

# Naturlige og menneskeskapte flommer

Av Lars Andreas Roald

Forfatteren er forsker i Norges vassdrags- og energidirektorat

Innlegg på møte om Vanndagen 22. mars 2004

## Sammendrag

Store flommer skyldes i hovedsak et sammentreff av ugunstige værforhold og tilstand i nedbørfeltene som rammes av flommene. Det har vært flommer til alle tider, og storflommer vil komme igjen. Flomskade henger i stor grad sammen med utnyttelsen av de elvenære områdene, i form av utbygging og ulike konstruksjoner som kan ødelegges av flommer. I løpet av de senere ti-årene har det vært mange store skadeflommer i Europa og i andre verdensdeler. Dette skyldes dels at vi er inne i en flomrik periode, kanskje som følge av klimaendringer, men i større grad at sårbarheten i samfunnet har gått dramatisk opp i senere tid.

## Innledning

Tittelen på innlegget er naturlige og menneskeskapte flommer. La meg med en gang slå fast at flom er et naturfenomen forårsaket av ekstremt vær eventuelt i kombinasjon med andre naturfenomener. Flommer har forekommet til alle tider og har ofte gjort stor skade og tatt mange liv. Som

vi skal se vil menneskelig aktivitet kunne påvirke omfanget av en flom, ikke minst skadene som oppstår.

## Kilder til kunnskap om flom

Store flommer er dokumentert langt bakover i tiden. De eldste observasjonene er fra Nilometrene i det gamle Egypt, et land hvor matvareproduksjonen og hele samfunnet var kritisk avhengig av de årlige oversvømmelsene fra Nilen. De årlige flommene påførte åkrene næringsrikt elveslam og tilstrekkelig vann for landbruksproduksjonen. Når flommene uteble i lengre tid, brøt samfunnet sammen. Nilometre har vært i bruk i 5000 år.

Ved å kartlegge flomnivåer basert på avsetninger av sedimenter etter førhistoriske storflommer, har man rekonstruert størrelsen på en rekke store flommer tilbake til avslutningen av siste istid mange steder, ikke minst i USA og i land i Sør-Europa. Nesje m.fl.(2001) har kartlagt perioder med store flommer i Norge.

Kunnskap om historiske flomnivåer er bevart for ettertiden lenge før man startet med systematiske vannstands-målinger på faste stasjoner i mange land. Flomnivået er gjerne hugget inn

i fjell eller avmerket på bygninger med årstall og eventuelt dato påført. Figur 1 viser to flommerker fra Norge, til venstre etter Storofsen i Storelvdal og til høyre ved Strandefjorden ved

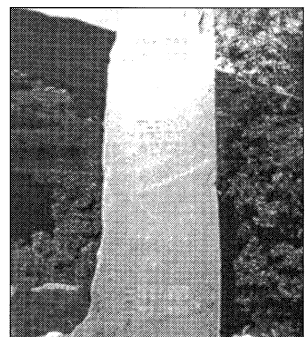
Fagernes etter Storflaumen i 1860 (Andersen, 1996). Det er også bevart mange beretninger om store flommer som eksempel de som er beskrevet i Kleiven (1908,1944).



Figur 1. Flommerker etter Storofsen i Storelvdal (venstre) og etter Storeflaumen i 1860 på Fagernes.

Flomnivåene er senere blitt overført til flomsteiner. Dette er vist i figur 2 for flomsteinen ved Skogbruksmuseet i Elverum (til venstre i figuren), på flomsteinen ved Losna (i midten) og på flomsteinen ved Lalm i Otta (til høyre i figur 2). Glommen og Laagens brukseierforening (GLB) har stått for oppsetting av flere slike flomsteiner som gir en nyttig oversikt over hvor

høyt vannet har stått under gamle storflommer. Vi ser for øvrig at Storofsen i 1789 var den største flommen alle disse stedene. Nivået ved Losna, som er langt over alle øvrige flommer, skyldes trolig at det har vært oppdemninger nedstrøms etter ras. Daglige observasjoner startet i 1872 ved Elverum, men det eldste kjente målte flomnivået er fra 1675.



Figur 2. Flomsteiner på Skogbruksmuseet ved Elverum (venstre), ved Losna i Gudbrandsdalen (midten) og ved Lalm i Otta (høyre).

Flommerker er minst like mye brukt i andre land. Det er ganske vanlig å sette flommerker på broer og bygninger. På trappen til hovedinngangen til det føderale tyske hydrologiske instituttet i Koblenz som ligger ved bredden av Rhinen, er det flommerker som når helt opp til dørstokken. På et

brokar litt nedstrøms viser flommerkene at det har vært enda større flommer tidligere. Som følge av siste storflom, flytter nå instituttet til bygninger lenger vekk fra elven etter å ha fått ødelagt deler av biblioteket under siste storflom.



*Figur 3. Linnigrastasjon med gamle flommerker i Cochem i Moseldalen i Tyskland.*

Hvor dramatisk flomstigning kan være, framgår av målestasjonen i Cochem ved Mosel. "Urskiven" viser vannivået i Mosel, vist i figur 3. Det er flommer helt opp til like under "klokken". I forgrunnen ser vi litt av hovedveien opp Moseldalen, to-tre meter under denne veien går jernbanelinjen og bare et par meter nedenfor renner elven! Flombølgen kan være opp mot ti meter høy på grunn av et trangt elvegjel og episoder med intens nedbør i de omkringliggende åsene oppstrøms. De største flommene i dette området på 1700-tallet skyldtes for øvrig isganger, noe som ikke har forekommet under de store flommene i nyere tid.

I Norge finnes gode opplysninger om flomskade tilbake til 1600-tallet i de såkalte avtaksforretningene (Riksen, 1969). Ved å gå gjennom historiske data ser vi at flommer har en tendens til å opptre samlet i visse perioder. I Norge hadde vi en uvanlig opphopning av store regnflommer i de varme 1930-årene. På Vestlandet er det opplysning om tre flommer på 1700-tallet som langt overstiger det som har skjedd senere, henholdsvis i august 1719, desember 1743 og i 1790 (Kindem, 1933; Riksen, 1969; Roald, 2003). Det har også vært en opphopning av store flommer på midten av 1300-tallet.

## Hva skyldes flommene?

Vanlige flomårsaker er snøsmelting eventuelt i kombinasjon med regn, langvarig regnvær eller intens konvektiv nedbør. Tilstanden i nedbørfeltet kan forsterke eller redusere flomstørrelsen. Er bakken mett, vil

det meste av nedbøren renne av på overflaten. Om bakken er frosset eller dekket av is, kan dette medføre lokale flomskader. Is i elvekanalen kan medføre isganger som kan gjøre stor skade. Breer kan demme opp innsjøer, og vannet kan brått bryte gjennom og forårsake skade. En ekstrem form for dette er når en vulkan under breen har et utbrudd, slik som Bardabunga hadde på Island i 1996. Mange store ulykker i tilknytning til vulkaner har vært forårsaket av gjørmeflommer som følge av at vulkanutbruddet har utløst kraftig nedbør, eller oppdemning av elver og tømming av sjøer.

En flom som opptrer alene, tar sjelden svært mange liv. Dessverre utløser flommer ofte skred i form av fjellskred, jordskred eller sørpeskred. De største flommene på Vestlandet inntreffer ofte fra oktober til desember og skyldes kraftig mildvær med mye regn etter en periode med snø i fjellet. Skred er ikke uvanlige i slike flommer og kan føre til tilfeldige oppdemninger med påfølgende brudd av demningen, noe som kan ha dramatiske konsekvenser. De store ødeleggelsene på Vestlandet i 1743 og under Storofsen skyldtes for en stor del ras (Sommerfelt, 1943; Riksen, 1969; Roald, 2003).

Den naturkatastrofen som mange steder har tatt flest liv, er når stormflo opptrer sammen med store flommer i innlandet. Katastrofene i Bangladesh er velkjente, men Europa har også vært rammet av slike ulykker. Det mest utsatte området strekker seg fra Nordsjøen og til området rundt den Engelske kanal. Slike stormfloer er kjent helt tilbake til før år 100 før vår

tidsregning. En av de aller verste var "Allehelgens-stormfloen" i 1570, da dikene sviktet rundt Amsterdam, Muyden, Rotterdam, Dordrecht og mange andre byer i Nederland og Tyskland. Antall omkomne er i ulike kilder oppgitt til fra 100 000 til 400 000 mennesker. En liknende stormflo inntraff i Nederland og England i 1953 med nær 2000 omkomne.

Avhengigheten av temperatur, gjør at store nedbørintensiteter måles der lufttemperaturen er høy. I Norge er største målte nedbør i et nedbørdøgn 230 mm målt i Indre Matre i Sunnhordaland. Men det er målt en 24-timersnedbør på 310 mm i Samnanger i oktober 1953. Til sammenlikning er 24-timers-nedbøren ved Fulufjäll i Sverige i 1997 anslått til i underkant av 400 mm. I september 2002 falt det til sammenlikning 600 mm på 10 timer i Provence i Frankrike.

Ved å undersøke fordelingen av lavtrykk og høytrykk i forbindelse med store flommer, finner man at det er visse mønstre som ofte går igjen. Under flommen i Elben og Donau i august 2002 lå det et blokkerende høytrykk i Atlanterhavet med varm luft på østsiden opp fra Middelhavet med kilde i sentrale deler av Atlanterhavet, og en lavtrykksrenne fra Middelhavet over sentral-Europa. Slike lavtrykk kalles Vb-lavtrykk. I tillegg fører andre lavtrykk kaldluft inn fra Norskehavet. I grensesonen mellom varmluften og kaldluften ligger det en front som gir kraftig nedbørutløsning. Systemet holdes oftest på plass av et blokkerende høytrykk lenger øst. Værmønsteret likner på det som forårsaket Oderflommen i august

1997, men da lå det blokkerende høytrykket i øst forskjøvet over Skandinavia og gav en hettebølge der, men også skybrudd i Fulufjäll på samme tid. Det var et liknende værmønster som forårsaket Storofsen i 1789 (Østmo, 1985), storflommen i Telemark i 1927 (Einung, 1927) og august-septemberflommen 1938 i Norge, men da var trykksystemene forskjøvet lenger nord. Denne noe uvanlige værtypen opptrer i juli og august. Det er antatt at samme værmønster var årsak til flommen som betegnes som 1000-årsflommen i Sentral-Europa. Denne inntraff i juli/august 1342. Under de store høstflommene på Vestlandet ligger det i mange tilfeller høytrykk nær Storbritannia som styrer mild og fuktig luft fra Atlanterhavet innover Norskekysten på nordsiden.

En klimaendring kan innebære at værmønstre og dermed forekomst av flommer, endres. I Tyskland mener man å ha sett en klar tendens mot større flommer i landets vestlige deler i de siste 20 årene. Det var vel så store flommer i perioder tidligere, men disse skyldtes ofte kombinasjon av flom og store isoppstuvninger. Det kan se ut til at værmønstrene som gir de store flommene, opptrer hyppigere når klimaet er i ferd med å endres ved inngangen eller utgangen av kalde perioder.

## Noen store historiske flommer

Lamb (1982) forteller om en gigantisk flomkatastrofe i Kina etter et meget langvarig regnvær over Himalaya i 1332. Det hevdes at 7 millioner

mennesker omkom. I de store vassdragene i Mellom-Europa er storflommen i slutten av juli 1342 den største kjente i Europa. Flommen antas å skyldes samme værmønster som de senere flommene i Oder i 1997 og i Elben og Donau i 2002. Av senere flommer har storflommen i Kina i 1998 gjort størst skade. Under denne flommen var flomsone opp til 500 km bred!

Storflommen i Italia i november 1966 er en av de flommene som har ført til størst økonomisk og kulturell skade i Europa (Milne, 1986). Årsaken var snøsmelting etterfulgt av skybrudd. I Arno var det flere mindre dambrudd oppstrøms Firenze. 35 mennesker omkom, bortimot 100 000 tilbragte natten på hustakene. 730 000 gamle brev og manuskripter og 1300 malerier ble skadet eller ødelagt og 1.3 millioner bøker i nasjonalbiblioteket var skadet etter flommen. Det var stor skade på gamle bygninger i byen. 5000 var hjemløse og 15000 biler var ødelagt.

Vulkanutbrudd under isbreer kan forårsake uhyggelig flommer. Flomtoppen under tømningen av Grimsvøtn etter vulkanutbruddet ved Bardabunga i 1996 gav en estimert toppvannføring på 55 000 m<sup>3</sup>/s, og 1918-flommen forårsaket av kalderaen Katla under Myrdalsjøkull kan ha vært på opptil 300 000 m<sup>3</sup>/s. Flombølgen skal da ha vært 70 m høy!

Storofsen i Norge er den største skadeflommen vi har hatt. Det offisielle tallet på omkomne har vært 68 personer, men nyere publisert materiale basert på kirkebøker viser at minst ti flere omkom. Totalt ble mer

enn 1500 gårdsbruk skadet (Riksen, 1969; Roald, 2003). I 1860 var det en annen storflom som følge av store snømengder og et skybrudd på toppen av smeltingen (Jonsson, 1861; Kleiven, 1908; Roald, 2002). Forut for denne flommen ble det første flomvarslet i Norge laget av lensmannen i Eiker. Skålholtannalene fra Island forteller at det i 1345 omkom nær to hundre og femti bønder med deres hustruer og barn, noen prester, mange klerker og velstående folk og antagelig at noen flere fattigfolk og vegfarende satte livet til etter Kvasshylla-raset i Gaula. 48 gårder ble totalt ødelagt.

## **Hvordan påvirker menneskelig aktivitet flommene og flomskade?**

Det er mange eksempler på at menneskelig aktivitet i nedbørfeltene har bidratt til å forverre flommer og flomskade. Endringer i elveløpet gjøres av mange årsaker, både for å utnytte elvebreddene bedre, for å tilrettelegge for båttrafikk, og ved å sette opp forbygninger for å hindre oversvømmelser. Ved Rhinen har dette resultert i at flombølgen fra Sveits går raskere, og at bølgen kan falle sammen med flommen i de store bielvene i Tyskland. Et klassisk eksempel på uvettig utbygging er i Somerset i England der hoteller ble bygget inn i elveleiet i småbyen Lynmouth, til tross for at det tidligere hadde vært katastrofe-flommer der i 1607 og 1769 (Milne, 1986). Flommen i august 1952 underminerte 23 bygninger, ødela 29 broer, skylte 38 biler til havs og krevde 24 liv. I Norge førte tømmerfløtingen til

mye skade, i 1860 røk Sølvverkets store lense med 6000 tylfter tømmer oppstrøms Kongsberg og knuste Nybroen over Numedalslågen. Det kunne gått riktig galt av samme årsak i Drammen, men der klarte man under stor dramatik å holde like mye tømmer på plass i lensen ved Kværk mellom Hokksund og Åmot (Jonson, 1914).

Bebyggelse på elvevifter kan få stor skade der det er mye materialtransport i elvene. Elvene går fulle, og vannmassene flommer utover i nye løp. Vågåmo ble rammet av dette i 1340-årene, under Storofsen i 1789, under Storeflaumen i 1860 og i 1938. Finna gikk da full av løsmasser, og vannet tok nye veier. Det samme skjedde på Tretten i 1995. I alpelandene har det vært mange stygge flommer av denne typen siden 1987.

Urbanisering fører til økt flomvannføring og er antagelig det som fører til de største økonomiske skadene år om annet på grunn av flom. Slike skader skyldes både at avløpssystemet ikke kan ta unna vannmassene, og at sluk er tilstoppet slik at vannet ikke når avløpssystemet. Det er antydning at økt drenering også har bidratt til å øke flommene i Europa. Økt skogdekking som følge av skogplanting og bortfall av utmarksbeiting, vil derimot endre vannbalansen i mange nedbørfelt på sikt, og kan føre til en reduksjon av skadeflommer.

Dambrudd kan forårsake tap av mange liv og store skader (Milne, 1976). Det eldste kjente dambruddet inntraff i Egypt en gang mellom år 2950 og 2750 f.Kr. Et mye omtalt

eksempel på dambrudd, er katastrofen i Johnston i Pennsylvania i mai 1889 som krevde nær 2800 menneskeliv. I 1864 inntraff det verste dambruddet i Storbritannias historie. Det inntraff i Yorkshire og krevde nær 250 liv. Et ras ned i Vaiontdammen tok nær 3000 liv i Italia. Bygging og fornuftig manøvrering av dammer reduserer likevel omfanget av de fleste flommene. Lundquist (1996) har vist at Vesleofsen ville ha vært større enn Storofsen i Østerdalen hvis ikke magasinene hadde dempet flommen.

I Europa blir nå elver forsøkt tilbakeført til en tilnærmet naturtilstand flere steder for å redusere flomskadene. Dette er gjort ved Donau i Tyskland, og ved elver i Danmark og i Storbritannia. Etter flommen i Mississippi ble også bebyggelse i den mest flomutsatte sonen flyttet til sikrere steder.

Etter store flommer har ofte spørsmålet: "Hvem har skylden?" blitt stilt. I noen tilfeller har det vært gitt erstatninger etter utbygginger som antas å ha forårsaket skaden, i andre tilfeller er søksmål blitt avvist av retten. Spørsmålet ble reist av magistraten i Hamar i 1860. Han hevdet at Kanaldirektoratet hadde anbefalt et flomnivå som medførte at de nedre delene av byen ble oversvømt. Kravet ble avvist av Kanaldirektøren som påviste at utbyggingen var skjedd på et for lavt nivå i forhold til Mjøsa (Johnson, 1861). Derimot ble det gitt erstatninger fra Kanalselskapet i Skien for skadene etter samme storflom. I 1987 var det flere byggeværtifeller i Sveits som lokalt gav opp mot 400 mm på et døgn. Skianlegg i fjell-liene ble ankla-

get for å ha forårsaket flomskadene fordi de hadde hugget ned mye av skogen. Dette ble avvist fordi de store nedbørmengdene uansett ville ha medført slike skader.

## Konklusjoner

- Flommer er naturfenomener som i hovedsak skyldes ekstreme værforhold
- Arealbruksendringer i nedbørfeltet kan forsterke eller redusere flommenes størrelse – mest for mindre flommer
- De aller største flommene vil ikke bli redusert ved ulike inngrep i vassdragene, og skadene kan bli forverret
- Den viktigste årsaken til en eksplosjon i flomskadene er den økte utnyttelsen av elveslettene
- Store flommer vil komme igjen
- En klimaendring som åpner for flere hetebølger om sommeren kan gi lokale regnflommer som er farlige både for liv og infrastruktur.

## Referanser

- Andersen, B. (1996) Flomsikring i Norge i 200 år. (Flood protection in Norway in 200 years). *Norges Vassdrags- og Energiverk*, Oslo.
- Einung, H.H. (1927) Storflommen i Tinn. (The large flood in Tinn). *Rjukan kommune*.
- Johnson, G. B. (1861) Mine Betragtninger og Anskuelser over Communicationerne i Norge. ). *Cammenmeyer*, Kristiania, Norway.
- Jonson, N. (1914) Eker – Træk av en storbygd's saga. (Eker – extracts from the history of the district) Kristiania.
- Kindem, L. (1933) Vossaboki. *Voss bygdeboknemnd, Voss*.
- Kleiven, I. (1944) Ofsin 1789, I: I Gamle Daagaa. Forteljingo og Bygde-Minne fraa Vaagaa. Vågå komm. *H.Aschehoug & Co, Kristiania*.
- Kleiven, I. (1908) Storflaumen. I: I Heimegrendi. Vågå komm. *H.Aschehoug & Co, Kristiania*.
- Lamb, H. (1982) History, Climate and the Modern World. *Methuen, London and New York*.
- Lundquist (1996) The 1995 Flood in the Glomma Basins. Vedlegg til årsmeldingen 1995 fra Glommen og Laagens Brukseierforening.
- Milne, A. (1986) Flood shock. *Alan Sutton, Gloucester, UK*. ISBN 0-86299-270-2.
- Nesje, A., Dahl, S.O., Matthews, J.A. & Berrisford, M.S. (2001) A ~ 4500-yr record of river floods obtained from a sediment core in Lake Atnsjøen, eastern Norway. *Journal of Paleolimnology* 25: 329-342, 2001.
- Riksen, S. (1969) Privatarkiv nr 273. Kronologisk fortegnelse om skader forvoldt ved fjellskred, stenscred, flom, snescred og jordfall. Første del: Kronologisk fortegnelse over all



resolusjoner vedrørende skyldavtak. Annen del: Utdrag av avtaksforretninger for 1063 gårder eller bruk: 110 som fikk skade under flommen i desember 1743 og 953 som fikk skade under Stor-Ofsen 22.juli 1789 på Nordmøre, i Sør-Trøndelag, Gudbrandsdalen, Østerdalen, Øvre Romerike, Land og Numedal. *Riksarkivet*, Oslo

Roald, L.A. (2002) The large flood of 1860 in Norway. In A. Snorrason, H.P. Finnsdøtter & M.E. Moss (ed) *The Extreme of the Extremes: Extraordinary Floods. IAHS Publication no. 271*. ISSN 0144-7815.

Roald, L.A. (2003) Two large 18. Century flood disasters in Norway. In: V.R. Thorndycraft, G.Benito, M.Barriendos & M.C. Llasat (ed) *Proc. of the International Workshop PHEFRA (Palaeofloods, Historical Data & Climatic Variability: Applications in Flood Risk Assessment)* held at Barcelona, Spain, October 2002

Sommerfelt, W. (1943) Ofsen i 1789 og dens virkninger i Kvam. Hovedfagsoppgave i Geografi, Universitetet i Oslo, *Fron Historielag*,1972.

Østmo, A. (1985) Storofsen. Oversiktsregisteret. *Infotrykk*, Ski.