

Bruk av nedbør-avløpsmodeller for å forlenge tidsserie som brukes i flomfrekvensanalyse

Av Einar Markhus

Einar Markhus er sivilingeniør ansatt ved Norconsult AS.

Innlegg på fagtreff i Norsk vannforening 14. februar 2011.

Sammendrag

Flomfrekvensanalyse kan benyttes for å finne dimensjonerende vannføring for å dimensjonere konstruksjoner, flomløp i vassdrag, avløpsnett samt hvor nært et vassdrag det kan være aktuelt å bygge. For å kunne utføre en flomfrekvensanalyse trengs det et datagrunnlag, det vil si observasjoner eller beregninger av en vannføringsserie over en årrekke. Eventuelt kan det benyttes regionale analyser der det benyttes observasjoner fra flere målestasjoner. For å oppnå gode beregninger av flomstørrelser trengs et datagrunnlag av en viss lengde, samt at datagrunnlaget er pålitelig både med hensyn på nøyaktighet og homogenitet. Ved beregning av flomfrekvensanalyse for overvannsystemer er det spesielt viktig å sjekke for homogenitetsbrudd som skyldes at ledningsnettet har gått fullt.

Flomfrekvensanalyse – hva er det?

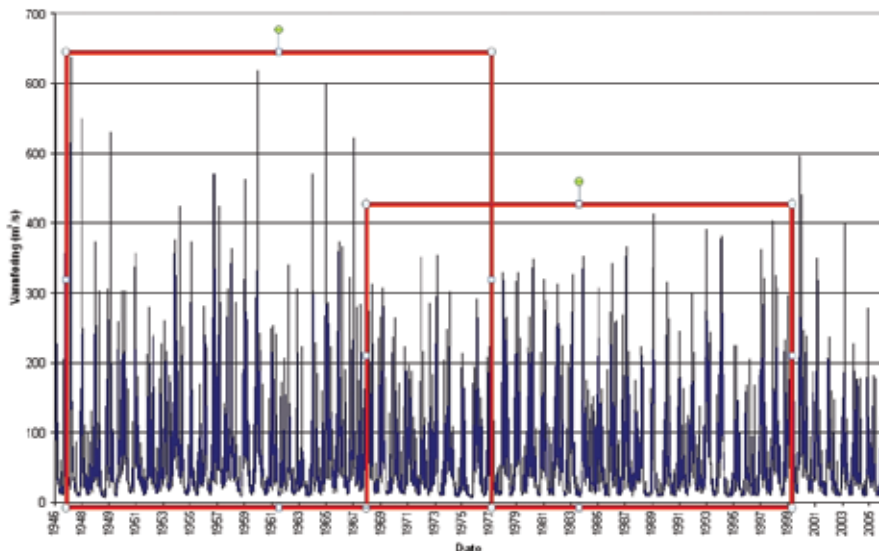
Flomfrekvensanalyse kan benyttes for å beregne hyppigheten av flommer. Som grunnlagsdata i flomfrekvensanalyse kan det benyttes observerte eller beregnede/simulerte data. Disse dataene angir størrelsen på tilfeldige ekstreme hendelser. Flomfrekvensanalyse er statistisk analyse av ekstreme verdier (flomstørrelser).

Når flomfrekvensanalyse skal gjennomføres benyttes det i størst mulig grad tilgjengelige data. Dette kan være observerte vannføringer over en lang periode, beregnede vannføringsserier ved hjelp av nedbør-avløpsmodeller. En annen måte å beregne flomstørrelser, i små nedbørfelt, er å beregne frekvens basert på observert nedbør og utarbeide "Intensitet- Varighet- og Frekvenskurver (IVF-kurver)". Deretter kan den rasjonale metode benyttes for å beregne flomstørrelser.

Måleproblemet

Når det skal utføres en flomfrekvensanalyse er vi avhengig av de dataene som er tilgjengelig eller målt. Det vil si at dersom det brukes data fra en kort måleperiode og sammenligner denne med en annen måleperiode vil en frekvensana-

lyse på disse to datasettene gi forskjellig resultat. Årsaken til at det benyttes normalperioder på 30 år, er at enkelte tilfeldige hendelser ikke skal endre middelverdien i nevneverdig grad. Et eksempel på hva som kan skje ved å benytte et begrenset antall år i analysen er vist i Figur 1.



Figur 1. Måleproblemet.

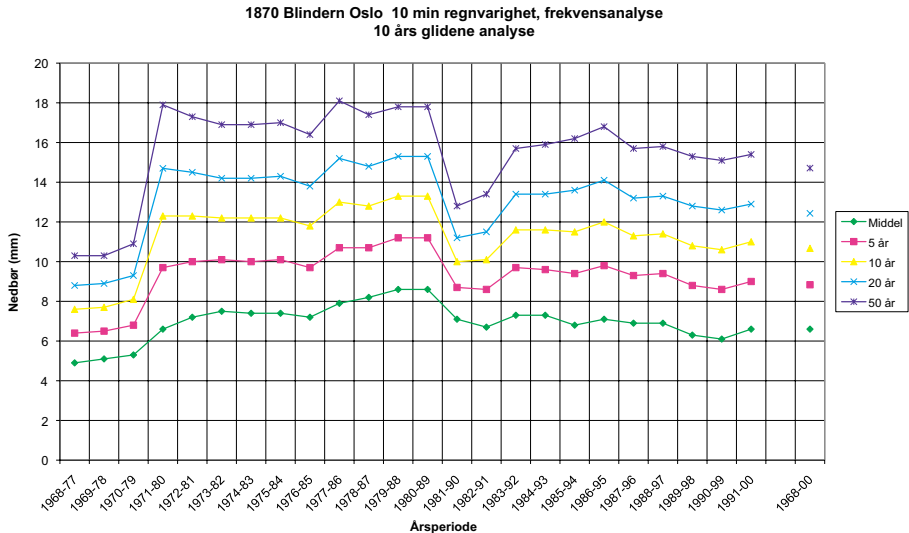
Denne figuren viser at dersom det benyttes data fra perioden 1968-1999 vil flomfrekvensanalysen få et helt annet resultat enn ved bruk av perioden 1947-1977. Flommene i perioden 1947-1977 er større enn flommene i perioden 1968-1999. Årsaken til dette kan være ulike f. eks. variasjoner i nedbørmengder, eller at vassdraget er blitt regulert. Dette eksemplet er hentet fra en sideelv til Severn i England som heter Bewdley. Denne elva har ingen reguleringer av betydning.

Det å bruke et lite utvalg av måleperioden er vist i Figur 2. Her er det

brukt data fra korttidsnedbørmåleren på Blindern. Denne har vært i drift fra 1968 til d.d. Denne måler nedbør ved hjelp av en vippepluviograf. Tidsoppløsningen er 1 minutt. Størrelsen på vippa var i perioden 1968-2000 0,2 mm. Etter dette ble det installert en måler der vippestørrelsen er 0,1 mm. Den nyeste måleren har også oppvarming slik at den er i stand til å måle nedbør falt som snø. Ved å ta ut data i 10-årsperioder er det beregnet nedbørstørrelser for middel, 5, 10, 20, og 50 års gjentakintervall. For å beregne nedbørmengdene er de største hendel-

sene hvert år tatt ut. Det er brukt 10 minutters varighet. Datagrunnlaget for beregningene er flyttet 1 år frem i tid for hver beregning. Det vil si at for den før-

ste beregningen er det benyttet data fra perioden 1968-1977, for den neste beregningen er det benyttet data fra perioden 1969-1978 osv.



Figur 2. Nedbørstasjon Blindern frekvens på utvalgte år, 10 års glidende lengde og 10 minutters varighet.

Beregningen viser at det er store utslag i resultatene avhengig av hvilken periode som benyttes. For de 10-11 første årene er beregnet 50 års hendelse med 10 minutters varighet beregnet til like i overkant av 10 mm. Men for perioden 1979-1980 er tilsvarende hendelse beregnet til ca. 18 mm. Dette er en endring på over 75 % ved bare å flytte datagrunnlaget 2 år frem i tid. Dette skyldes at de mest ekstreme hendelsene for 10 minutters varighet som er målt på Blindern falt 17.6.1980. For lengre varigheter er det hendelsen 6.8.1980 som er den mest ekstreme som er målt på Blindern. Helt til høyre på figuren er det vist beregnet frekvens på nedbørmengdene for perio-

den 1968-2000 (33 år). Den høyeste 10 årsperioden (1977-1986) er ca. 20-25 % over verdien for perioden 1968-2000. Den laveste 10 årsperioden (1969-1978) ligger ca. 40-45 % under verdien for perioden 1968-2000. Dette viser at ved å benytte kun data fra 10 års varighet vil beregnede nedbørmengder ved ulike gjentaksintervall variere svært mye og resultatene vil være svært upålitelige. Metoden for å plukke ut datagrunnlaget er såkalt årsmaks, der det plukkes ut den største årlige verdien. Ved å benytte maksimum over terskelverdimetoden (engelsk: Peak over Threshold forkortet til POT) er det mulig å plukke ut flere verdier og dermed få et mer pålitelig be-

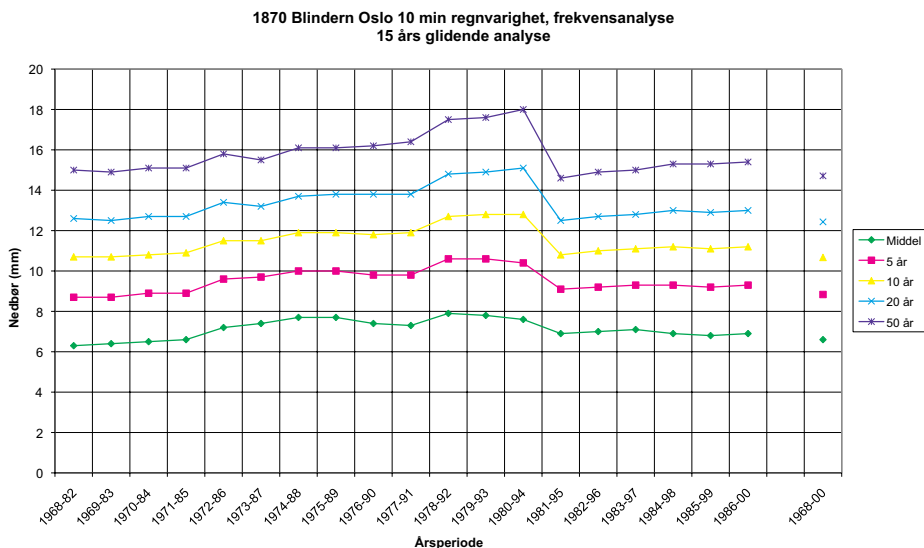
regnet resultat for den samme korte måleperioden, men denne metoden vil allikevel ikke kunne kompensere for manglende lengde til dataserien. I Flood Estimation Handbook er det anbefalt å bruke POT metoden for å finne median/indeksflom når datagrunnlaget er mellom 2 og 13 år. Ved datagrunnlag over 13 år er det anbefalt å benytte årsmaksmetoden. NVE sine retningslinjer for flomberegninger gir følgende kriterier for utnyttelse av datagrunnlag:

Bruken av flomfrekvensanalyse er avhengig av de aktuelle dataserienes lengde, og gjentaksintervallet for flommen som skal beregnes. Ved beregning av Q1000 anbefales for dataseriens lengde:

- > 50 år: QM beregnes fra observert serie og Q1000/QM fra to- eller tre-parameterfordelinger.
- 30-50 år: QM beregnes fra observert serie og Q1000/QM fra toparameterfordelinger.
- 10-30 år: QM beregnes fra observert serie og Q1000/QM ved analyse av andre lengre serier i området, eventuelt ved utvidelse av serien ved modell-simuleringer.
- < 10 år: QM beregnes ved korrelasjon mot andre serier og/eller fra flomformler i [13]. Q1000/QM beregnes ved analyse av andre lengre serier i området, eventuelt ved utvidelse av serien ved modellsimuleringer.

Samme kriterier vedrørende dataseriens lengde anbefales å legges til grunn også ved beregning av Q500.

Ved bruk av 15 års datalengde for ulike gjentaksintervall flates de beregnede nedbørstørrelsene betraktelig ut, se Figur 3.



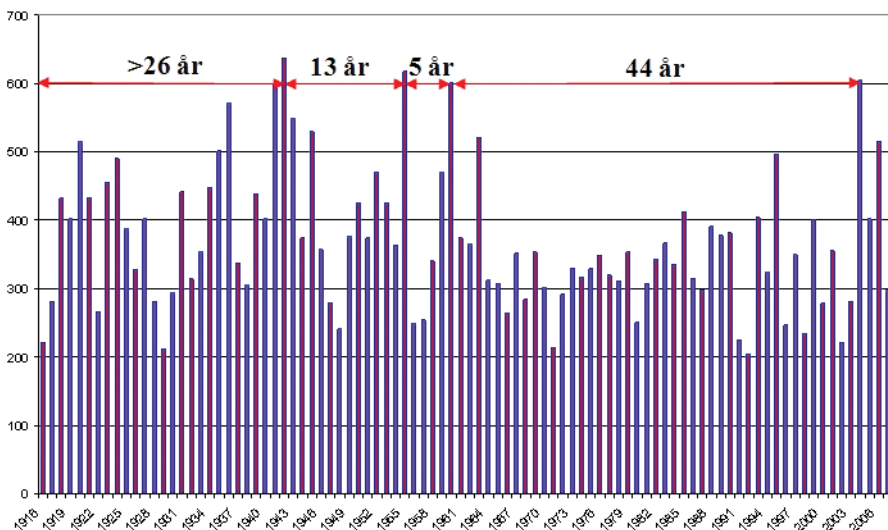
Figur 3. Nedbørstasjon Blindern frekvens på utvalgte år, 15 års glidende lengde og 10 minutts varighet.

Beregningen viser at utslagene i resultatene fortsatt er avhengig av hvilken periode som benyttes, men i langt mindre grad. Den viktigste forklaringen på dette er at hendelsen målt i 1980 er inkludert i datagrunnlaget helt fra starten og frem til og med 1980-1994. Fra det første året 1980 hendelsen ikke er med i datagrunnlaget synker nedbørmengden for 50 års gjentaksintervall og 10 minuttts varighet med 20-25 %. Det maksimale avviket er 20-25 % over verdien for perioden 1969-

2000 og ubetydelig lavere for den minste verdien.

Gjentaksintervall

Gjentaksintervall er definert som “Gjennomsnittlig tid mellom år som inneholder flomhendelser av en spesifisert størrelse”. Gjentaksintervallet er høyt for store flomhendelser og lavt for små hendelser. I dette ligger det imidlertid ingen som helst forventning om periodisitet eller hukommelse, se Figur 4.



Figur 4. Gjentaksintervall, gjennomsnittlig tid mellom år som inneholder flomhendelser av en spesifisert størrelse, men det er ingen forventning om periodisitet eller hukommelse.

Gjentaksintervall er definert ved følgende formel:

$$T_Q = \frac{1}{P_Q} = \frac{1}{1 - F_Q}$$

Der:

T_Q : Gjentaksintervall (år) av spesifisert vannføring (Q)

P_Q : Årlig sannsynlighet for at største vannføring skal overskride spesifisert vannføring

F_Q : Årlig sannsynlighet for at største vannføring skal underskride spesifisert vannføring

T _Q (år)	P _Q (%)	F _Q
5	20	0,8
10	10	0,9
50	2	0,98
100	1	0,99

Risiko og periode

Generelt vil dimensjonerende flom være bestemt gjennom den risiko (eller sannsynlighet) for overskridelse det velges å ta i det enkelte tilfellet, samt det tidsrommet som betraktes. Det vil ofte være hensiktsmessig å angi sannsynligheten for overskridelse av denne flommen i løpet av en gitt periodelengde (f. eks. installasjonens antatte levetid). Risikoen kan defineres ved hjelp av følgende formel:

$$R_Q = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_Q}\right)^M$$

Der:

R_Q: Risikoen for at en flom med gjentakintervall T_Q skal skje en eller flere ganger i perioden M.

Levetid	Flom gjentakintervall (år*)				
Periode (år)	5	10	20	50	100
5	0,67	0,41	0,23	0,10	0,05
10	0,89	0,65	0,40	0,18	0,10
20	0,99	0,88	0,64	0,33	0,18
50	1,00	0,99	0,92	0,64	0,39
100	1,00	1,00	0,99	0,87	0,63

Metoder for å utarbeide dataserie for flomfrekvensanalyse

For å utarbeide en flomfrekvensanalyse trengs først datagrunnlaget, deretter må

det utføres en frekvensanalyse på datagrunnlaget.

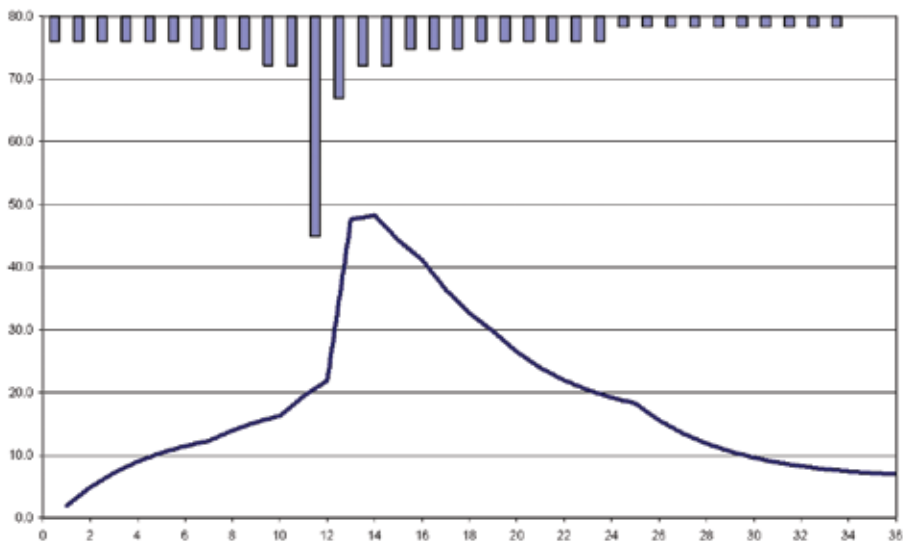
Datagrunnlaget

Datagrunnlaget kan framskaffes enten ved hjelp av vannføringsmålinger eller ved beregninger av vannføring. Vannføringen kan finnes ved hjelp av nedbøravløpsmodeller.

Ved bruk av IVF-kurver og den rasjonale metode beregnes frekvensanalysen direkte på målt nedbør for deretter å finne sammenhengen mellom nedbør og avrenning. Denne metoden tar ikke hensyn til snøsmelting. Dette må derfor håndteres separat i de tilfellene dette er nødvendig. Ved bruk av IVF-kurver er det også mulig å utarbeide et regnhyetogram som kjøres gjennom en nedbøravløpsmodell for å finne flomstørrelsene, se Figur 5.

Det kan også brukes kontinuerlig nedbør-avløpsmodell til å beregne avløpsserier. Årsmaksimum plukkes derfor ut i fra denne lange serien og danner datagrunnlaget for frekvensanalysen.

Ved bruk av nedbør avløpsmodell må parameterne i modellen kalibreres. Nøyaktigheten til datagrunnlaget vil være avhengig av hvor nøyaktig nedbør-avløpsmodellen er. Ved bruk av den rasjonale metoden kan det forenklet sies at dette er en nedbør-avløpsmodell. Men at denne som regel benyttes uten å bli kalibrert. Det vil si at parameterne i modellen som regel bestemmes ut fra erfaringsverdier. Nøyaktigheten til den rasjonale metoden er best for nedbørfelt med høy avrenningskoeffisient. Det vil si at i et felt med antatt avrenningskoeffisient lik



Figur 5. Nedbør- avløpsmodell.

0,7 bommes det med ca. 15 % dersom sann verdi er 0,8. Men dersom avrenningskoeffisienten antas å være lik 0,3 og sann verdi er 0,4 bommes det med ca. 33%. Desto lavere avrenningskoeffisienten er, desto vanskeligere er det å treffe sann verdi.

Flomfrekvensanalyse

Flomfrekvensanalyse er statistisk analyse av målte eller simulerte vannføringsserier. Det brukes fordelingsfunksjoner for å ekstrapolere data for å anslå ekstremhendelser. Flomfrekvensanalyse kan deles opp i lokaltidsserie og/eller regional analyse. Et eksempel på uttak av data ved hjelp av årsmaks er vist i Figur 6. De verdiene som blir brukt i analysen er vist med røde prikker. Det er enkelte store hendelser som ikke er inkludert i datagrunnet. Dette skyldes at dette året er det registrert en enda større flomhen-

delse. I Figur 7 er det vist resultatet fra flomfrekvensanalysen med bruk av gumbel-, GEV- og log person type 3-fordelingsfunksjoner.

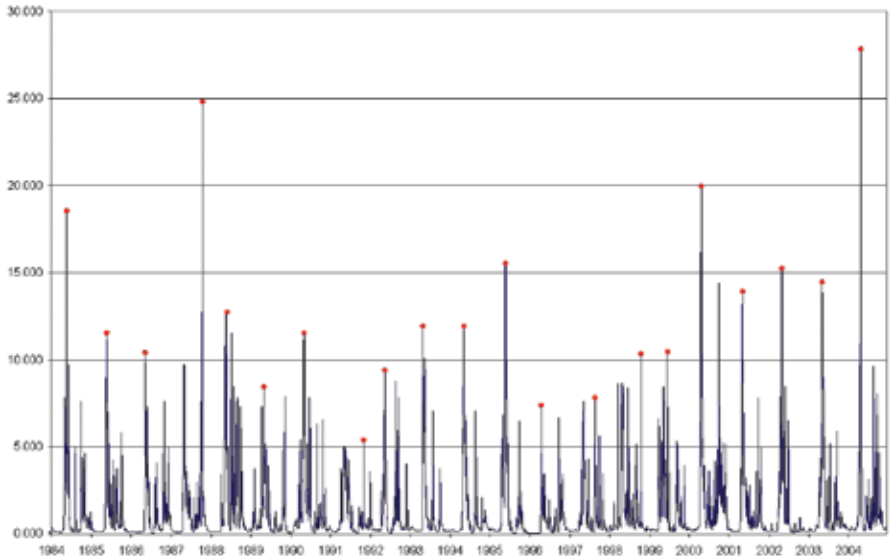
Lokaltidsserieanalyse

Lokaltidsserieanalyse betyr et det brukes data fra et sted. Ved en slik analyse må dataene samles inn og vurderes (kvalitetskontroll). Deretter beregnes en indeksflom. Dette er enten middelflom eller medianflom. Etter dette beregnes en vekstkurve. For å finne flomstørrelsen for et gitt gjentakintervall multipliseres verdien fra vekstkurven for den aktuelle returperioden med indeksflommen (Q_{midel} eller Q_{median}).

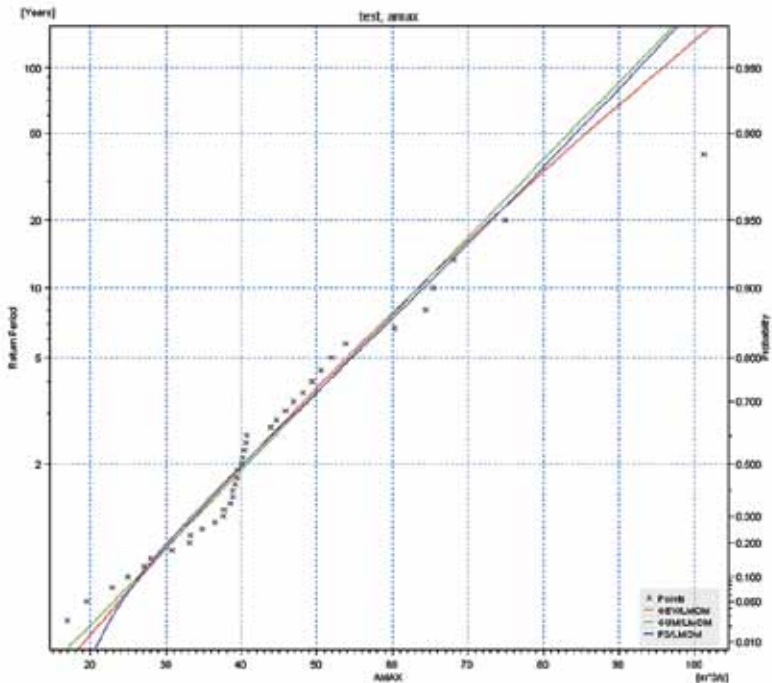
$$Q_T = Q_m \cdot x_T$$

Der:

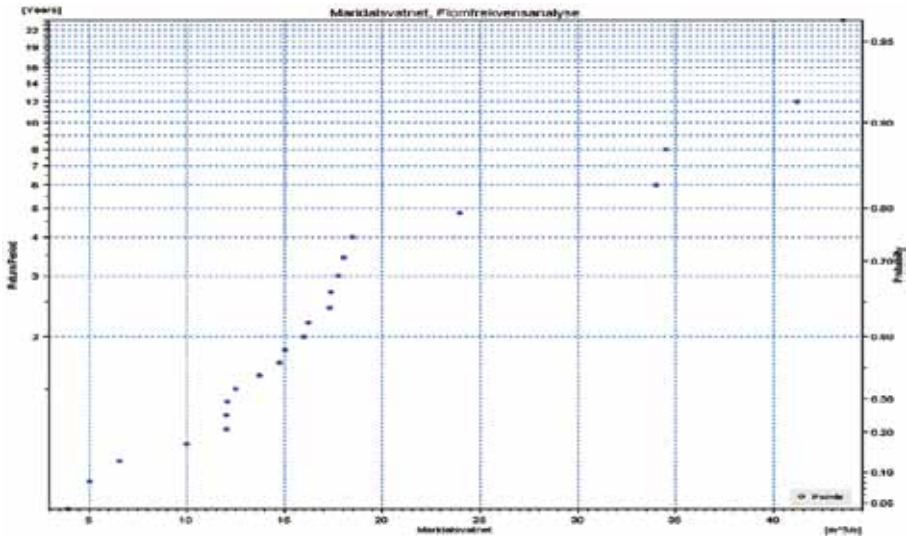
Q_T : Flomstørrelse for aktuelt gjentakintervall



Figur 6. Uttak av data til en flomfrekvensanalyse ved hjelp av årsmaksmetoden.



Figur 7. Flomfrekvensanalyse.



Figur 8. NVE bruker Gringortens formel i sine frekvensplott. Figuren viser posisjonering av flommer ved hjelp av Gringortens plottefunksjon.

Q_m : Indeksflom (middelflom eller medianflom)
 X_T : Veksttall for aktuelt gjentakintervall

F: Sannsynlighet for overskridelse
 i: Flomhendelsens rangering, (største flom nr. 1 nest størst nr. 2 osv.)
 N: N år med data

Plottefunksjoner

Plottefunksjoner brukes for å vise flommene på et diagram, slik at det skal være mulig å få et visuelt inntrykk av flomhendelsene. Plottefunksjoner brukes ikke i den matematiske tilpassingen av en flomfrekvensanalyse, men den kan brukes til grafisk tilpassning. Det finnes flere ulike plottefunksjoner. De mest vanlige er Weibull, Blom og Gringorten. Et eksempel på bruk av Gringortens plottefunksjon er vist i Figur 8.

Gringortens formel ser slik ut:

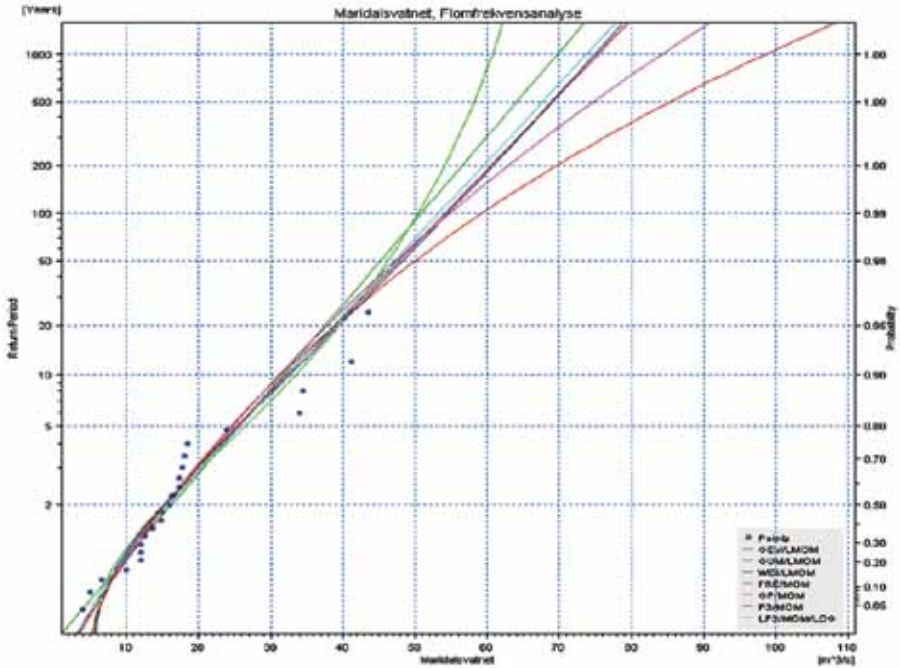
$$T_i = \frac{1}{F_i} = \frac{N + 0,12}{i - 0,44}$$

Der:

T: Gjentakintervall

Fordelingsfunksjoner

Fordelingsfunksjoner brukes for å ekstrapolere flommer med høye gjentakintervaller hvor det ikke finnes observasjoner, se Figur 9. Dette eksempelet viser at valg av fordelingsfunksjon vil påvirke resultatet. F. eks. for en 200-årsflom, i dette eksempelet, er forskjellen ca. 30% fra den fordelingsfunksjonen som gir den minste verdien til den største. Når det skal velges fordelingsfunksjon anbefaler NVEs retningslinjer for flomberegninger å benytte Gumbel- eller GEV-fordeling. Vanligvis velges den fordeling som gir best tilpassning til data, det er særlig for de store flommene at



Figur 9. Fordelingsfunksjoner.

tilpasningen bør stemme. En visuell test er ofte tilstrekkelig, men resultater fra parameterestimeringen kan bli brukt til å avgjøre hvilken fordelingsfunksjon som egner seg best.

Flomfrekvenskurve

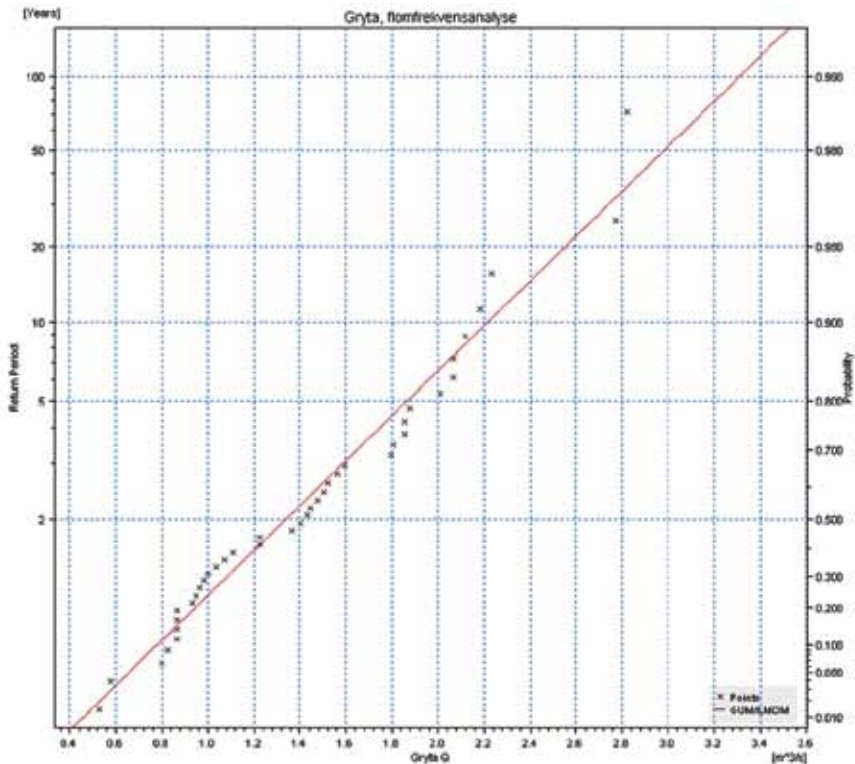
Her er det vist et eksempel på flomfrekvenskurve for VM 6.10 Gryta, nedbørfeltet er på 7,6 km², figur 10. Dette er et

T (år)	x _T	QT (m ³ /s)
5	1,30	1,87
10	1,54	2,22
30	1,90	2,74
50	2,07	2,98
100	2,30	3,31

sidevassdrag til Maridalsvatnet. Dataene er oppgitt med døgnoopløsning. Middelflommen er beregnet til 1,44 m³/s. Ved flomfrekvensanalyse på døgndata må disse konverteres til momentanverdier. Grunnen til at det ofte beregnes frekvens ved hjelp av døgnerverdier skyldes mangel på gode og lange nok dataserier med fin tidsoppløsning. I NVEs retningslinje for flomberegninger er det foreslått metoder for å beregne momentanverdier på døgndata.

Dataseriens lengde

Dataserien bør være meget lang, minst 15 år. Lengden av dataserien har mye å si for nøyaktighet av beregnet flomfrekvens. Lengre dataserier har høyere



Figur 10. Flomfrekvenskurve VM 6.10 Gryta i Maridalen (Oslo), døgnoppløsning.

sannsynlighet for å inneholde en representativ mengde av flomhendelser. Bruk av regional flomfrekvensanalyse kan forbedre resultatet for høye gjentakintervall. Gjentakintervall som beregnes bør ikke overskride observasjonsperiodens lengde i stor grad. De beregnede gjentakintervallene blir svært usikre når de blir ekstrapolert ut over 2,5 – 3 ganger datagrunnlaget. Igjen vil det være størst usikkerhet for beregninger med kort dataserie sammenlignet med lengre dataserier. Det vil si at det kan tillates en forholdsvis lengre ekstrapolering dersom dataserien er lang.

Usikkerhetsfaktorer

Når det skal utføres en flomfrekvensanalyse er det flere faktorer som kan påvirke nøyaktigheten til analysen.

- Datagrunnlaget
- Uhomogenitet
- Ekstreme hendelser (såkalte outliers)
- Valg av fordelingsfunksjon
- Parameterestimering
- Fremtidens usikkerhet

For målte data kan noe av usikkerheten ligge i problemer ved måling av vannstand ved store flomhendelser. Det kan være usikkerhet i vannføringskurve.

Dette kan skyldes endring i bestemmen- de tverrprofil, oppstuvning osv. Ved ut- arbeidelse av vannføringskurve er det tre metoder som er mest vanlig:

- Måling av vannstand og vannføring som hører sammen med f. eks. å bruke flygel, ADCP eller saltfortynning. De målte vannstandene og vann- føringene som hører sammen danner grunnlaget for utarbeiding av vann- føringskurven, denne beskriver sam- menhengen mellom vannstand og vannføring ved målestasjonen. Der- som de målte punktene som danner grunnlaget for vannføringskurven ikke inneholder punkter ved flom vil vannføringskurven være ekstrapolert ved store vannføringer, og derfor kan det være mulighet for store feil.
- Teoretisk beregning av vannførings- kurve der det finnes et klart definert overløp og der vannstanden kan måles ved et punkt i vassdraget med underkritisk (rolig) vannstrømning. Ved overløpet skal vannstrømningen gå gjennom kritisk strøm. Det vil si at strømningsforholdene endres fra underkritisk til overkritisk (skytende) strøm over overløpet.
- Der det er en bestemmende strek- ning som bestemmer vannstanden, der vannstanden måles, kan en vann- linjeberegning benyttes for å finne sammenhengen mellom vannstand og vannføring. Ved denne metoden er kvaliteten avhengig av om de avgjørende tverrsnittene er godt nok oppmålt og hvor godt kalibrerings- grunnlaget for modellen er.

Ved alle disse metodene er det mulighe- ter for unøyaktigheter. Dersom vann- strømmen nærmer seg overkritisk ved målestedet kan dette medføre store feil. Det er spesielt under flomforhold at dette kan være et problem. Et annet problem kan være endring i tverrprofil, eller opp- stuvning. Endring i tverrprofil kan skyl- des erosjon og generell transport av løsmasser nedover et vassdrag. Oppstuv- ning kan skyldes f. eks is som dannes i vassdraget og som legger seg i det be- stemmende profilet. I tillegg kan opp- stuvning skyldes rusk og rask samt trær som henger seg fast ved bestemmende profil. Med hensyn på nøyaktighet vil hydrologen være avhengig av tilgjengelig datagrunnlag. Ofte må hydrologen gjøre et valg på hvilket datagrunnlag som synes å være mest pålitelig. Derfor hender det ofte at to hydrologer kommer frem til forskjellig svar.

Usikkerhet i datagrunnlaget for simulerte vannførings- serier

For simulerte vannføringsserier kan unøyaktighet skyldes utvalgt nedbørfelt. Det simulerte nedbørfeltet må være beskrevet på korrekt måte i simulering- modellen. Unøyaktigheter kan også skyl- des estimering av arealnedbør. Over et nedbørfelt kan nedbørmengdene variere.

Selv om nedbørmengdene er målt inne i nedbørfeltet kan det være variasjo- ner i nedbørintensiteten over nedbørfel- tet. Bruk av nedbør-avløpsmodell består av et begrenset utvalg parametere. Er metoden og parameterne som benyttes i stand til å fange opp variasjonene som

naturen gir oss? I tillegg vil nøyaktigheten til modellen være avhengig av kalibreringsgrunnlaget. Hvordan representeres rønettverket/kontrollstrukturen i modellen? Det kan være at det er gjort forenklinger som gir unøyaktigheter. Eller at avløpskonstruksjoner/kummer ikke fanger opp vannmengdene modellen forutsetter at den fanger opp.

Hva med hvordan overflatevannføring behandles i modellen? Det kan være usikkerhet i prosesser, som snøsmelting, fordampning, vann som kommer inn i grunnvannet og som kommer ut et annet sted. Enda et problem kan være tilstopping av rør. Skjer dette i kalibreringsperioden, eller skjer dette i fremtiden under en flomhendelse? Valg av lengden på tidsskritt kan være avgjørende for om flomtoppen simuleres på riktig måte.

Inhomogenitet

En flomfrekvensanalyse har antakelsen om at maksimumsvannføringene er:

- Tilfeldige, det vil si at de er uavhengig av hverandre
- Homogene, det vil si at det ikke er trend i serien
- Stasjonære, det vil si at middelerverdi og standardavvik i delperioder av en langtidssperiode skal ikke forandre seg mer enn det som skyldes tilfeldigheter

Det vil si at det antas at alle flommene er et resultat av den samme underliggende prosess med konstante og enhetlige egenskaper.

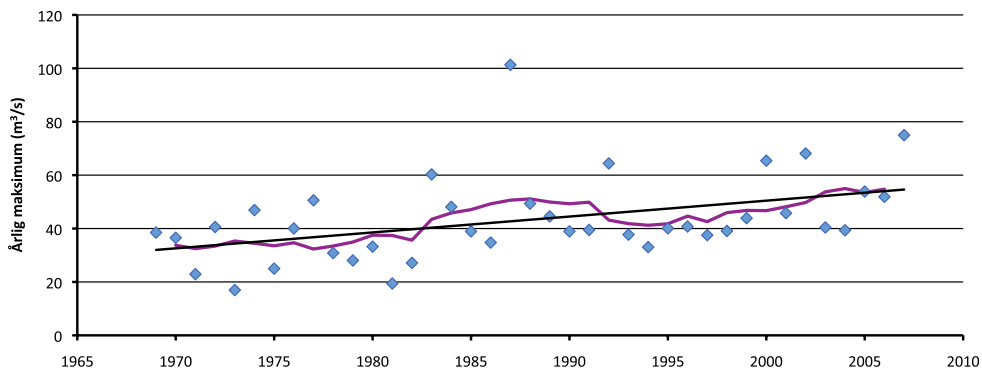
Et naturlig forhold som kan gi inhomogenitet kan være klimaendringer. Et annet forhold kan være årsakene til flommer (f. eks. snøsmelting eller regn,

frontnedbør eller konvektivt nedbør). For eksempel kan orkaner føre med seg mye nedbør og skape store flommer. Men dersom det ikke kommer inn en orkan hvert år over analyseområdet, og det er orkaner som er skyld i de største flommene enkelte år, vil dataserien bli inhomogen. Menneskelige inngrep som kan gi inhomogenitet kan være reguleringer, urbanisering, skogplanting, kanalisering/elveforbygging og myrdrenering. Dersom et ledningsnett går fullt kan dette være årsak til inhomogenitet i dataserier for avløpsnett. På slike serier vil de største flommene få nesten samme flomtopp. Det samme kan sees på et målested i et vassdrag der strømningsforholdene nærmer seg overkritisk strømning der vannstanden måles.

Testing for inhomogenitet

Ved bruk av ulike frekvensberegningsprogram, har disse ofte innarbeidet ulike metoder for å teste dataserier for inhomogenitet. Dette kan for eksempel være "Run test" som er en generell test for uavhengighet og homogenitet, "Mann-Kendal test" som tester for trend i datasettet eller Mann-Whitney test" som tester for forandring i gjennomsnitt av delperioder. Disse testene bruker ulike teststatistikker.

En annen, men ofte like god metode er å vurdere dataene grafisk. Ved f. eks. å ta dataene inn i et regneark og legge på en trendtest. Denne testen vil avsløre om det har vært en trendutvikling. Tilsvarende kan det testes for endring i middelverdien for perioder, ved å bruke glidende middel, se Figur 11.



Figur 11. Grafisk test av trend ved hjelp av trendkurve og glidende middel.

Ut i fra denne testen kan det konstateres at det trolig er et homogenitetsbrudd som oppstår i perioden 1983-1986. Ved å gå inn i dataene for denne målestasjonen, oppdages det at tidsoppløsningen til målingene er endret i januar 1986. Før dette ble vannstanden registrert en gang i døgnet. Etter dette er vannstanden registrert først med en skrivende limnigraf og deretter med en trykksensor med logger, som registrerer vannstanden en gang i timen fra juni 2000. Derfor er det sannsynlig at homogenitetsbruddet ved denne stasjonen skyldes målemetode.

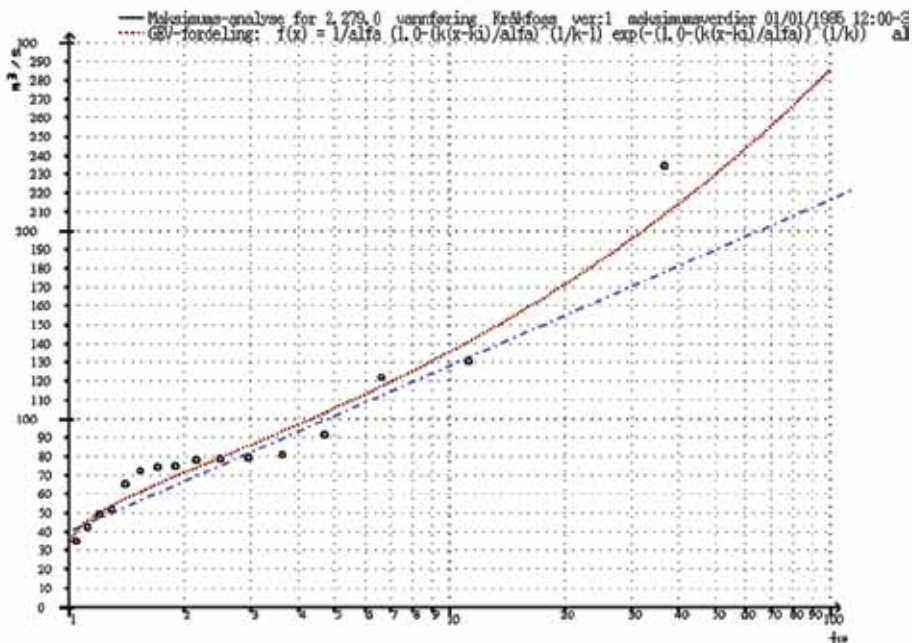
“Outliers”/slenger i datagrunnlaget

“Outlier” eller slenger er en dataverdi som skiller seg vesentlig fra de andre dataverdiene. Dersom det beregnes flomfrekvensanalyse på data som ikke er kvalitetssikret kan det ofte erfares at

slengeren skyldes feil i datagrunnlaget. Men dersom slengeren er riktig målt er dette en flomhendelse som har mye større gjentaksintervall enn lengden på data-serien. Denne slengeren vil da kunne dra opp de beregnede verdiene for ekstreme flommer, se Figur 12 der punktet som viser den største observerte flommen kan karakteriseres som en slenger.

En to-parameterfordeling (f. eks. Gumbel) vil påvirkes mindre av slengere enn en tre-parameterfordeling (f. eks. GEV). Dette er grunnen til at to-parameterfordelinger anbefales for korte data-serier, mens tre-parameteriserier kan brukes for lengre dataserier.

Hva kan gjøres med slengere? Dersom slengeren skyldes en feilmåling skal denne fjernes fra datagrunnlaget. Dersom det er flere slengere slik at det ser ut som om disse må tas hensyn til velges en fordelingsfunksjon som tilpasses slen-

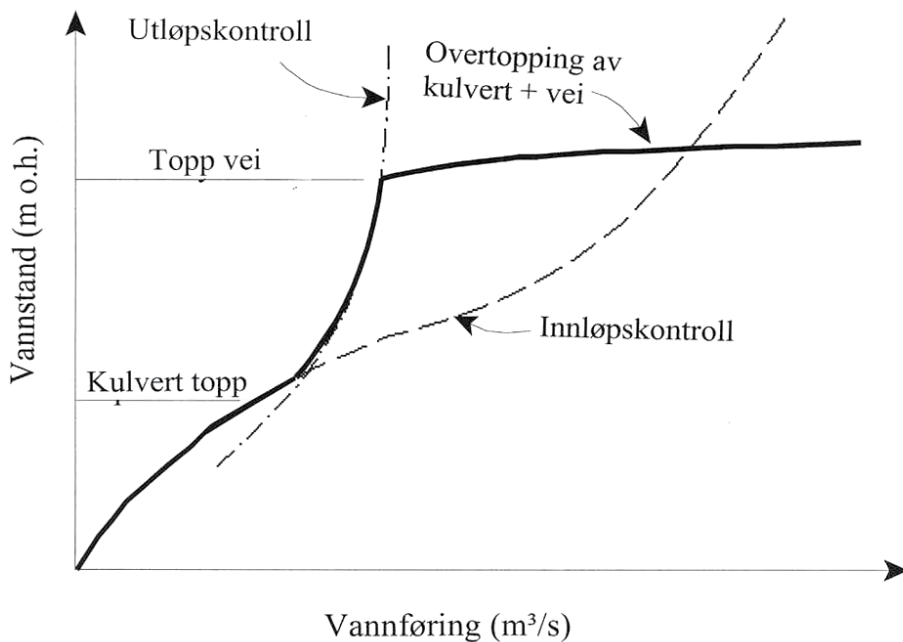


Figur 12. Slenger i datagrunnlaget som påvirker beregnede flomstørrelser.

gerne. En korrekt målt slenger skal inkluderes i datagrunnlaget. I Flood Estimation Handbook er det, litt på spøk, beskrevet at den hydrologen som ikke tar hensyn til en kjent observert ekstremflom bør lenkes fast til elvebredden. Det er mulig å sjekke påvirkningen slengeren har på beregnet flomfrekvenskurve ved å ta den ut av datagrunnlaget i beregningen. I de amerikanske retningslinjene for flomfrekvensanalyser “Bulletin 17-B Guidelines for determining Flood Frequency”, er det beskrevet en metode for å ta hensyn til slengere. Dette går ut på å gi slengeren et bedre estimat på gjentakintervall enn de brukte plottetposisjons-formlene kan gi.

Hvorfor ikke beregne flomfrekvensanalyse direkte på vannstanden?

Ofte kan det være fristende å regne frekvensanalyse direkte på målt vannstand. Dersom det i en årrekke har blitt målt vannstand ved det området som ønskes å analysere, vil det være fristende å benytte målt vannstand som datagrunnlag for frekvensanalysen. I et slikt tilfelle må det undersøkes hva som bestemmer vannstanden. I Figur 13 er det vist en prinsipiell vannføringskurve ovenfor en kulvert. Flomfrekvensanalyse baserer seg på at det oppstår en rett linje når dataene log transformeres. I eksempelet i Figur 13 vil det oppstå 2 knekkpunkter på en log-transformert kurve. Det ene knekk-



Figur 13. Eksempel på vannføringskurve oppstrøms en kulvert.

punktet kommer ved overkant kulvert og det neste ved overkant vei. Ved frekvensanalyse må derfor bare punktene på det øverste segmentet benyttes for å tilpasse en ekstrapolering. Et problem kan da være at de minste årsmaksverdiene ligger lavere enn overkant vei.

Fremtidens usikkerhet

Ved flomfrekvensanalyse benyttes fortidens hendelser til å si noe om hvordan fremtiden blir. Det forutsettes at fremtidens variasjoner i avrenning vil oppføre seg slik den har gjort i fortiden. Forhold som gjør denne antakelsen feilaktig kan være klimaendringer, arealbruksendringer i nedbørfeltet og forandring av avløpssystem.

Kombinasjoner av sannsynlighet

Kombinasjoner av flere prosesser kan gjøre tolkningen av flomfrekvensanalyse vanskelig. Dette kan være:

- Kombinert effekt av vannføring og tidevann
- Kombinert effekt av avløpssystem/ vassdrag
- Kombinert effekt av to vassdrag
- Kombinert effekt av nedbør og snøsmelting

Eksempel på uavhengige prosesser er flom som oppstår pga. stor vannføring og tidevann. Tidevann er påvirket av sol og måne. I tillegg vil tidevannet stige dersom det er et sterkt lavtrykk. Lav-

trykk og store nedbørhendelser er ikke helt uavhengige fenomener. I tillegg påvirkes tidevannet av vindoppstuvning. Det vil si at det er prosesser ved tidevann som likevel ikke er helt uavhengig av stor nedbør. Et eksempel på avhengige prosesser er vannføring i to forskjellige vassdrag, dersom hendelsen som har skapt den store avrenningen skyldes den samme regnhendelsen (eventuelt med bidrag fra snøsmelting).

Oppsummering

Ved beregning av flomfrekvensanalyse må det rettes oppmerksomhet mot homogenitetsbrudd. Spesielt ved bruk av nedbør-avløpsmodell på avløpsnett kan kapasiteten til ledningsnettene være oppbrukt ved beregning av store flommer. Ved bytte av måleutstyr kan det oppstå måleavvik som resulterer i et homogenitetsbrudd. For eksempel kan montering av vindskjerm på nedbørmålere skape homogenitetsbrudd. Det kan også oppstå et

homogenitetsbrudd i en avløpsserie dersom det bestemmende tverrsnittet endres, eller at det installeres energidreper oppstrøms et målepunkt for vannstand. Ved flomfrekvensanalyse må det også rettes oppmerksomhet mot målesystemet ved avløpsmålestasjoner, som bare har gode målinger opp til en gitt vannføring. Ved avløpsmålinger er det også fare for homogenitetsbrudd ved endring av arealbruk.

Referanser

Flood Estimation Handbook, Institute of Hydrology Wallingford 1999

Determining Flood Flow Frequency Bulletin 17B, USGS 1982

Retningslinje for flomberegninger, NVE 2002

Flomfrekvensanalyse systemdokumentasjon, NVE 1996