



Flomsonekartprosjektet

Flomberegning for Verdalselv

Turid-Anne Drageset

17
2002



D
O
K
U
M
E
N
T

Flomberegning for Verdalselv (127.Z)

Norges vassdrags- og energidirektorat

2002

Dokument nr. 17 - 2002

Flomberegning for Verdalselv (127.Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Turid-Anne Drageset

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 25

Forsidefoto: Holmsberget bro ved samløpet mellom Inna og Verdalselv under flommen i Verdalsvassdraget i 1947. Kilde: Verdalsbruket AS ved Jon Lykke.

ISSN: 1501-2840

Sammendrag: I forbindelse med Flomsonekartprosjektet i NVE er det som grunnlag for vannlinjeberegning og flomsonekartlegging utført flomberegning i Verdalselv for strekningene fra Verdalsøra til oppstrøms Grunnfossen ved Ulvilla, og i sideelva Inna opp til Dillfossen. Kulminasjonsvannføringer for flommer med forskjellige gjentaksintervall er beregnet for fem punkter i Verdalselv og ett punkt i sidevassdraget Inna.

Emneord: Flomberegning, flomvannføring, Verdalselv, Verdalsøra, Inna.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

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

Oktober 2002

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1. Beskrivelse av oppgaven	6
2. Beskrivelse av vassdraget	6
3. Hydrometriske stasjoner	11
3.1 Hydrometriske stasjoner i Verdalselvs nedbørfelt.....	11
3.2 Hydrometriske stasjoner i nærliggende vassdrag.....	12
4. Beregning av flomverdier	13
4.1 Frekvensanalyse for beregning av døgnmiddelvannføring.....	13
4.2 Beregning av kulminasjonsvannføring.....	19
4.3 Samløpsproblematikk.....	20
5. Observerte flommer	22
6. Usikkerhet	24
Referanser	25

Forord

Flomsonekartlegging er et viktig hjelpemiddel i 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 programmet "Ekstrem" som benyttes for flomfrekvensanalyser.

Denne rapporten gir resultatene av en flomberegning som er utført i forbindelse med flomsonekartlegging av flomutsatt elvestrekning i Verdalselv fra Verdalsøra til oppstrøms Grunnfossen ved Ulvilla, og i sideelva Inna opp til Dillfossen. Rapporten er utarbeidet av Turid-Anne Drageset og kvalitetskontrollert av Lars Evan Pettersson og NVEs felthydrolog i vassdraget Arnt Bjøru.

Oslo, oktober 2002


Kjell Repp
avdelingsdirektør


Sverre Husebye
seksjonssjef

Sammendrag

Flomberegningen i Verdalselv, fra Grunnfoss til utløpet i Trondheimsfjorden og opp i sideelva Inna til Dillfoss, omfatter ett delprosjekt (fs 127_1) i Flomsonekartprosjektet i NVE. Verdalsvassdraget strekker seg fra fjord til fjell i østlig retning fra utløpet langt nord i Trondheimsfjorden mot riksgrensa. De østligste delene av vassdraget ligger på svensk side. Vassdraget er så og si uregulert.

Flomberegningen er i hovedsak basert på frekvensanalyser av observerte flommer ved målestasjonen 127.6 Grunnfoss i Verdalselv rett nedstrøms Ulvilla og 127.13 Dillfoss i Inna. Datagrunnlaget antas å være godt med lange observasjonsserier for vannføring med antatt god datakvalitet på stor vannføring. Analysene viser at flommer i Verdalselv opptrer til alle årstider. Det er beregnet kulminasjonsvannføring ved forskjellige gjentakintervall ved seks punkter på strekningen som nevnt over. Til tross for store variasjoner fra flomepisode til flomepisode er det antatt at flommenes kulminasjonsvannføring er 30 % større enn døgnmiddelvannføringen for alle gjentakintervall. Resultatet av beregningene ble:

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Q _M m ³ /s	Q ₅ m ³ /s	Q ₁₀ m ³ /s	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s	Q ₁₀₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s	Q ₅₀₀ m ³ /s
Verdalselv ved Grunnfoss	870	383	469	551	635	750	840	936	1069
Verdalselv rett oppstrøms Inna	885	385	472	555	639	754	846	942	1076
Inna rett før tilløp til Verdalselv	481	207	253	295	336	392	436	480	542
Verdalselv rett nedstrøms Inna	1366	578	707	832	958	1131	1268	1412	1612
Verdalselv ved Ekle	1426	593	726	854	983	1161	1302	1450	1655
Verdalselv ved Verdalsøra	1471	602	738	867	998	1179	1322	1472	1681

Flommer i de to hovedgrenene i vassdraget, Verdalselv/Helgåa og Inna, kulminerer vanligvis innenfor samme døgn, men Inna kulminerer stort sett noen timer før Verdalselv. Dette har betydning for beregning av sammenhørende flomvannføringer i Verdalselv ved samløpet. Beregning av vannføringen i Verdalselv ved kulminasjon i de forskjellige grenene ga følgende resultat:

Sammenhørende verdier for vannføring i Verdalselv ved kulminasjon i Inna (timesverdier)

Punkt i vassdraget	Q _M m ³ /s	Q ₅ m ³ /s	Q ₁₀ m ³ /s	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s	Q ₁₀₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s	Q ₅₀₀ m ³ /s
Inna (Q _T)	207	253	295	336	392	436	480	542
Verdalselv rett oppstrøms Inna	352	430	501	572	667	741	817	922
Verdalselv rett nedstrøms Inna	559	683	796	908	1059	1177	1297	1464

Q_T angir hvilke av vannføringsverdiene i tabellen som tilsvarer gjentakintervallet øverst i kolonnene

Sammenhørende verdier for vannføring i Inna ved kulminasjon i Verdalselv (timesverdier)

Punkt i vassdraget	Q _M m ³ /s	Q ₅ m ³ /s	Q ₁₀ m ³ /s	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s	Q ₁₀₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s	Q ₅₀₀ m ³ /s
Verdalselv rett oppstrøms Inna (Q _T)	385	472	555	639	754	846	942	1076
Verdalselv rett nedstrøms Inna (Q _T)	578	707	832	958	1131	1268	1412	1612
Inna	192	235	277	319	376	422	470	537

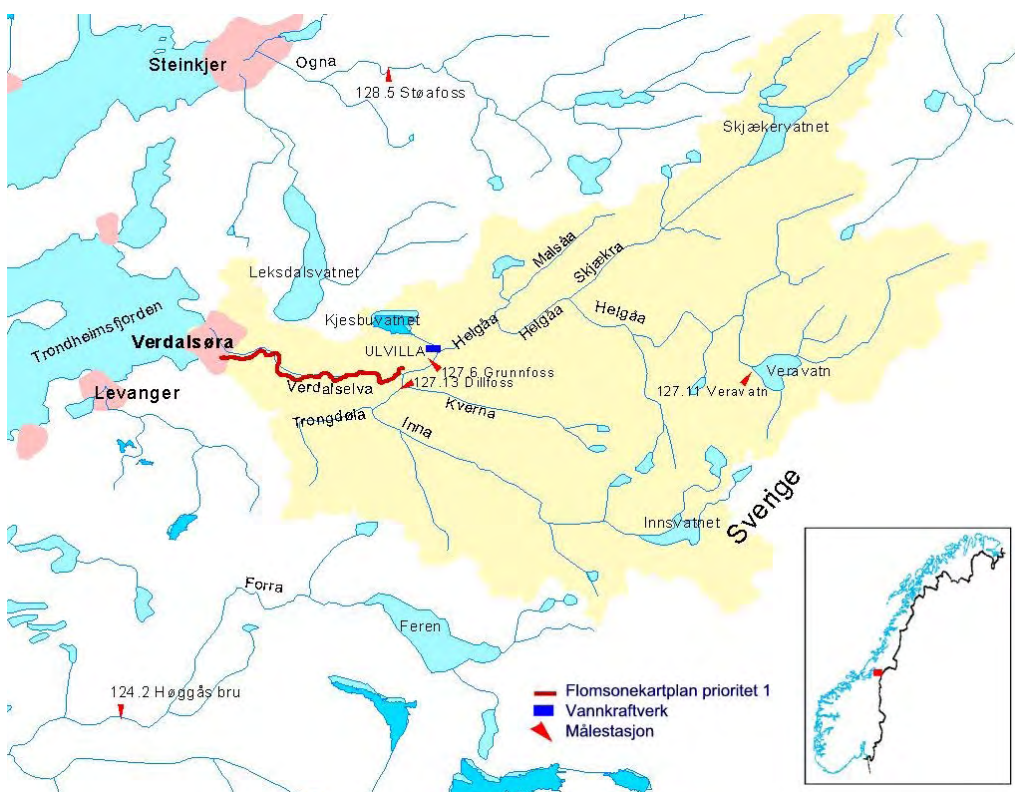
Q_T angir hvilke av vannføringsverdiene i tabellen som tilsvarer gjentakintervallet øverst i kolonnene

1. Beskrivelse av oppgaven

Flomsonekart skal konstrueres for flomutsatt elvestrekning i Verdalselv, fra utløpet i Trondheimsfjorden ved Verdalsøra til oppstrøms Grunnfossen ved Ulvilla, og opp i sideelva Inna til Dillfoss, i Verdal kommune i Nord-Trøndelag. Strekningen omfatter ett delprosjekt i Flomsonekartprosjektet, med delprosjektnummer fs 127_1.

Strekningen er tegnet inn på figur 1. Flomutsatt på strekningen er bl.a. tettbebyggelse, riksveg og dyrket mark.

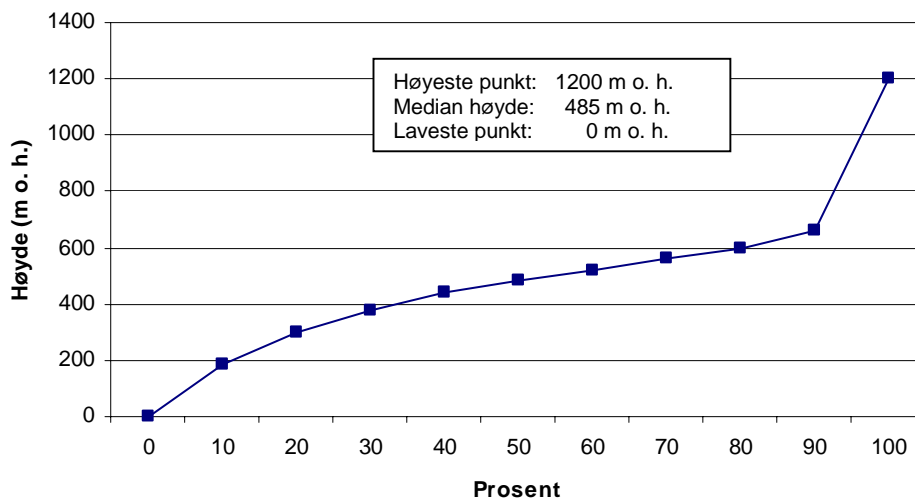
Som grunnlag for konstruksjon av flomsonekart for denne strekningen skal midlere flom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes.



Figur 1. Oversiktskart over Verdalsvassdraget og nærliggende vassdrag. Strekningen som skal flomsonekartlegges er tegnet inn med rødt.

2. Beskrivelse av vassdraget

Verdalsvassdraget har utløp langt nord i Trondheimsfjorden, og strekker seg inn i fjellpartiene østover mot svenskegrensa. Vassdraget har således sitt utspring i grensefjellene mot Sverige, og deler av vassdraget strekker seg så vidt inn i Sverige. Nedbørfeltet har totalt feltareal på 1471 km², og strekker seg fra 0 til 1200 moh. (fig. 2). Vassdraget har beliggenhet i Verdal kommune, men området omkring Skjækervatnet når også noe inn i Steinkjer og Snåsa kommuner. Østgrensa går opp i Skjækervatnet på svensk side. Verdalsvassdraget består av to hovedgrener, Inna og Verdalselv/Helgåa, som løper sammen ved tettstedet Vuku. Helgåa går over i



Figur 2. Hypsografisk kurve for Verdalsvassdraget ved utløpet i fjorden.

Verdalselv ved Ulvilla. Verdalsvassdraget er det største uregulerte vassdraget som strekker seg fra fjord til fjell i Trøndelag. Det finnes i dag ett lite kraftverk i Verdalsvassdraget, Ulvilla, tilknyttet et lite magasin, Kjesbuvatnet, i sideelva Ulvillebekken. Kraftverket har ikke praktisk betydning for vannføringen i Verdalselv. Vassdraget er plassert i Samlet Plan kategori I.

Helgåa har et nedbørfelt på 870 km² der den går over i hovedelva Verdalselv nedstrøms tilløpet fra Ulvillebekken, ca 25 km fra utløpet. Elva har sitt utspring i Veravatn (360 moh.) like ved svenskegrensa. Helgådalen er en frodig jordbruksdal med til dels mektige løsmasseavsetninger som elva har gravd seg ned i. Elva er rolig, bred og noe meandrerende, men har også flere store fossefall og stryk i sitt løp vestover. Største sideelv til Helgåa er Skjækra, med et nedbørfelt på 242 km², og med utspring i Skjækervatnet (440 moh.). I fjellområdene har Skjækerfjella flere markante topper på mer enn 1000 moh. I de øvre deler har Skjækerelva stort sett et rolig løp sørvestover. Lenger ned faller den til dels kraftig til den munner ut i Helgåa like nedenfor Skjækerfossen. Skjækra er et vernet vassdrag. I Helgåa rett nedstrøms samløpet med Skjækra er det en stor foss, Granfossen. Helgådalen nedenfor Granfossen er sterkt preget av elveerosjon. Ved Grunnfossen, i Verdalselv rett nedstrøms tilløp fra Ulvilla, ligger NVEs hydrometriske målestasjon 127.6 Grunnfoss. Helgådalen og Verdalen har vært sterkt utsatt for flom- og erosjonsskader så vel langs hovedvassdraget som langs sideelver og bekker. Erosjon har utløst større og mindre ras. Mest kjent er Verdalsraset som gikk langs Follobekken 19. mai 1893. Hele Follogrenda og Jermstadgrenda raste ut, og 112 mennesker mistet livet. Mindre kjent er en annen naturkatastrofe, utløst av erosjon, som rammet dalføret 12. september samme år, da Helgåa tok nytt løp forbi Hærfossen. Som følge av dette har store jordbruksarealer gått tapt på grunn av tilbakeskriddende erosjon. Det er senere utført omfattende sikringstiltak mot flom, erosjon og ras i vassdraget.

Inna renner ut i Verdalselv ved tettstedet Vuku ca. 20 km fra Verdalsøra, og har et nedbørfelt på 481 km². Vassdraget har sitt utspring i grensetraktene mot Sverige, i hovedsak fra Innsvatn (415 moh.) og Kråksjøen (551 moh.) ved svenskegrensa. Nedbørfeltet ligger stort sett under 800 moh. Elvestrekningen nedstrøms Innsvatn har

mange fossefall. Sidevassdraget Kverna på nordsiden renner ut i Inna ca. 1,5 km før Innas samløp med Verdalselv. Like før utløpet i hovedelva danner Inna en stor foss, Dillfossen. Ved Dillfoss ligger NTEs (Nord-Trøndelag E-verks) hydrometriske stasjon 127.13 Dillfoss.

Nedbørnormaler for noen meteorologiske målestasjoner i Verdalsvassdraget er 815 mm ved nedbørstasjon 7010 Verdalsøra (7 moh.), 975 mm ved 7034 Verdals-Sul (245 moh.) og 1115 mm ved 7050 Vera (368 moh.).

NVEs avrenningskart (1987) gir en naturlig spesifikk årlig avrenning for perioden 1930-1960 på 44,5 l/skm² ved målestasjon 127.6 Grunnfoss og 37,8 l/skm² ved 127.11 Veravatn. Årsmiddelavrenningen varierer innenfor vassdraget fra 20 l/skm² i de lavestliggende områdene omkring Verdalsøra til omkring 55 l/skm² i de høyereliggende områdene i Skjækerfjella og området omkring Hyllfjellet og Drivsjøfjellet innerst i Kverndalen og Inndalen.

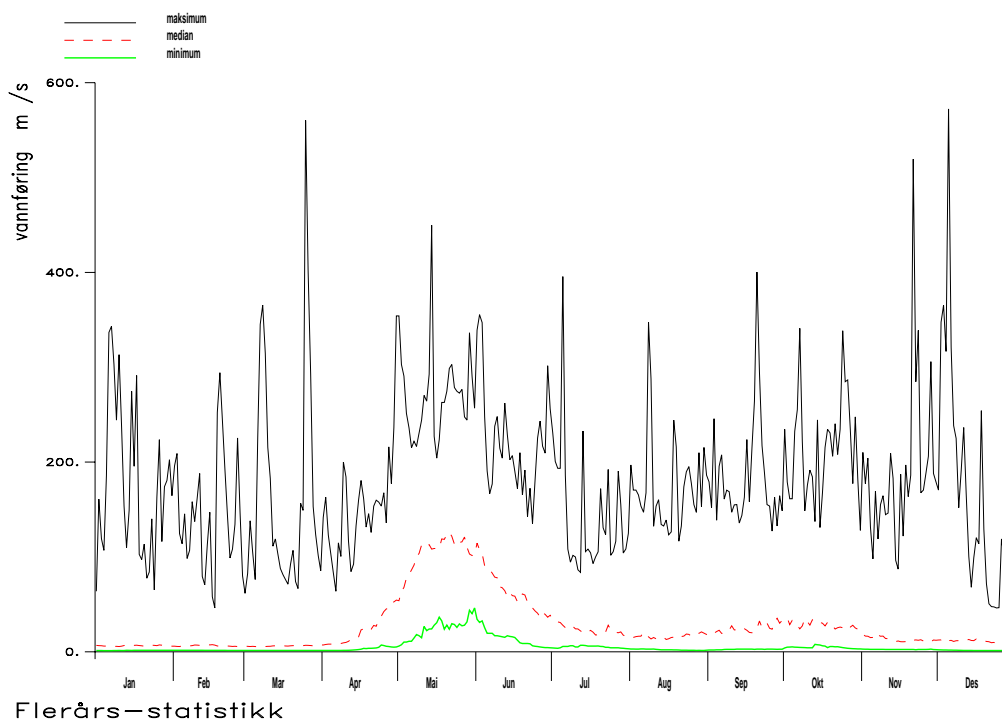
I Verdalselv opptrer store flommer hyppigst om våren i månedene mai og juni i forbindelse med snøsmelting. Men store flommer opptrer til alle årstider i forbindelse med store nedbørmengder, og særlig i kombinasjon med snøsmelting. Flom kombinert med isgang skaper ofte problemer og skader. Det kan oppstå skadeflommer både vår, høst og vinter.

I figurene 3-5 illustreres de hydrologiske forholdene i vassdraget, basert på observerte data. Figur 3 viser karakteristiske vannføringsverdier for hver dag i løpet av året for målestasjonen 127.6 Grunnfoss i perioden 1952-2001. Øverste kurve (maksimum) i diagrammet viser største observerte vannføring og nederste kurve (minimum) viser minste observerte vannføring i løpet av måleperioden. Den midterste kurven er mediankurven, dvs. at det er like mange observasjoner i løpet av referanseperioden som er større eller mindre enn denne. Figuren viser at flommer forekommer til alle årstider. Dette fremgår også av figur 4, som viser relativ flomstørrelse og tidspunkt for flommer over en gitt terskelverdi, i dette tilfellet 234 m³/s, som tilsvarer omtrent 80 % av middelflom. Tabell 1 viser at store årflommer i Verdalselv har skjedd til veldig forskjellige tidspunkt på året.

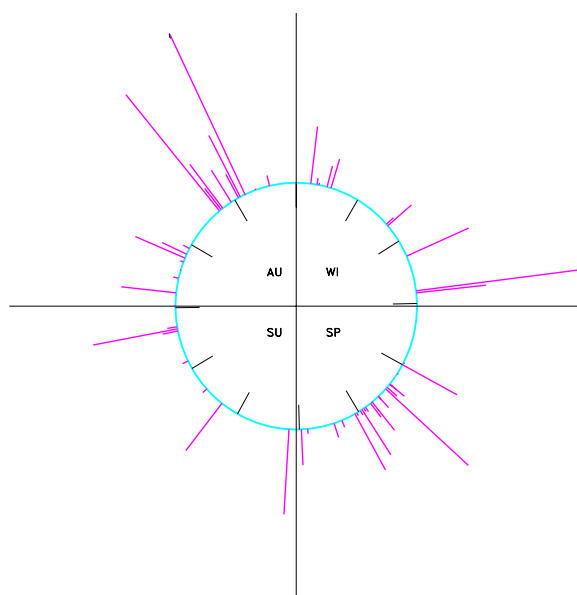
Mediankurven i figur 3 viser midlere vannføringsforhold over en lang årrekke, men illustrerer dårlig hvordan vannføringen faktisk varierer i et enkelt år. Figur 5 viser vannføringen i året 1993, som var et år med omtrent normal årsmiddelavrenning (38 m³/s). Største vannføring opptrådte dette året i slutten av oktober, da døgnmiddelvannføringen kulminerte på omtrent middelflom.

I tabell 1 er de største flommene ved målestasjonen 127.6 Grunnfoss i Verdalselv og ved 127.13 Dillfoss i Inna presentert. Ved Grunnfoss er de største flommene presentert for to ulike perioder, i 1973-2001 for å kunne sammenligne med de største observerte flommene i Inna ved Dillfoss der det ikke finnes lengre dataserie, og i 1909-2001 for å få en oversikt over de største flommene i vassdraget, som skjedde i perioden før 1973. Observasjonsbrudd i dataserien ved Grunnfoss i perioden 1930-1951 medfører at store flommer i 1932 og 1947 ikke er registrert i NVEs database. Flommene 20. oktober 1947 og i januar 1932 er beregnet etter flomlinjer til henholdsvis 724 m³/s og 687 m³/s. De innmålte flomlinjene representerer høyeste registrerte flomvannstand, og

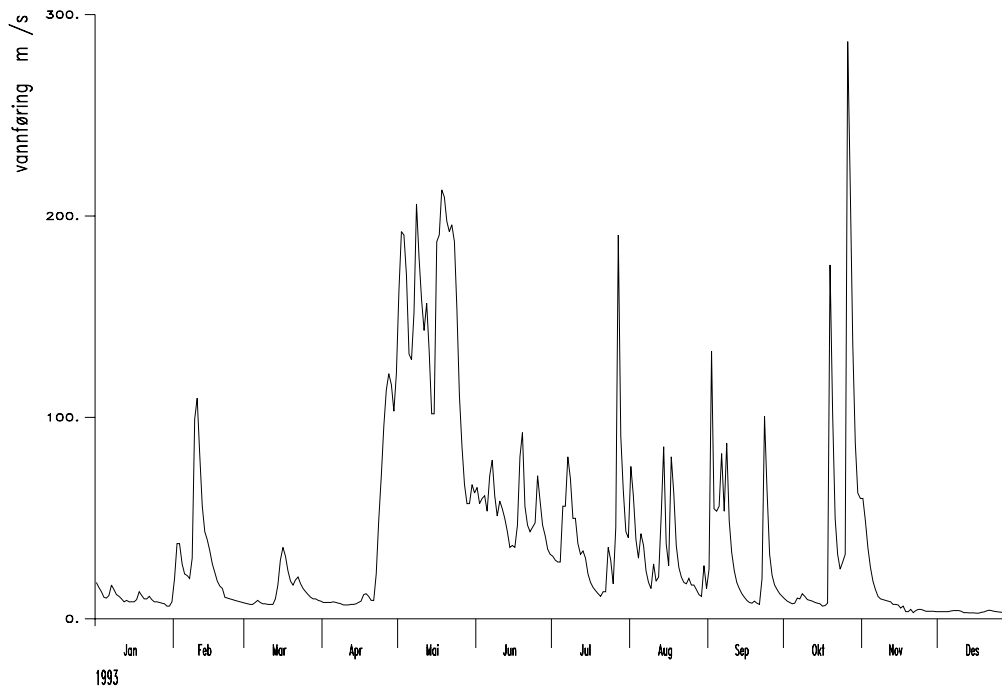
må således antas å tilsvare kulminasjonsvannføringen. Døgnmiddelvannføringen for disse flommene er ikke kjent. Nøyaktig dato for flommen i januar 1932 er også ukjent.



Figur 3. Karakteristiske vannføringsverdier i Verdalselv ved målestasjon 127.6 Grunnfoss i perioden 1952-2001. Diagrammene viser største, median og laveste observerte vannføring i angitt periode.



Figur 4. Flommer ved 127.6 Grunnfoss i 1952-2001, fordelt over året. Sirkelen representerer året med start på året loddrett oppover. Flommene er markert med når på året de inntreffer og med relativ størrelse.



Figur 5. Vannføring i Verdalselv ved 127.6 Grunnfoss i 1993.

Tabell 1. De fem største flommene i løpet av observasjonsperioden 1909-2001 og 1973-2001 ved 127.6 Grunnfoss i Verdalselv (observasjonsserien har brudd i perioden 1930-1951, men to store flommer er allikevel registrert) og i 1973-2001 ved Dillfoss i Inna. Hentet fra NVEs dataarkiv Hydrall.

Stasjon	Observasjonsperiode	År	Dato	Døgnmiddelvannføring, m ³ /s	Døgnmiddelvannføring, l/skm ²
127.6 Grunnfoss	1909-2001	1947	20/10	724*	832*
		1932	jan.	687*	790*
		1962	5/12	572	657
		1953	25/3	560	644
		1961	21/11	519	597
127.6 Grunnfoss	1973-2001	1982	26/3	370	425
		1990	3/12	365	420
		1995	2/6	355	408
		2000	8/8	348	400
		1973	7/1	343	394
127.13 Dillfoss	1973-2001	1982	26/3	191	398
		1993	26/10	190	396
		2000	8/8	180	375
		1992	15/1	178	371
		1994	23/11	178	371

* Vannføringen er beregnet med utgangspunkt i innmåling av flomlinjer, og representerer således kulminasjonsvannføringen (døgnmiddelvannføringen er ukjent).

3. Hydrometriske stasjoner

3.1. Hydrometriske stasjoner i Verdalselvs nedbørfelt

I Verdalsvassdraget finnes det flere målestasjoner for vannstand/vannføring. De som er viktige i en flomberegning for Verdalselv er 127.6 Grunnfoss, 127.13 Dillfoss og 127.11 Veravatn. Målestasjonenes beliggenhet er vist i figur 1. Feltarealene er fastlagt ved en ny beregning av Seksjon for geoinformasjon ved Vannressursavdelingen, og kan avvike noe fra det som er oppgitt i NVEs hydrologiske database (HydraII).

127.6 Grunnfoss ligger i Verdalselv rett nedstrøms tilløpet fra Ulvillebekken ca. 25 km fra utløpet i Trondheimsfjorden. Nedbørfeltets areal er 870 km², og strekker seg fra 40 til 1200 moh. (medianhøyde 500 moh.). Vassdraget har en liten effektiv sjøprosent på 0,26 % og en fjellprosent på 57 %. Feltet er uregulert, med unntak av kraftverket Ulvilla tilknyttet et lite magasin, Kjesbuvatnet, i sideelva Ulvillebekken. Ved målestasjonen er målinger foretatt siden 1909, men med observasjonsbrudd i en periode på 21 år i 1930-1951. Den kvalitetskontrollerte dataserien har en lengde på til sammen 71 år. Årsaken til at vannmerket ble nedlagt i 1930 var stadige profilendringer i fossen pga. utrasninger. Det antas at dette hadde foregått i en 20-års periode frem til 1930 (NVEs Vannmerkeprotokoll). I tillegg førte elva med seg en del rullestein fra en grusrygg lenger oppstrøms. Det kan dermed stilles spørsmålsteget til datakvaliteten på observerte data ved Grunnfoss frem til 1930. I 1951 ble vannmerket gjenopprettet på samme sted som tidligere. Profilet var nå antatt å være stabilt, fordi det i mellomtiden var sprengt vekk fjell i profilet for å lette tømmerfløtingen, i tillegg til at forbygninger hadde redusert løsmassetransporten i elveløpet. Målinger er foretatt kontinuerlig i perioden fra 1951 til i dag. Homogenitetstesting av måleserien etter 1952 viser at dataserien har et sannsynlig brudd i 1965 (Astrup 2000), som sannsynligvis skyldes at vannmerket ble revet ned av ismasser i elveløpet, og senere satt opp igjen ca. 2 m ovenfor det gamle vannmerket. Målinger med ADCP på stor vannføring ved Grunnfoss viser at vannføringskurven underestimerer vannføringen noe. Fire målinger i juni 1997 viser at målt vannføring (163 - 283 m³/s) er fra 3 til 13 % større enn vannføringen beregnet fra gjeldende vannføringskurve.

Vannføringskurven gir jevnt over litt lav vannføring. Stasjonen har isoppstuede perioder hver vinter. Observasjonsserien ved Grunnfossen er viktig da den over en lang periode gir total avrenning for Helgåa, den ene av de to hovedgreinene i Verdalsvassdraget.

127.13 Dillfoss ligger i Inna ved Dillfossen nedenfor samløpet mellom Inna og Kverna, rett oppstrøms tilløpet til Verdalselv. Nedbørfeltets areal er 480 km², med en liten effektiv sjøprosent på 0,23 %. Nedbørfeltet strekker seg fra 60 til 1035 moh., med median høyde på 509 moh. Feltet er uregulert. Ved målestasjonen er målinger foretatt siden 1973 og frem til i dag, og serien har en lengde på til sammen 29 år. Serien er uten observasjonsbrudd. Homogenitetstesting av måleserien viser at denne er uten signifikante brudd (Astrup 2000). Observasjonsserien ved Dillfossen er viktig da den over en lang periode gir total avrenning for Inna, den ene av de to hovedgreinene i Verdalsvassdraget. Vannføringskurven er revidert i de senere år, og er godt tilpasset målte vannføringer på til dels stor vannføring. Vannføringskurven skal være god for hele observasjonsperioden. Datakvaliteten regnes for å være god.

127.11 Veravatn ligger i Veravatn øverst i sidevassdraget Helgåa i de østligste delene av Verdalsvassdraget. Nedbørfeltets areal er 175 km², med en effektiv sjøprosent på 3,69 %, og en fjellprosent på 41 %. Nedbørfeltet strekker seg fra 360 til 1230 moh., med median høyde på 525 moh. Ca. 40 % av Veravatns nedbørfelt ligger i Sverige. Feltet er uregulert. Ved målestasjonen er målinger foretatt siden 1967 og frem til i dag, og serien har en lengde på til sammen 35 år. Serien er uten observasjonsbrudd. Homogenitetstesting av måleserien viser at denne er uten signifikante brudd (Astrup 2000). Vannføringskurven ved Veravatn er usikker, fordi den gir for lavt estimat ved stor vannføring.

3.2. Hydrometriske stasjoner i nærliggende vassdrag

Siden frekvensanalysene ved både Grunnfoss og Dillfoss er noe usikre, som beskrevet i kapittel 4.2, er frekvensanalysene ved disse målestasjonene sammenlignet med analyser fra to nærliggende, uregulerte vassdrag. Målestasjonene i disse (som også er tegnet inn i figur 1) er:

124.2 Høggås bru i nabovassdraget Forra, et sidevassdrag til Stjørdalselv, i sør. Forra har utspring i Feren, en av de største innsjøene i Trøndelag. Etter noen kilometer i stryk og stille loner renner Forra ut i et nærmest endeløst myrbasseng, der elva er meandrerende og nesten uten fall. Lenger ned blir dalen trangere og elva renner med jevnt fall. Forra løper ut i Stjørdalselva nær Hegra. Nedbørfeltets areal ved Høggås bru er 491 km², med en effektiv sjøprosent på 2,40 % og en fjellprosent på 36 %. Nedbørfeltet strekker seg fra 93 til 1249 moh., med median høyde på 508 moh. Feltet er uregulert. Målinger er foretatt siden 1912. Dataserien er uten observasjonsbrudd, og har en lengde på til sammen 89 år. Homogenitetstesting av måleserien viser at denne har et signifikant brudd i 1935 (Astrup 2000). Vannføringskurven regnes for å være god, spesielt etter 1982. Kurveperioden 1957-1982 gir antagelig noe for høy vannføring.

128.5 Støafoss i nabovassdraget Oгна, som renner ut i Steinkjerelven, i nord. Oгна har sitt største magasin i Roktsjøen sørøst for Snåsavatnet. Herfra renner vassdraget gjennom betydelige skogstrakter før det renner sammen med Byaelven til Steinkjerelven ca. 1 km fra Steinkjer. Oгна er et utpreget lavlandsvassdrag, med hele 93 % av nedbørfeltet lavere enn 600 moh. Nedbørfeltets areal ved Støafoss er 473 km². Feltet er uregulert. Målinger er foretatt siden 1932. Dataserien har observasjonsbrudd i perioden 1953-1957. Homogenitetstesting av måleserien etter 1957 viser at denne er uten signifikante brudd (Astrup 2000). Vannføringskurven har de senere år vist seg å gi litt høy vannføring i forhold til observasjoner. Bestemmende profil er fjellterskel.

4. Beregning av flomverdier

Flomsonekart skal konstrueres for en om lag 20 km lang elvestrekningen i Verdalselv fra utløpet i fjorden til Grunnfossen ved Ulvilla, og opp i sideelva Inna til Dillfossen. Som grunnlag for dette skal midlere flom og flommer med gjentakintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år beregnes på strekningen. Med unntak av Inna er det på denne strekningen kun tilløp fra små sidebekker som relativt sett gir lite bidrag til Verdalselv ved flom. Beregningene tar ikke hensyn til påvirkning av tidevannet.

Utgangspunktet for denne flomberegningen er som tidligere nevnt lengre observasjonsserier av vannføring ved Grunnfossen i Verdalselv og ved Dillfossen i Inna.

4.1. Frekvensanalyse for beregning av døgnmiddelvannføring

Flommer generert av snøsmelting og flommer som er resultat av nedbørepisoder tilhører to forskjellige populasjoner. Vårflommene er årvisse, har ofte stort volum og lang varighet, og stiger moderat mot høyere gjentakintervall. Høstflommene kan være små eller mangle mange år, har ofte et spissere flomforløp med mindre volum og kortere varighet, og stiger ofte raskere mot høye gjentakintervall. I vestvendte, kystnære og til dels høytliggende vassdrag som Verdalselv kan flomepisoder forekomme til alle årstider pga. kraftig nedbør og/eller snøsmelting. I hele observasjonsperioden ved Grunnfoss har det vært store flomepisoder både vår, sommer, høst og vinter. Flommer forekommer hyppigst i mai og juni. Totalt sett over hele observasjonsperioden ved Grunnfoss opptrer omtrent 30 % av de største flommene hvert år i månedene mai og 15 % i juni.

I vassdrag med hyppighet av både høst- og vårflommer er det vanlig å utføre separate analyser av vår- og høstflommene, og ekstrapolere hver for seg (Sælthun 1997). I flomberegninger i flomsonekartsammenheng utføres analysene kun på årsflommer (NVE 2000), dvs. at frekvensanalysen er basert på de største observerte døgnmiddelvannføringene hvert år. Bakgrunnen for dette er at en flomepisode, enten den inntreffer vår eller høst, vanligvis har oppstått som en kombinasjon av både snøsmelting og regn, og tilhører derfor nødvendigvis ikke en av to forskjellige populasjoner. Dette er sannsynligvis tilfellet for mange flommer i Verdalsvassdraget. Når analysen gjøres kun mhp. årsflommer kan en risikere at det skjer en blanding av rene regnflommer og rene snøsmelteflommer i analysegrunnlaget. En risikerer også at andre store flommer i et år kan være større enn den største flommen i et annet år. For eksempel kan det skje at høstflommen ett år ikke kommer med i analysegrunnlaget, fordi denne er lavere enn vårflommen samme år, til tross for at den er større enn største flom i et annet år. Dette kan være et problem med analysene i Verdalselv, siden store flommer kan opptre til alle årstider.

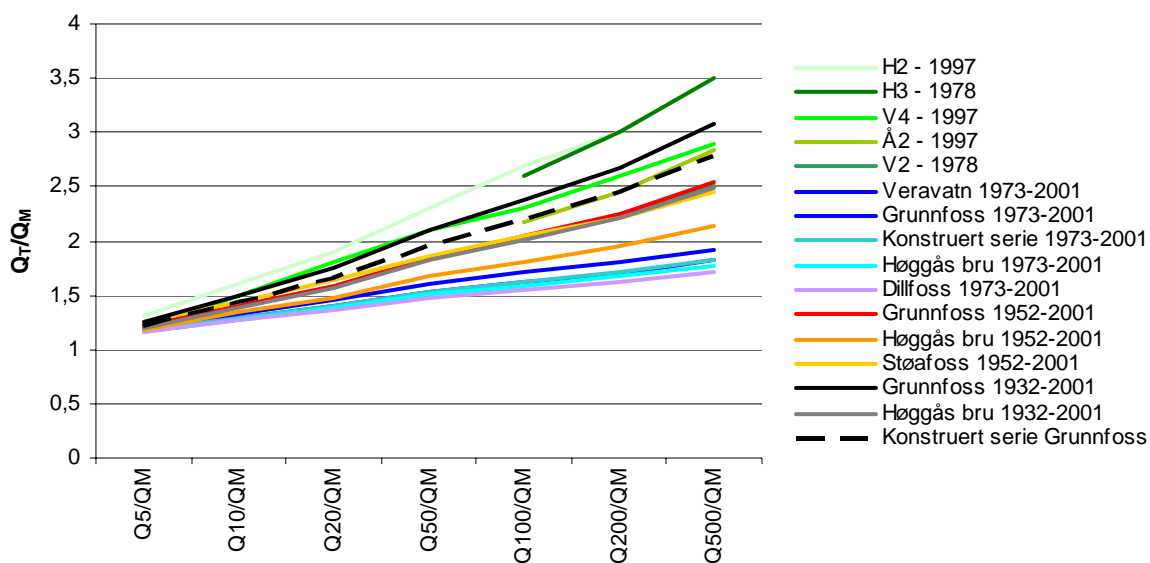
For de videre analysene er det med bakgrunn i dette i hovedsak valgt å legge til grunn frekvensanalyser på årsflommer for dataserien ved Grunnfoss og dataserien ved Dillfoss i ulike perioder. Siden to av de største flommene (1947 og 1932) som er observert ved Grunnfoss skjedde i perioden med observasjonsbrudd i NVEs database, er det laget en serie der de beregnede flomvannføringene i 1932 og 1947 inngår. Denne serien blir således gjeldende for perioden 1932-2001 (se tabell 2), men mangler

data for de resterende 18 av de 20 første årene da det var observasjonsbrudd. Denne serien er sentral i beregningene. Det er videre laget en "Konstruert serie ved Grunnfoss" (se tabell 2), som utgjør et middel av beregnede frekvensfaktorer ved Grunnfoss og Høggås bru (i nabovassdraget Forra) i perioden 1932-2001. Dette er nærmere beskrevet side 17. Siden det også skal beregnes flomverdier for strekningen nedstrøms samløpet mellom de to hovedgreinene Verdalselv/Helgåa og Inna, er det laget en konstruert dataserie gjeldende for Verdalselv nedstrøms samløpet med Inna, der døgnmiddelvannføringen for hver dag i den felles observasjonsperioden 1973-2001 ved Grunnfoss og Dillfoss er summert. Frekvensfaktorene for denne serien er oppgitt i tabell 2 som "Konstruert serie for Verdalselv". Det er så utført frekvensanalyse direkte på denne konstruerte serien for Verdalselv etter samløpet. I denne serien er det ikke foretatt noen skalering av dataene ved Grunnfossen eller Dillfossen for det mellomliggende arealet mellom målestasjonene og samløpet mellom Verdalselv og Inna (15 km² i Verdalselv og 1 km² i Inna), av den grunn at det ikke antas noe særlig bidrag fra disse små delfeltene til flomvannføring i hovedvassdraget.

De ulike frekvensanalysene for observerte og konstruerte data i Verdalselv og Inna er sammenlignet, og en antatt representativ fordelingsfunksjon for de aktuelle strekningene er valgt. Det er også sammenlignet med frekvensanalyser fra stasjoner i nærliggende vassdrag (beskrevet i kapittel 3.2). For observerte data velges i hvert tilfelle den frekvensfordelingen som vurderes best tilpasset de observerte årsflommene. De ulike frekvensfordelingene som er sammenlignet er presentert i tabell 2, med midlere flom (Q_M) i absolutte og spesifikke verdier og flommer med forskjellige gjentakintervall (Q_T) som en faktor i forhold til midlere flom, og er også illustrert i figur 6. I tabell 3 er flomverdiene for forskjellige gjentakintervall, Q_T , presentert i absolutte verdier. Sammenligning av frekvensfaktorer beregnet for den felles observasjonsperioden 1973-2001 både ved Grunnfoss, Dillfoss, i den konstruerte serien, ved Veravatn og ved Høggås bru i nabovassdraget Forra viser at faktorene stemmer godt overens, og varierer fra 1,71 til 1,93 for Q_{500}/Q_M . Umiddelbart virker det derfor fornuftig å velge frekvensfaktorene fra for eksempel den konstruerte serien nedstrøms samløpet mellom Inna og Verdalselv for perioden 1973-2001 som representativ for strekningen. Dette vil imidlertid føre til betydelig underestimering av flomstørrelsene i Verdalselv og uoverensstemmelse med de største observerte flommene ved Grunnfoss, fordi alle de største flommene skjedde i perioden før 1973.

Tabell 2. Flomfrekvensanalyser på årsflommer (døgnmiddelverdier), Q_T/Q_M , for målestasjoner i Verdalselv og nærliggende vassdrag sammen med regionale frekvenskurver for vårflokker (Wingård 1978, Sælthun 1997).

Stasjon	Periode	Ant. år	Areal (km ²)	Ford.- funksjon	Q _M		Q ₅ /Q _M	Q ₁₀ /Q _M	Q ₂₀ /Q _M	Q ₅₀ /Q _M	Q ₁₀₀ /Q _M	Q ₂₀₀ /Q _M	Q ₅₀₀ /Q _M
					l/s*km ²	m ³ /s							
Observerte data:													
127.6 Grunnfoss	1932-2001	52	870	LN3	348	303	1,25	1,49	1,75	2,10	2,38	2,67	3,09
127.6 Grunnfoss	1952-2001	50	870	LN3	329	287	1,21	1,40	1,59	1,85	2,05	2,26	2,55
127.6 Grunnfoss	1973-2001	29	870	LN2	301	262	1,17	1,29	1,39	1,52	1,61	1,70	1,82
127.13 Dillfoss	1973-2001	29	480	GEV	295	141	1,17	1,28	1,37	1,47	1,55	1,62	1,71
127.11 Veravatn	1973-2001	29	175	GEV	277	48	1,19	1,33	1,45	1,60	1,71	1,80	1,93
127.11 Veravatn	1967-2001	35	175	GEV	277	48	1,20	1,34	1,48	1,65	1,77	1,89	2,04
Konstruert serie ved Grunnfoss:	1932-2001		870		339	295	1,22	1,44	1,66	1,96	2,20	2,44	2,79
Konstruert serie for Verdalselv:	1973-2001	29	1366	GEV	289	395	1,18	1,30	1,41	1,54	1,63	1,71	1,82
Nærliggende vassdrag:													
124.2 Høggås bru	1932-2001	70	791	GEV	321	158	1,20	1,39	1,57	1,82	2,01	2,22	2,50
124.2 Høggås bru	1952-2001	50	491	GEV	301	148	1,19	1,34	1,48	1,67	1,81	1,95	2,13
124.2 Høggås bru	1973-2001	29	491	GEV	292	144	1,17	1,28	1,38	1,51	1,59	1,67	1,77
128.5 Støafoss	1932-2001	64	170	LN2	359	170	1,24	1,41	1,58	1,79	1,94	2,10	2,30
128.5 Støafoss	1952-2001	28	473	LN2	355	168	1,25	1,45	1,63	1,87	2,04	2,22	2,45
128.5 Støafoss	1973-2001	44	473	GEV	378	179	1,24	1,42	1,60	1,82	1,99	2,16	2,37
Regionale kurver:													
V2 - 1978							-	-	-	-	2,03	2,25	2,50
H3 - 1978							-	-	-	-	2,60	3,00	3,50
Å2 - 1978							-	-	-	-	2,17	2,45	2,83
V4 - 1997							1,2	1,5	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9
H2 - 1997							1,3	1,6	1,9	2,3	2,7	3,0	3,5

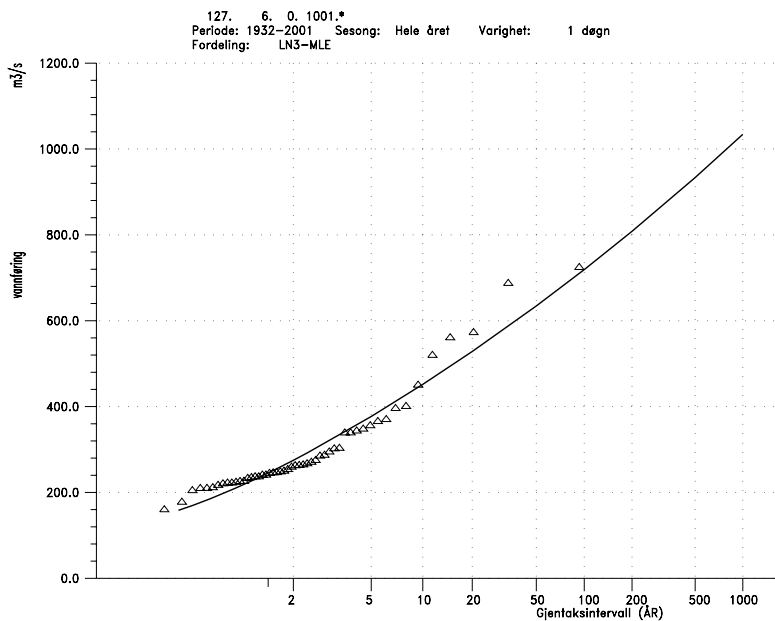


Figur 6. Flomfrekvenskurver (døgnmidler av årsflommer) for de ulike stasjonene som er sammenlignet i perioden 1932-2001 (svart/gråtoner), 1952-2001 (rød-/gul-toner) og for perioden 1973-2001 (blå-toner) inkludert den konstruerte serien for Verdalselv, sammen med regionale frekvenskurver for vårflokker (Wingård 1978, Sælthun 1997).

Tabell 3. Flomfrekvensanalyser på årsflommer (døgnmiddelverdier) for målestasjoner i Verdalselv og nærliggende vassdrag.

Stasjon	Periode	Ant. år	Varighet døgn	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	
Observerte data:												
127.6 Grunnfoss	1932-2001	52	1	303	377	452	528	635	719	808	934	
127.6 Grunnfoss	1952-2001	50	1	287	346	401	456	530	587	647	729	
127.6 Grunnfoss	1973-2001	29	1	262	307	338	365	399	423	446	476	
127.13 Dillfoss	1973-2001	29	1	141	165	180	193	208	219	229	241	
127.11 Veravatn	1973-2001	29	1	48	58	64	70	77	83	87	93	
Konstruert serie ved Grunnfoss:			1	295	361	424	488	577	647	720	822	
Konstruert serie for Verdalselv:	1973-2001	29	1	395	465	513	556	608	644	678	718	
Nærliggende vassdrag:												
124.2 Høggås bru	1932-2001	70	1	158	190	219	247	287	317	349	394	
124.2 Høggås bru	1952-2001	50	1	148	175	197	219	247	267	288	315	
124.2 Høggås bru	1973-2001	29	1	144	167	184	199	217	229	240	254	
128.5 Støafoss	1932-2001	64	1	170	210	240	268	304	330	356	391	
128.5 Støafoss	1952-2001	44	1	168	444	514	580	663	726	788	871	
128.5 Støafoss	1973-2001	28	1	179	221	254	286	326	356	385	423	

Det fremgår av frekvensfaktorene ved Grunnfoss for perioden 1952-2001 og 1932-2001 at frekvenskurven er langt brattere når perioden før 1973 inngår i analyseperioden. I perioden 1909-1932 er observerte data usikre (jfr. kapittel 3), og er dermed utelatt fra analysen. For å få et estimat av flomstørrelser ved ulike gjentaksintervall som er noenlunde i overensstemmelse med flommene som er observert ved Grunnfoss, må frekvensanalysene foretas på en dataserie som inkluderer de største observerte flommene. Analysene er derfor foretatt på dataserien i perioden 1932-2001 (som inkluderer de to store flommene i 1932 og 1947), til tross for at denne serien inneholder 18 år uten observasjoner. Dette vil føre til en overestimering av flomstørrelsene ved at dataene plottes som en 52 år lang serie til tross for at den i virkeligheten representerer en 70 år lang serie, slik at frekvenskurven blir brattere. I tillegg skjer en overestimering av frekvensfaktorene, spesielt på høye gjentaksintervall, på grunn av at de to store flommene ved Grunnfoss i perioden med observasjonsbrudd er estimerte verdier på grunnlag av flomlinjer, og dermed representerer kulminasjonsvannføring i stedet for døgnmiddelvannføring som i resten av dataserien. Figur 7 viser den statistiske fordelingsfunksjonen (Lognormal 3-fordelingen) som synes å være best tilpasset de observerte flommene ved Grunnfoss i denne perioden. Det er også stor usikkerhet knyttet til valg av frekvensfordeling. Avhengig av type frekvensfordeling som tilpasses de observerte årsflommene ved Grunnfoss for perioden 1932-2001 er det variasjon i Q_{500}/Q_M på $\pm 1,24$ og for perioden 1952-2001 på $\pm 0,7$. Frekvensfaktorene er godt tilpasset opp til omkring 20-års gjentaksintervall. Deretter er det større sprik i de ulike frekvensfordelingenes tilpasning til de observerte flommene, og usikkerheten øker med økende gjentaksintervall. Tross betydelig usikkerhet i valgte frekvensfaktorer presenteres disse med en nøyaktighet på to desimaler, for å unngå uoverensstemmelser i flomverdier når disse presenteres for flere punkter i vassdraget og for flere



Figur 7. Flomfrekvensanalyse for dataserie ved Grunnfoss oppstrøms tilløpet fra Inna i perioden 1932-2001 (døgnmidler av årsflommer). Frekvenstilpasningen antas å gi overestimering av flomstørrelsene.

gjentaksintervall. På grunn av usikkerhetene tilknyttet frekvensanalysen på serien ved Grunnfoss i perioden 1932-2001 er det foretatt en sammenligning med frekvensanalyse for samme periode ved stasjoner i nærliggende uregulerte vassdrag, Høggås bru i Forra (Stjørdalselv) og Støafoss i Ognå. Frekvensfaktorene beregnet på serien ved Grunnfoss gir noe høyere verdier enn ved begge disse målestasjonene i samme periode. Siden det antas en overestimering av flomstørrelsene i frekvensanalysen ved Grunnfoss er det her valgt representative frekvensfaktorer som utgjør et middel av frekvensfaktorene ved Grunnfoss og ved Høggås bru. På denne måten reduseres effekten av at flomstørrelsene overestimeres som følge av at de to største flommene i analysegrunnlaget representerer kulminasjonsvannføring, og at frekvenskurven blir brattere som følge av at det er observasjonsbrudd i serien. Ved Høggås bru sammenfaller den største observerte flommen med den største observerte flommen ved Grunnfoss den 20.oktober 1947. Frekvensfaktorene som på denne måten antas å være representative ved Grunnfoss er oppgitt i tabell 2 som "Konstruert serie ved Grunnfoss". Støafoss er utelatt i denne sammenheng med bakgrunn i nedbørfeltet har et typisk lavlandspreg og er dermed i utgangspunktet ikke helt sammenlignbart. Dette fremgår også ved at frekvensfaktorene avtok når analyseperioden ble forlenget til 1932-2001. Dette var ikke tilfellet ved Grunnfoss og Høggås bru, der det skjedde en tilnærmet like stor prosentvis økning i frekvensfaktorene for Q_{500}/Q_M ved forlenget analyseperiode. Det er også foretatt en sammenligning med regionale flomfrekvenskurver (Sælthun 1997, Wingård 1978). Disse er basert på sesongdata, og i tabell 2 er det oppgitt regionale frekvensfaktorer for vårflokker og høstflokker gjeldende for dette området. Valgte frekvensfaktorer (middel av Grunnfoss og Høggås bru) er noenlunde sammenfallende med flere av de regionale kurvene (V2-1978, Å2-1978, V4-1997). De regionale kurvene anses imidlertid ikke som direkte sammenlignbare med årsflomanalysen i Verdalselv, fordi årsflokkene i Verdalselv forekommer til alle årstider og er vanskelig sammenlignbare med sesonganalyser.

Tross stor usikkerhet i frekvenstilpasningen er frekvensfaktorene beregnet fra dataserien ved Grunnfoss i perioden 1932-2001, midlet mot frekvensfaktorer beregnet på observert serie ved Høggås bru i samme periode, valgt som representative for hele strekningen i Verdalselv fra utløpet i fjorden til Grunnfossen ("Konstruert serie ved Grunnfoss"). For strekningen i Inna finnes observerte data kun siden 1973. Beregnede frekvensfaktorer for Inna i perioden 1973-2001 stemmer godt overens med tilsvarende beregnet både ved Grunnfoss, Veravatn og Høggås bru i samme periode. Det er grunn til å anta at frekvensfaktorene beregnet for dataserien ved Dillfoss for perioden 1973-2001 gir for lave verdier sammenlignet med den store forskjellen i frekvensfaktorer for periodene 1932-2001 (52 år med data) og 1973-2001 ved Grunnfoss. Det antas at det også har vært store flomepisoder i Inna i perioden før 1973 og at frekvensfaktorene må økes tilsvarende.

Spesifikk middelflom er i stor grad avhengig av nedbørfeltets størrelse, og varierer fra punkt til punkt på strekningen som skal flomberegnes. I Verdalselv ved Grunnfossen benyttes spesifikk middelflom beregnet som et middel av spesifikk middelflom for perioden 1952-2001 og for perioden 1932-2001. Begrunnelsen for dette er at spesifikk middelflom for perioden 1952-2001 blir underestimert, fordi to av de største flommene som er observert ved Grunnfoss ikke inngår i perioden. På den annen side blir spesifikk middelflom for perioden 1932-2001 overestimert, fordi de 20 første årene i perioden kun inneholder data for de to årene da to av de største flommene ble observert. I Inna benyttes spesifikk middelflom som beregnet fra den observerte dataserien ved Dillfoss, men er skalert opp med en prosentandel som tilsvarende forskjellen i spesifikk middelflom beregnet ved Grunnfoss som beskrevet over og i perioden 1973-2001. Nedstrøms samløpet mellom Verdalselv og Inna benyttes spesifikk middelflom som beregnet fra den konstruerte dataserien, men er skalert opp på tilsvarende måte som i Inna. Areal forskjellen mellom målestasjonen 127.6 Grunnfoss til Verdalselv rett oppstrøms Innas tilløp er liten (2 %). Bidraget til hovedelva fra dette delfeltet anses som svært lite ved flom, og den spesifikke avrenningen er derfor redusert noe på strekningen. Tilsvarende er spesifikk avrenning redusert noe på strekningen i Verdalselv fra nedstrøms tilløpet fra Inna til utløpet i fjorden. Middelflom (Q_M) og frekvensfaktorer (Q_T/Q_M) som antas representative i de ulike punktene i vassdraget er oppsummert i tabell 4. Flomverdier (døgnmiddelvannføring) for punktene er presentert i tabell 5.

Tabell 4. Benyttede middelflomverdier (Q_M) og frekvensfaktorer (Q_T/Q_M) i de ulike punktene som skal flomberegnes i Verdalsvassdraget, døgnmiddelflomverdier for årsflommer.

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Varighet døgn	Q_M		Q_5/Q_M	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M
			l/s*km ²	m ³ /s							
Verdalselv ved Grunnfoss	870	1	339	295	1,22	1,44	1,66	1,96	2,20	2,44	2,79
Verdalselv rett oppstrøms Inna	885	1	335	296	1,22	1,44	1,66	1,96	2,20	2,44	2,79
Inna rett før tilløp til Verdalselv	481	1	331	159	1,22	1,42	1,62	1,89	2,11	2,32	2,62
Verdalselv rett nedstrøms Inna	1366	1	325	444	1,22	1,44	1,66	1,96	2,20	2,44	2,79
Verdalselv ved Ekle	1426	1	320	456	1,22	1,44	1,66	1,96	2,20	2,44	2,79
Verdalselv ved Verdalsøra	1471	1	315	463	1,22	1,44	1,66	1,96	2,20	2,44	2,79

Tabell 5. Flomverdier i de ulike punktene som skal flomberegnes i Verdalsvassdraget, døgnmiddelverdier for årsflommer.

Punkt i vassdraget	Areal km ²	Varighet døgn	Q _M		Q ₅ m ³ /s	Q ₁₀ m ³ /s	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s	Q ₁₀₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s	Q ₅₀₀ m ³ /s
			l/s*km ²	m ³ /s							
Verdalselv ved Grunnfoss	870	1	339	295	361	424	488	577	647	720	822
Verdalselv rett oppstrøms Inna	885	1	335	296	363	427	491	580	651	724	827
Inna rett før tilløp til Verdalselv	481	1	331	159	195	227	259	302	335	370	417
Verdalselv rett nedstrøms Inna	1366	1	325	444	544	640	737	870	975	1086	1240
Verdalselv ved Ekle	1426	1	320	456	559	657	756	893	1002	1115	1273
Verdalselv ved Verdalsøra	1471	1	315	463	567	667	768	907	1017	1132	1293

4.2. Beregning av kulminasjonsvannføring

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmidler.

Kulminasjonsvannføringen kan være adskillig større enn døgnmiddelvannføringen.

Dette er spesielt karakteristisk for små vassdrag med rask flomstigning og spisse flomforløp. I mellomstore vassdrag som Verdalsvassdraget med flere hovedgrener er situasjonen ofte slik at avløp fra forskjellige deler av feltet ankommer ett og samme punkt i hovedvassdraget på forskjellige tidspunkt. Som følge av dette er vannføringen i slike vassdrag ofte stor i flere påfølgende døgn. Dette er normalt ikke tilfellet i Verdalselv. I Verdalselv er årsaken til flomhendelser i noen tilfeller kraftig snøsmelting og i andre tilfeller kraftig nedbør, og som oftest en kombinasjon av disse. Når flomepisoden i hovedsak er forårsaket av snøsmelting vil dette gi et jevnt tilsig til hovedelva over et lengre tidsrom, og vannføringen vil således være stor i flere påfølgende døgn. Er flomepisoden forårsaket av intens nedbør vil avrenningen til elva normalt være raskere og forløpet spissere. I Verdalselv, der flomepisoder opptrer til alle årstider og er forårsaket av enten snøsmelting, regn eller en kombinasjon av disse, er forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring svært varierende fra flomepisode til flomepisode.

Kulminasjonsvannføringen anslås fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Forholdstallet ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$) mellom observert kulminasjonsvannføring (momentanvannføringen) og døgnmiddelvannføring beregnes da for én eller flere av de større flommene ved målestasjoner i vassdraget, og/eller eventuelt i nærliggende vassdrag, avhengig av hvor og når det finnes data med fin tidsoppløsning (timesverdier). Grunnlaget for å anslå forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring i Verdalselv er i utgangspunktet godt. Ved målestasjonene Grunnfoss og Dillfoss finnes data med fin tidsoppløsning for henholdsvis seks av de ni og fem av de ni største observerte årsflommene i den felles observasjonsperioden 1973-2002. For de største observerte flommene ved Grunnfoss, som opptrådte i perioden før 1973, finnes ikke data med fin tidsoppløsning. Forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ for flomepisodene der findata finnes er svært varierende både i Verdalselv og i Inna. I Verdalselv varierer forholdstallet mellom 1,05 og 1,68, og i Inna mellom 1,02 og 1,51. Verken i Verdalselv eller Inna er det noen sammenheng i når på året forholdstallet er lavt og når det er stort. I både Verdalselv og Inna utgjør de analyserte flommene middelflommer til omkring 5-

årsflommer. Forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ er også beregnet for den konstruerte serien i Verdalselv nedstrøms tilløp fra Inna (ved at vannføringen ved Grunnfossen ved kulminasjon er tillagt vannføringen i Dillfossen ved samme tidspunkt, og deretter dividert med døgnmiddelvannføringen i den konstruerte serien), og varierer omtrent som ved Grunnfoss fra 1,04 til 1,72. På bakgrunn av svært varierende forholdstall mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring i Verdalsvassdraget uavhengig av sesong er det problematisk å velge ett forholdstall som skal gjelde for alle årsflommer. Årsaken til de store variasjonene i dette forholdstallet er at de analyserte flommene opptrer til alle årstider og dermed kan ha svært ulikt opphav. Enkelte flommer er antagelig kun regnflommer, andre kun smelteflommer og andre igjen en kombinasjon.

Til støtte for de observerte forholdstall kan tilsvarende også estimeres vha. formler, som uttrykker en sammenheng mellom forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ og feltkarakteristika (feltareal og effektiv sjøprosent) for vår- og høstsesong (Sælhun 1997). Resultatet for den konstruerte serien ble 1,28 for høstflommer og 1,14 for vårflokker, altså en del lavere enn de største som er observert. Forholdstallet 1,30 utgjør gjennomsnittet av forholdstallet for de seks observerte flommene ved Grunnfossen (1,31) og i den konstruerte serien (1,30), og er valgt benyttet som et generelt forholdstall mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring for årsflommer i Verdalselv. I Inna er forholdstallene beregnet via formelverket til 1,38 for høstflommer og 1,20 for vårflokker, altså noe høyere enn i Verdalselv. Samtidig er gjennomsnittet av forholdstallet for fem observerte flommer i Inna noe lavere enn i Verdalselv (1,21). I Inna er det valgt å benytte et forhold mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring på 1,30 som i Verdalselv. Benyttede $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ -faktorer og kulminasjonsvannføring i ulike punkt i Verdalsvassdraget ved ulike gjentaksintervall er presentert i tabell 6.

Tabell 6. Flomvannføring ved ulike punkt i Verdalsvassdraget ved ulike gjentaksintervall, kulminasjonsvannføring for årsflommer.

Punkt i vassdraget	Areal km ²	$Q_{\text{mom}}/$ Q_{mid}	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
Verdalselv ved Grunnfoss	870	1,3	383	469	551	635	750	840	936	1069
Verdalselv rett oppstrøms Inna	885	1,3	385	472	555	639	754	846	942	1076
Inna rett før tilløp til Verdalselv	481	1,3	207	253	295	336	392	436	480	542
Verdalselv rett nedstrøms Inna	1366	1,3	578	707	832	958	1131	1268	1412	1612
Verdalselv ved Ekle	1426	1,3	593	726	854	983	1161	1302	1450	1655
Verdalselv ved Verdalsøra	1471	1,3	602	738	867	998	1179	1322	1472	1681

4.3. Samløpsproblematikk

Ofte er det tilfellet at det er flom i ei sideelv i et vassdrag uten at det er flomvannføring i selve hovedelva, eller at flommer kulminerer tidligere i sideelver slik at hovedbidraget fra en sideelv under en flomepisode har passert hovedelva før flomvannføringen i selve hovedelva kulminerer. I hydrauliske modeller for vannlinjeberegninger er det nødvendig å beregne vannføringen i hovedelva når

flomvannføringen kulminerer i sideelva. Generelt er det i slike tilfeller nødvendig å beregne vannføringen for hver av greinene i samløpet, som regel to elver inn og én ut.

Ved store flomepisoder i Verdalsvassdraget er det vanligvis flom i de to hovedgreinene Verdalselv/Helgåa og Inna samtidig. Grunnet Innas mindre nedbørfelt kulminerer flommen her stort sett tidligere enn i Verdalselv ved samme flomepisode, selv om kulminasjonen i Inna og Verdalselv normalt skjer innenfor samme døgn. For seks av de største observerte flommene i perioden 1973-2001 kulminerer Inna fra én til sju timer før Verdalselv. I ett av de seks tilfellene skjer kulminasjonen i Inna én time etter kulminasjonen i Verdalselv. Ved samme flomepisode er det ikke gitt at gjentaksintervallet for flommen i Inna er det samme som for flommen i Verdalselv/Helgåa. I Verdalselv nedstrøms tilløpet fra Inna vil vannføringen avhenge både av flomvannføring i Inna og vannføringen i Verdalselv/Helgåa. I og med at det finnes finoppløselige vannføringsdata i Inna ved Dillfoss og i Verdalselv ved Grunnfoss for flere store flomepisoder er det mulig å estimere gjennomsnittlig prosentandel vannføring i Verdalselv av kulminasjonsvannføringen i Inna, og omvendt. Vannføringen i Verdalselv ved Grunnfoss utgjør i gjennomsnitt 170 % av kulminasjonsvannføringen i Inna ved Dillfoss, beregnet med bakgrunn i fem av de største observerte flommene ved Dillfoss. Omvendt utgjør vannføringen i Inna ved Dillfoss i gjennomsnitt 50 % av kulminasjonsvannføringen ved Grunnfoss, beregnet for seks av de største observerte flommene ved Grunnfoss (i perioden 1973-2001). Kulminasjonsvannføringen i Verdalselv nedstrøms samløpet er i begge tilfeller beregnet som summen av vannføringen i den ene elvegrenen ved kulminasjon og beregnet vannføring i motsatt elvegren ved samme tidspunkt.

Vannføringen i Verdalselv oppstrøms og nedstrøms tilløpet fra Inna når vannføringen kulminerer i Inna er presentert i tabell 7. Vannføringen som her er oppgitt i Verdalselv oppstrøms tilløpet fra Inna tilsvarer bidraget fra denne elvegrenen ved flom i Inna med ulike gjentaksintervall, og tilsvarer ikke gjentaksintervallet øverst i kolonnen.

Vannføringen i Inna ved kulminasjon i Verdalselv er presentert i tabell 8. Vannføringen som er oppgitt i Inna tilsvarer bidraget fra denne elvegrenen ved flom i Verdalselv med ulike gjentaksintervall, og tilsvarer ikke gjentaksintervallet øverst i kolonnen. Sammenhørende verdier for vannføringen i Inna ved kulminasjon i Verdalselv er beregnet ved to forskjellige fremgangsmåter for sammenligning. Den ene som beskrevet over, der bidraget fra Inna er beregnet som en gjennomsnittlig prosentandel av kulminasjonsvannføringen i Verdalselv på bakgrunn av observasjoner fra historiske flomepisoder. Alternativt er det antatt at kulminasjonsvannføringen i Verdalselv nedstrøms samløpet har samme gjentaksintervall som i Verdalselv oppstrøms samløpet, slik at bidraget fra Inna kan beregnes som differansen mellom disse ved samme gjentaksintervall. De to metodene ga omtrent samme resultat for bidraget fra Inna.

Tabell 7. Sammenhørende verdier for vannføring i Verdalselv ved kulminasjon i Inna (timesverdier).

NB! Vannføringer som her er oppført for Verdalselv tilsvarer ikke nødvendigvis gjentakintervallet angitt øverst i kolonnen.

Punkt i vassdraget	Q_M m^3/s	Q_5 m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s	Q_{500} m^3/s
Inna (Q_T)	207	253	295	336	392	436	480	542
Verdalselv rett oppstrøms Inna	352	430	501	572	667	741	817	922
Verdalselv rett nedstrøms Inna	559	683	796	908	1059	1177	1297	1464

Q_T angir hvilke av vannføringsverdiene i tabellen som tilsvarer gjentakintervallet øverst i kolonnene

Tabell 8. Sammenhørende verdier for vannføring i Inna ved kulminasjon i Verdalselv (timesverdier).

NB! Vannføringer som her er oppført for Inna tilsvarer ikke nødvendigvis gjentakintervallet angitt øverst i kolonnen.

Punkt i vassdraget	Q_M m^3/s	Q_5 m^3/s	Q_{10} m^3/s	Q_{20} m^3/s	Q_{50} m^3/s	Q_{100} m^3/s	Q_{200} m^3/s	Q_{500} m^3/s
Verdalselv rett oppstrøms Inna (Q_T)	385	472	555	639	754	846	942	1076
Verdalselv rett nedstrøms Inna (Q_T)	578	707	832	958	1131	1268	1412	1612
Inna	192	235	277	319	376	422	470	537

Q_T angir hvilke av vannføringsverdiene i tabellen som tilsvarer gjentakintervallet øverst i kolonnene

5. Observerte flommer

De fem største observerte flommene i Verdalselv (Grunnfoss) og Inna (Dillfoss) er vist i tabell 1. Det fremgår av tabellen at store flomepisoder forekommer til alle årstider. De tre største årsflommene i Verdalselv ved Grunnfoss i perioden 1909-2001, 20. oktober 1947, i januar 1932 og 5. desember 1962, hadde vannføring på henholdsvis $724 m^3/s$ (kulminasjonsvannføring), $687 m^3/s$ (kulminasjonsvannføring) og $572 m^3/s$ (døgnmiddelvannføring). Bilder fra flommen i 1947 er vist i figur 8 og 9. Tabell 5 og 6 viser at disse flommene er estimert til henholdsvis ca. 50-årsflom, ca. 30-årsflom og 50-årsflom. De tre største årsflommene i Inna ved Dillfoss i perioden 1973-2001, 26. mars 1982, 26. oktober 1993 og 8. august 2000, hadde døgnmiddelvannføring på henholdsvis $191 m^3/s$, $190 m^3/s$ og $180 m^3/s$. Disse flommene er estimert til ca. 5-årsflommer.



Figur 8. Holmsberget bro ved samløpet mellom Inna og Verdalselva under flommen i 1947. Broen reiste til slutt av gårde. (Kilde: Verdalsbruket AS ved Jon Lykke)



Figur 9. Samløpet mellom Verdalselva og Inna under flommen i 1947 (Kilde: Verdalsbruket AS ved Jon Lykke).

6. Usikkerhet

Datagrunnlaget for flomberegning i Verdalselv fra Grunnfossen til utløpet i fjorden kan karakteriseres som bra. Lang dataserie med observert vannføring finnes i begge hovedgrenene i vassdraget på strekningene som skal flomberegnes. Dataene antas stort sett å ha god kvalitet på stor vannføring, og det er godt oppmålte vannføringskurver. Et langt observasjonsbrudd på 20 år i dataserien ved Grunnfoss innfører imidlertid en betydelig usikkerhet i analyseresultatene. I denne perioden er to av de største flommene i Verdalseelv observert, og disse inngår i analysen som kulminasjonsvannføringer i en serie som ellers består av døgnmiddelvannføringer. Det er relativt gode opplysninger om forholdet mellom døgnmiddelvannføring og kulminasjonsvannføring, men på bakgrunn av svært varierende forholdstall mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring i Verdalsvassdraget uavhengig av sesong er det problematisk å velge ett forholdstall som skal gjelde for alle årsflommer. Dette fører til stor usikkerhet i estimerte kulminasjonsvannføringer. Det er ingen større tilløp fra sideelver på strekningen annet enn der de to hovedgrenene i vassdraget løper sammen, og det er ingen vassdragsreguleringer som påvirker flomforholdene.

Det er knyttet stor usikkerhet til frekvensanalysene som er tilpasset observerte årsflommer, fordi det er stort sprik i resultatet avhengig av valget av frekvensfordeling. I tillegg er det store variasjoner avhengig av lengden på serien som analyseres. I Inna finnes ikke observasjoner i 20-års perioden før 1973, da de største observerte flommene i Verdalselv opptrådte, som viste seg å ha stor betydning for resultatet i frekvensanalysen ved Grunnfoss. På bakgrunn av dette er det foretatt antagelser for frekvensfordelingen i Inna, og dette gir usikre resultater.

Til tross for et antatt godt datagrunnlag, er det en hel del usikkerheter knyttet til slike flomberegninger. Hydrologisk avdelings database er basert på døgnmiddelverdier knyttet til kalenderdøgn. I prinsippet er alle flomvannføringer derfor noe underestimerte, fordi største 24-timersmiddel alltid vil være mer eller mindre større enn største kalenderdøgnmiddel.

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

I tillegg er dataene med fin tidsoppløsning 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 cirka 10 –15 år tilbake. Det er derfor ikke mulig å utføre flomberegninger direkte på kulminasjonsvannføringer.

Tross store usikkerhetsmomenter i de beregnede flomverdier er disse presentert med en nøyaktighet på $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette er gjort av praktiske årsaker. I og med at flomtall er presentert for flere punkter i vassdraget og for flere gjentaksintervall, vil en utjevning kunne gi uoverensstemmelse i dataene.

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 beregning er kun den at datagrunnlaget er bra, men at det er relativt store usikkerheter knyttet til både frekvensanalysene og til beregning av sammenhengen mellom døgnmiddelvannføring og kulminasjonsvannføring. Beregningen kan ut fra dette kriterie klassifiseres i klasse 2, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Referanser

Astrup, M.2000: Homogenitetstest av hydrologiske data. Rapport nr. 7-2000, NVE.

Førland, E. J.1993: Nedbørnormaler, normalperiode 1961-1990. DNMI-rapport nr. 39/93 Klima.

NVE, Hydrologisk avdeling 1987: Avrenningkart over Norge (1930-1960), 1:500 000.

NVE 2000: Prosjekthåndbok - Flomsonekartprosjektet. 5.B: Retningslinjer for flomberegninger. NVE.

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

Wingård, B. 1978: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. Rapport nr. 2-78, NVE

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Dokumentserien i 2002

- Nr. 1 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Moisåna ved Moi (026.BZ).
Flomsonekartprosjektet (28 s.)
- Nr. 2 Stein Beldring, Lars A. Roald, Astrid Voksø: Avrenningskart for Norge
Årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990 (49 s.)
- Nr. 3 Inger Sætrang: Statistikk over tariffer i regional- og distribusjonsnettet 2002 (60 s.)
- Nr. 4 Bjarne Kjøllmoen, Hans Chr. Olsen: Langfjordjøkelen i Vest-Finnmark. Glasiohydrologiske
undersøkelser (35 s.)
- Nr. 5 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Skoltefossen i Neidenvassdraget (026.BZ).
Flomsonekartprosjektet (16 s.)
- Nr. 6 Erik Holmqvist: Flomberegning for Reisavassdraget (208.Z).
Flomsonekartprosjektet (28 s.)
- Nr. 7 Inger Sætrang: Oversikt over vedtak. Tariffer og vilkår for overføring av kraft i 2001 (18 s.)
- Nr. 8 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Tanavassdraget
Flomsonekartprosjektet (22 s.)
- Nr. 9 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Ørstavassdraget
Flomsonekartprosjektet (18 s.)
- Nr. 10 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Orkla ved Meldal og Orkanger (121.Z)
Flomsonekartprosjektet (23 s.)
- Nr. 11 Asgeir Petersen-Øverleir: Årsrapporter 2001 for de urbanhydrologiske målestasjonene i Norge
(200 s.)
- Nr. 12 Supplering av Verneplan for vassdrag. Høringsdokument (323 s.)
- Nr. 13 Erik Holmqvist: Flomberegning for Hønefoss
Flomsonekartprosjektet (42 s.)
- Nr. 14 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Røssåga
Flomsonekartprosjektet (23 s.)
- Nr. 15 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Nedre Glomma
Flomsonekartprosjektet (34 s.)
- Nr. 16 Erik Holmqvist: Flomberegning for Søgneelva (022.1Z)
Flomsonekartprosjektet (21 s.)
- Nr. 17 Turid-Anne Drageset: Flomberegning for Verdalselv (127.Z)
Flomsonekartprosjektet (25 s.)
- Nr. 18 Lars-Evan Pettersson: Flomberegning for Dale i Bergsdalsvassdraget.
Flomsonekartprosjektet (16 s.)