagens nedbørprognose var på torsdag beregnet av den grovmaskede værvarslingsmodellen ECMWF, som ofte gir mindre nedbør enn den mer finmaskete og lokalt tilpassete AROME-MetCoOp-modellen. Ved å ta høyde for at inndataene til de hydrologiske modellene sannsynligvis ga for lite nedbør, ga modellene støtte for å varsle gult nivå for Agderfylkene og Telemark for dag 2, dvs. lørdag.

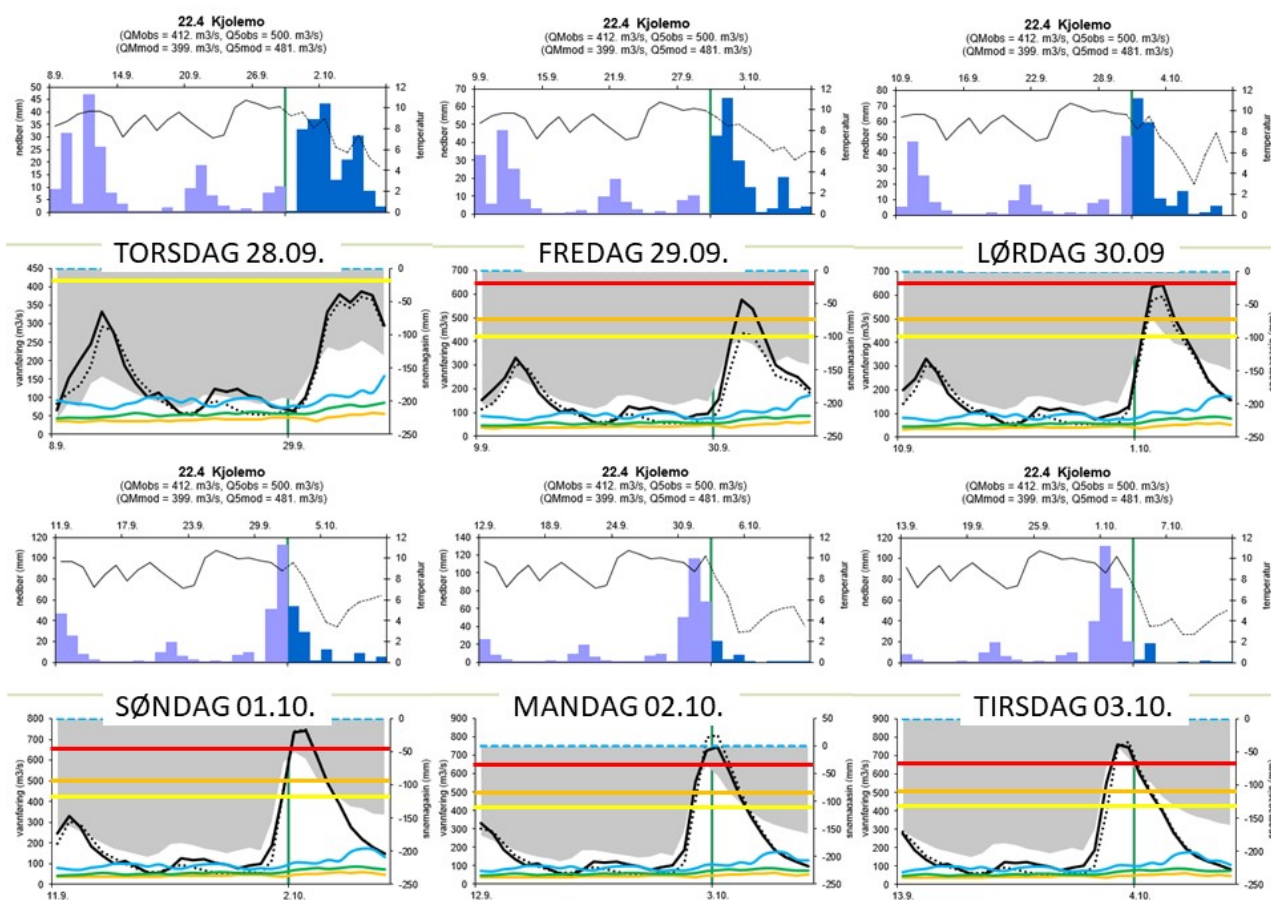
Figur 23 og 24 viser inndata til og utdata fra en HBV-modell i Aust-Agder (19.107 Lilleelv) og en i Vest-Agder (22.4 Kjølmo) i perioden torsdag 28.09. til tirsdag 03.10. Disse modelldataene viser resultatene fra modellkjøringen som er klar ca. kl. 10:30 (lokal tid), der nedbørinndata kommer fra værvarslingsmodellen AROME-MetCoOp (00) de to første dagene og ECMWF (00) de påfølgende 7 dagene. Nedbørprognosene varierte gjennom døgnet, i tillegg til at de varierte fra dag til dag.



Figur 23. HBV-modellprognoser og -simuleringer for stasjonen 19.107 Lilleelv torsdag 28.09. til tirsdag 03.10. Den øverste grafen viser nedbør og temperatur. Den nederste grafen viser vannføring. Heltrukken svart strek viser observasjoner i historisk periode og korrigerte prognoser i prognoseperioden, mens prikkete strek viser modellsimuleringer. Grønn vertikal strek markerer dagen modellen ble kjørt. Gul, oransje og rød horisontal linje viser nivået for middel-, 5-års og 50-årsflom.

Fredag morgen var vannføringsprognosen oppe i oransje nivå for flere av modellfeltene, men ingen av modellfeltene hadde vannføringer på rødt nivå. Nedbørprognosene var fortsatt beheftet med usikkerhet, og OBS-varselet som kom på fredag ga rom for høyere nedbørverdier enn det vannføringsmodellene brukte. Det ble derfor kjørt alternative HBV-modellprognoser med nedbørprognoser som var økt i forhold til OBS-varselet. Flere av modellene ga da vannføringsprognoser som var nær ved eller oversteg rødt nivå, se figur 25.

Basert på de ordinære vannføringsprognosene og tatt i betraktning usikkerheten i varselet, ble det på fredag sendt ut varsel om oransje nivå for lørdag. Varslingsområdet omfattet begge Agderfylkene og Telemark i tillegg til de sørlige områdene av Rogaland. Et oransje varsel er et varsel om en alvorlig situasjon som forekommer sjelden, og som krever beredskapsmessige forberedelser.

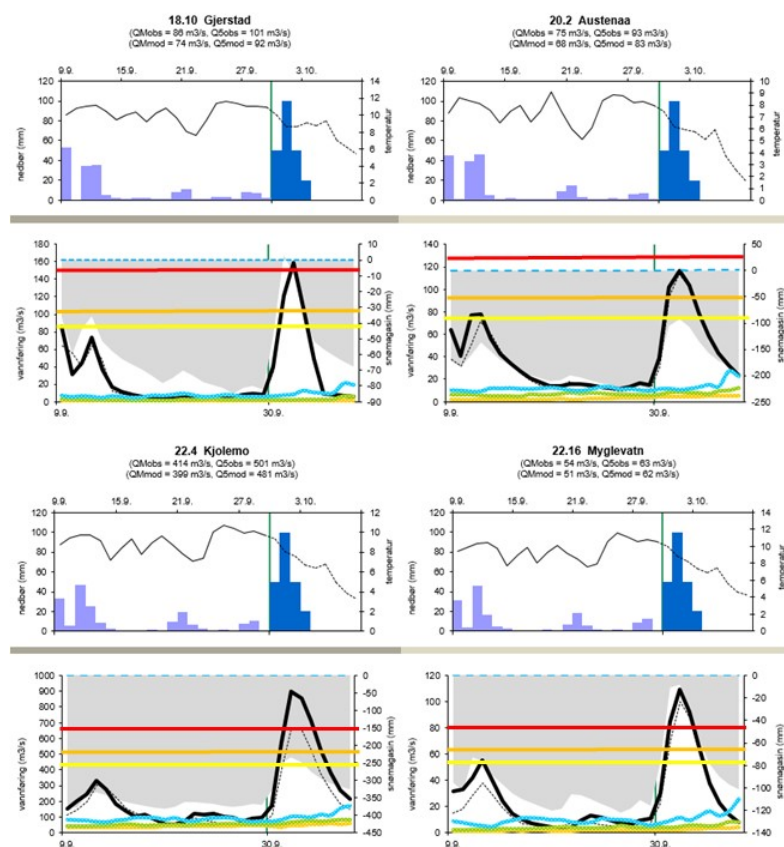


Figur 24. HBV-modellprognoser og -simuleringer for stasjonen 22.4 Kjølmo torsdag 28.09. til tirsdag 03.10. Den øverste grafen viser nedbør og temperatur. Den nederste grafen viser vannføring. Heltrukken svart strek viser observasjoner i historisk periode og korrigerte prognoser i prognoseperioden, mens prikkete strek viser modellsimuleringer. Grønn vertikal strek markerer dagen modellen ble kjørt. Gul, oransje og rød horisontal linje viser nivået for middel-, 5-års og 50-årsflom.

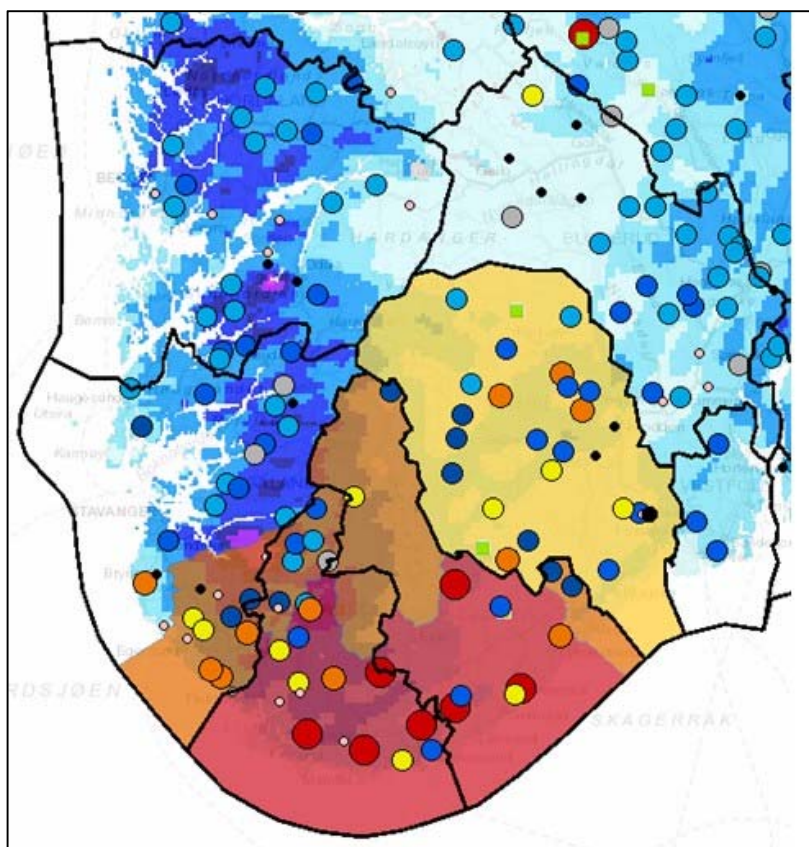
Lørdag morgen var det observert svært mye nedbør i sørvestlige deler av varslingsområdet, og nedbørprognosen var forsterket, spesielt for Vest-Agder, se figur 22. De hydrologiske prognosene indikerte høy sannsynlighet for rødt nivå i flere vassdrag. Varslingsnivået ble derfor hevet til rødt for lørdag og søndag der nedbørprognosen var høyest, i sørlige deler av Agderfylkene. Rødt nivå varslers en ekstrem situasjon som forekommer svært sjelden, som krever tett oppfølging og som kan medføre store skader. I øvrige områder, sør i Rogaland, nordlige deler av Agder og Telemark, ble oransje nivå opprettholdt. Hovedtyngden av dette døgnet nedbør var ventet natt til søndag.

Natt til søndag viste de første vannføringsstasjonene vannføringer på rødt nivå, og vannføringen var raskt stigende på stasjonene i varslingsområdet. Nattas nedbør var i overkant av prognosen, og prognosen for neste døgn varslert 40 – 60 mm nedbør over store områder, og lokalt over 60 mm. Rødt varsel ble opprettholdt for søndagen og utvidet til også å gjelde mandag. I Telemark hadde det kommet betydelig mindre nedbør enn i Agder, og de hydrologiske prognosene for vassdragene i Telemark tilsa en nedgradering av nivået til gult i dette fylket. Utover søndag ble det oppholdsvær og vannføringsstigningen avtok ved de fleste stasjoner, og ved noen stasjoner, som 21.11

Heisel i Otra, gikk vannføringen ned. Men en ny front med et kraftig regnvær kom inn søndag kveld og førte til ny vannføringsøkning. Flomtoppen ble nådd i løpet av mandag, og de påfølgende dagene ble det observert ubetydelige mengder nedbør. Varslingsnivået nord i Agder og sør i Rogaland kunne senkes til gult for tirsdag, og onsdag var det ikke varslert høyere nivå en gult noe sted. Figur 26 viser de publiserte varslingsnivåene og klassifiserte vannføringsstasjoner mandag 2. oktober.



Figur 25. HBV-modellprognoser med egendefinerte nedbørinndata. Modellene er kjørt med nedbørverdier 50, 100 og 50 mm for henholdsvis fredag, lørdag og søndag. De viste modellprognosene er nær eller overstiger rødt nivå. Stasjonene som er vist er 18.20 Gjerstad, 20.2 Austenaa, 22.4 Kjøleimo og 22.16 Myglevatn.



Figur 26. Flomvarslenes nivå og utstrekning under store deler av flomhendelsen. Vannføringsstasjonene er klassifisert etter størrelsen på vannføringen. Bildet er sakset fra xgeo mandag 2. oktober.

4.2.2 Flomvarsler

Tabell 4 oppsummerer de utstedte flomvarslene hver dag før og under flomhendelsen.

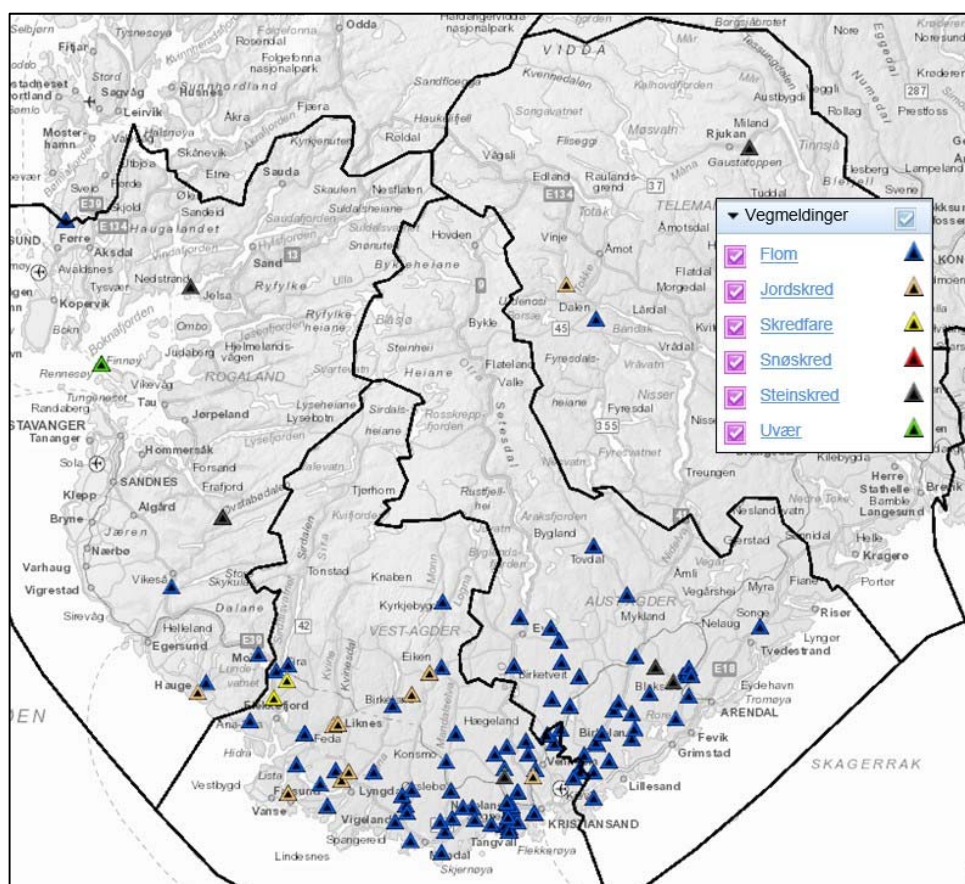
Varsel utstedt	lørdag 30.09.	søndag 01.10.	mandag 02.10.	tirsdag 03.10.	onsdag 04.10.
torsdag 28.09.	Agder og Telemark				
fredag 29.09.	Sørlige deler av Rogaland, Agder og Telemark	Sørlige deler av Rogaland, Agder og Telemark			
lørdag 30.09.	Sørlige deler av Rogaland, nordlige deler av Agder og Telemark	Sørlige deler av Rogaland, nordlige deler av Agder og Telemark	Sørlige deler av Rogaland, Agder og Telemark		
	Sørlige deler av Agder	Sørlige deler av Agder			
søndag 01.10.		Telemark	Telemark	Sørlige deler av Rogaland og Agder	
		Sørlige deler av Rogaland, nordlige deler av Agder	Sørlige deler av Rogaland, nordlige deler av Agder		
		Sørlige deler av Agder	Sørlige deler av Agder		
mandag 02.10.			Telemark	Sørlige deler av Rogaland, nordlige deler av Agder	Sørlige deler av Rogaland og Agder
			Sørlige deler av Rogaland, nordlige deler av Agder		
			Sørlige deler av Agder	Sørlige deler av Agder	
tirsdag 03.10.				Sørlige deler av Rogaland, nordlige deler av Agder	Rogaland og sørlige deler av Agder
				Sørlige deler av Agder	

Tabell 4. Gjeldende flomvarsler før og under flommen.

5 Flommens virkninger

Alt vannet førte til store problemer for mange, og når det gjelder skader er flommen, ifølge Finans Norge, en av de verste i Norge gjennom tidene ([NRK](#), 19.10.2017). Veier ble stengt og infrastruktur, næringsbygg og privathus ble rammet av både flom og skred i de mest utsatte områdene. Figur 27 viser veimeldingene som ble markert i xgeo gjennom hendelsen pga. flom og skred. Vi har ikke uttømmende informasjon om de totale skadene som flommen har forårsaket, men ifølge media er det meldt inn over rundt 3300 skader til en samlet verdi av over 500 millioner kroner. En summarisk oversikt over typen skader meldt i media er gitt nedenfor:

- Mellom 40 og 50 veier ble stengt på grunn av flom eller ras
- flere titalls personer måtte evakueres
- over 80% av flomskadene er på private bygg
- skole, næringslokaler og varelagre ble oversvømt
- det var lite personskader, men noen er rapportert brakt til sykehus
- biler ble tatt av flommen
- turister, ei hyttegrenn og ei bygd ble isolert
- båter og rundballer kom på avveie, omfattende plastforurensning
- store forsinkelser i kollektivtrafikken
- husdyr måtte reddes
- kai- og havneanlegg ble ødelagt
- bruer ble knust
- store ødeleggelser i jordbruket



Figur 27. Veimeldinger som ble publisert på xgeo.no 30.09 til 4.10.2017.

6 Referanser

Beint Foss. 1999. Storflommen i 1959 - et 40 årsminne. Tveit historielag.

Kristian Gislefoss, Eriksen, B., Wiberg, S., Agersten, S., Førland, E. J., Thyness, V. W. 2017. METinfo Hendelserapport. Nedbørhendelsen i Agderfylkene 30 september - 2 oktober 2017. Meteorologi no. 22/2017.

NRK 20171019: <https://www.nrk.no/sorlandet/flomskader-for-over-en-halv-milliard-1.13739813> Flomskader for over en halv milliard.

NVE-retningslinjer 04-2011. Retningslinjer for flomberegninger.

Lars Roald. 2013. Flom i Norge. Tom & Tom forlag. ISBN/EAN: 9788292916155. 184 s.

7 Vedlegg, ny flom på Sørlandet 22. – 24. okt.

Hentet fra varsom.no, <http://www.varsom.no/nytt/nyheter-flom-og-jordskred/sorlandet-flommet-over-igjen-sondag-22-okt-og-tirsdag-24-okt/>

Sørlandet flommet over igjen søndag 22. okt. og tirsdag 24.okt.

Publisert: 27.10.2017 kl. 13.40

Denne gangen var det Aust-Agder som ble hardest rammet. Det gikk spesielt ut over Tvedestrand som til sammen fikk opp mot 200 mm regn på tre døgn. Det fikk konsekvenser for kommuner og innbyggere.



Songeelva i Osedalen, Froland, 23.10.2017. Foto: Petter Våge, NVE

Elvene på Sørlandet ble flomstore i to runder i et strekk på seks dager med mye regn. Første flomtopp kom søndag 22. oktober og neste tirsdag 24. oktober. Flommen søndag var noe større enn tirsdays flom, men til gjengjeld ble ulike områder berørt.

God beredskap dempet noe av skadene

Tirsdag 24. oktober ble verst for Telemark og deler av Vestfold. Aust-Agder fikk også stor flom samme dag fordi elvene fortsatt var store etter helgas regnvær. Likevel var søndag 22. oktober mest krevende. Takket være stor innstas lokalt, klarte kommunene i Aust-Agder å holde skadenivået relativt lavt under runde to.

Oppdaterte statusmeldinger for publikum på varsom.no

Fra lørdag til og med onsdag ga NVE, i tillegg til varslene, [en statusoppdatering på varsom.no](http://www.varsom.no). Der fikk publikum tilgang til oppdatert informasjon om situasjonen flere ganger om dagen.

Svært store skader under flommen for tre uker siden

For tre uker siden ble Sørlandet rammet av en større flom og det ble registrert vannføringer på rødt nivå. Gjentakintervallet på vannføringene i de mest utsatte vassdragene varierer mellom 50 og mer enn 100 år. Foreløpige beregninger viser et gjentakintervall på omkring 500 år i nedre del av Tovdalsvassdraget. Skadene ble meget store.

Rapport: Slik utviklet flomhendelsen på Sørlandet seg i første og andre runde

Første runde, søndag 22. oktober

Meteorologisk institutt meldte tidlig at deler av Agder og Telemark ville få mye regn. Med et kraftig lavtrykk over Storbritannia og en smal høytrykksrygg i Nordsjøen ble værsystemet presset mot Agderkysten fra sørøst. Ytre strøk var mest utsatt, og særlig Aust-Agder. Utover lørdagen trakk nedbøren noe lenger inn over land. Fra og med fredag 20.oktober til og med søndag 22.oktober var det venta opp mot 170–200 mm lokalt. Prognosene slo til.

På bakgrunn av dette sendte flomvarslingen torsdag morgen varsel om flom på gult nivå for deler av Agder og Telemark for fredag 20. oktober, og oransje nivå for lørdag 21. oktober og søndag 22. oktober. Oransje er nest høyeste varslingsnivå og betyr at man kan vente alvorlige oversvømmelser og flomskader. Jordskredvarslingen varslat fredag gult nivå for lørdag og søndag for deler av Agder.

Den aller mest intense nedbøren kom først lørdag kveld og natt til søndag og utover søndag formiddag. Mest nedbør fikk Aust-Agder; ved Bøylefoss ble det til sammen målt 193 mm på tre døgn, hvor 101 mm kom lørdag (kl. 08–08). Eikeland fikk 134 mm på tre døgn, og der ble største døgnnedbør i hendelsen registret, med 104 mm lørdag (kl. 08–08). Senumstad fikk 166 mm på tre døgn, der 91 mm kom på lørdag (kl. 08–08).

Svært store lokale forskjeller

Utover søndagen steg vannføringen raskt og kulminerte i de fleste små og mellomstore vassdrag i løpet av ettermiddagen og kvelden. NVEs felthydrologer fulgte situasjonen ute i vassdragene, og meldte om svært store lokale forskjeller, noe som også ble gjenspeilt i NVE sine vannføringsstasjoner. For eksempel kulminerte vannføringa ved målestasjonen vår i Gjerstad under gult nivå, men ved Lundevann i Tvedestrand 20 km lenger sør, gikk vannføringen opp i et nivå en aldri før har målt. Her var vannføringen høyere enn ved forrige flom tidlig i oktober. Foreløpige analyser antyder at man kan ha hatt et gjentakintervall på 20–50 år akkurat ved denne stasjonen. En målestasjon som anes som representativ for små felt i ytre strøk i Aust-Agder, Lillelv (Arendalsvassdraget), kulminerte på oransje nivå, og vannføringen hadde her et gjentakintervall på mellom 5-10år.

Stengte veier og jordskred

Skadene ble omfattende. Hardest rammet ble området mellom kommunene Birkeland-Gjerstad / Grimstad – Risør i Aust-Agder. E18 fikk store oversvømmelser og ble stengt i 12 timer på strekningen Arendal – Kragerø. 11 fylkesveier ble også stengt pga. overvann og flomskader. Det er registrert to jordskred nær Laget mellom Risør og Tvedestrand, samt en utglidning med leirjord i Storelva ved Lilleholt i Tvedestrand. Mange fikk vann i kjelleren, og i Tvedestrand mistet flere hundre strømmen på grunn av oversvømmelsene. I Tvedestrand sto vannet opp etter husveggene. Den svært høye vannstanden i

Fjæretjenn, ved Tvedestrand, var forårsaket av både stort tilsig på grunn av mye regn, men også for dårlig avløpskapasitet fra tjernet. Avløpet fra dette tjernet går via et lukket rør.

Andre runde, tirsdag 24.oktober

Etter et døgn (mandag 23. oktober) med mindre nedbør, kom det mer nedbør fra og med tirsdag ettermiddag. En ny front fra sørvest passerte og gav intenst regn, opp mot 40–75mm i løpet av 12 timer for deler av Telemark og 30–50 mm for Aust-Agder. MET sendte ut OBS-varsel for Telemark (senere utvidet med Vestfold, hele Agder og Rogaland). I Aust-Agder viste NVEs målestasjoner fremdeles vannføringer på flomnivå, noe som også ble bekreftet av mannskap i felt som rapporterte om mye overflatevann.

Flomvarslingen sendte på grunnlag av dette ut oransje varsel mandag ettermiddag om fare for flom i små og mellomstore vassdrag for tirsdag for deler Telemark og Aust-Agder, og gult nivå for deler av Vest-Agder og Vestfold. Varslet ble tirsdag morgen utvidet til å inkludere ytterligere fire kommuner i Telemark og tre kommuner i Vestfold. Det ble også sendt ut jordskredvarsel på gult nivå for deler av Telemark, Vestfold, Buskerud og Aust-Agder.

Lokalt ble tirsdagen noe våtere enn varslet. Mest nedbør kom i Porsgrunn med 92,3 mm (kl.08–08). Det ble også vått ved Tørdal i Bø, 87,3 mm (kl.08–08) og lenger inn i fylket ved Lifjell, 83,6 mm (kl.08-08). I Vestfold ble det målt 62,5 mm ved Hedrum. Områder som fra før hadde fått mye vann i Aust-Agder fikk i løpet av tirsdagen 30–40 mm.

I Telemark har NVE få vannføringsstasjoner i små, uregulerte felt. Ved målestasjonen Brusetbekken i Skien ble det natt til onsdag målt den største vannføringen i løpet av siste 30 år og vesentlig mer enn under flommen i 2015. Målestasjonen Kilen, sør i Kviteseid kommune, steg til oransje nivå i løpet av natten. Denne antas å være representativ for hvor stor vannføringen var i de utsatte områdene i fylket. I Aust-Agder steg vannføringene igjen til flomnivå, men kun Lillelv gikk igjen opp til oransje nivå.

Vesentlige skader også i andre runde

Skadene ble også denne gangen vesentlige. I Telemark ble åtte fylkesveier og en riksvei stengt. I Porsgrunn var skadene størst, og mange fikk kjellerne sine fulle av vann og kloakk. Området Skien og Skotfoss ble rammet av minst tre jordskred. Sju fylkesveier ble også stengt i Vestfold og tydelig tegn på økt jordskredfare er observert i Vestfold blant annet i form av erosjonsskader mot Fv306. I Aust-Agder ble et jordskred registrert og to fylkesveier stengt, ellers ble det ikke meldt om store skader. Det antas at godt beredskap og innsats lokalt har minimert skadene i Aust-Agder denne gangen.

Det er registrert flere små utglidninger, de fleste i kunstige fyllinger langs vei, elver og bekker, særlig i Telemark. NVEs varslingstjeneste får fremdeles inn meldinger om skred som ikke har blitt registrert tidligere. Alle disse skredene har skjedd enten i forbindelse med søndagens eller spesielt tirsdagens regn.

Observerte flomverdier for 20.–25. oktober 2017

Fra øst til vest; Vestfold – Telemark – Agder.

Vestfold:

Istreelva, Tjølling: Kulminerte i løpet av natt til onsdag under gult nivå.

Telemark:

Brusetbekken, Skien: Kulminerte natt til onsdag på 10 m³/s, den klart høyeste vannføringen i tidsserien. Under flommen i 2015 var vannføringen på det høyeste 7,9 m³/s.

Kilen, Kviteseid: Kulminerte natt til onsdag på et lavt oransje nivå (54 m³/s). Dette er lavere enn største flom (2015).

Agder:

Gjerstad: Kulminerte under gult nivå søndag ettermiddag (102 m³/s). Flommen ble litt større natt til onsdag, men kulminerte også denne gang like under gult nivå (108 m³/s). Det var større flom i Gjerstadvassdraget i starten av oktober.

Lundevann, Tvedestrand: Største flom ved målestasjonen etter registreringene startet i 2007. Lundevann kulminerte søndag kl. 18 på 294 m³/s. Foreløpig analyser viser at dette tilsvarer et gjentaksintervall på 20-50 år. Tirsdag ble vannføringen bare halvparten så stor som søndag. Flommen søndag var vesentlig større enn 2. oktober 2017 (198 m³/s).

Lillelv, Arendalsvassdraget: Steg til oransje nivå i løpet av natt til mandag, og kulminerte mandags morgen på 19 m³/s. Vannføringen tilsvarer en 5-10 års flom. Steg til samme nivå igjen tirsdags kveld. Flommen var vesentlig høyere 2. oktober i år, 25 m³/s (20-50 års flom).

Nidelva v/Rygene:

Kulminerte mandag rundt midnatt like over gult nivå på ca. 525 m³/s, langt unna nivået tidligere denne måneden på 860 m³/s. Begynnende skadenivå utenfor vekstsesongen ligger på mellom 600-700 m³/s.

Tovdalselva v/ Flaksvatn:

Kulminerte mandag formiddag på oransje nivå med en vannstand på 4,8 m. Tidligere i oktober kulminerte Flaksvatn på 8,24 m, den desidert høyeste i observasjonsperioden fra 1900.

Beredskap i NVE og kommunene

NVE hadde satt beredskap allerede fredag, og bisto lokale beredskapsaktører med håndtering av situasjonen. Varslingstjenesten for flom og jordskredfare fulgte situasjonen tett og publiserte, i tillegg til selve varsler, jevnlig statusrapportering i hele perioden på varsom.no. Der var også sanntidsdata og generelle råd tilgjengelig.

NVE hadde et godt samarbeid og var i tett dialog med Meteorologisk institutt (MET) flere ganger pr. døgn for å få en best mulig informasjon om prognoser. Varslingstjenesten var også i tett kontakt med regulanter (Agder Energi, Skagerrak Energi og Øst-Telemarkens Brukseierforening). Regulantene hadde god kontroll over regulerte vassdrag, og det var ikke ventet skadeflom i disse.

Mange kommuner utførte forebyggende tiltak i forkant og krisetiltak under flommen. Dette bidro til mindre skader enn det ellers kunne blitt.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no