

Flomberegninger for dammer

Veileder til damsikkerhetsforskriften

*Håkon Haugrud, Grethe Holm Midttømme, Karen Marie Straume
og Wolf-Dietrich Marchand*



NVE Veileder nr. 2/2022

Flomberegning for dammer : veileder til damsikkerhetsforskriften

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Håkon Haugsrud, Grethe Holm Midttømme, Karen Marie Straume og Wolf-Dietrich Marchand

Forsidefoto: Dam Håen. Foto: Morten Skoglund/NVE

ISBN: 978-82-410-2180-0

ISSN: 1501-0678

Saksnummer: 202106317

Sammendrag: Veilederen utdyper i hovedsak bestemmelsene i § 5-7 om flomberegninger i forskrift av 18.12.2009 om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften). Den utdyper også deler av andre paragrafer i damsikkerhetsforskriften av betydning for flomberegninger.

Emneord: Damsikkerhetsforskriften, damsikkerhet, dam, vassdragsanlegg, flomberegninger, dimensjonerende flom, påregnelig maksimalflom, ulykkesflom

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

februar, 2022

Innhold

Forord	4
1 Innledning	5
1.1 Utforming av veilederen	5
1.2 Historikk	5
1.3 Definisjoner	6
2 Om kravet til flomberegninger	7
2.1 Formålet med flomberegninger	7
2.2 Tidspunkt for utarbeidelse og innsending av flomberegninger	7
3 Generell arbeidsgang	8
4 Beregningsforutsetninger	9
4.1 Startvannstand	9
4.2 Valg av flomstørrelser	9
4.3 Overføringer	11
4.4 Flomavledningsorgan	12
4.5 Tilstopping	13
4.6 Lukesvikt	14
5 Evaluering av flomberegninger	15
5.1 Datagrunnlag og sikkerhetsmargin	15
5.2 Følsomhetsanalyse	16
5.3 Klimaendringer	17
6 Dokumentasjon	17
6.1 Flomberegningsrapport	18
6.2 Krav til sammendraget	19
7 Referanser	21

Forord

Denne NVE-veilederen, *Flomberegninger for dammer - veileder til damsikkerhetsforskriften (2-2022)*, utdypet bestemmelsene i § 5-7 om flomberegninger i forskrift av 18.12.2009 nr. 1600 om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften). Den tar også for seg enkelte andre bestemmelser i damsikkerhetsforskriften som er relevante ved utarbeidelse av flomberegninger for dammer. Veilederen *Flomberegninger for dammer* må brukes sammen med NVEs nye *Veileder for flomberegninger (1-2022)*.

De to veilederne erstatter *Retningslinjer for flomberegninger (4-2011)*. De nye veilederne skiller seg fra *Retningslinjer for flomberegninger* ved at hydrologifaglig veiledning i hovedsak er flyttet over til *Veileder for flomberegninger*. Tekst som utdypet damsikkerhetsforskriftens bestemmelser om flomberegninger er beholdt, men er noe omarbeidet for å oppnå bedre samsvar med damsikkerhetsforskriften og *Veileder for flomberegninger*.

Parallelt med revisjon av retningslinje 4-2011 pågår det arbeid med ny veileder om flomfareutredning for forebygging av flomskader og arealplanlegging. NVE har også startet et arbeid med å koordinere og harmonisere egen forvaltningspraksis innen temaet flomberegninger slik at vi i fremtiden får best mulig samsvar mellom flomberegninger til forskjellige formål.

Oslo, 4.2.2022

Lars Grøttå

Seksjonssjef
Seksjon for damsikkerhet

Dokumentet sendes uten underskrift. Det er godkjent i henhold til interne rutiner.

1 Innledning

Denne veilederen utdypet krav til flomberegninger for dammer i § 5-7 i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften). Den gjelder for dammer i konsekvensklasse 1 og høyere. NVE anbefaler likevel at flomberegninger for dammer i konsekvensklasse 0, og flomberegninger i regulerte vassdrag uavhengig av formål også gjennomføres i tråd med innholdet i denne veilederen så langt det er relevant.

Veilederen retter seg først og fremst til dameiere (ansvarlige for damanlegg) og rådgivere som skal utføre flomberegninger for dammer. Den må brukes sammen med *Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022).

1.1 Utforming av veilederen

Der det står **må** eller **skal** i veilederen viser det direkte til krav stilt i damsikkerhetsforskriften. Dette er absolutte krav. Der det i veilederen står **skal som minimum**, **minimumskrav** eller tilsvarende, angir dette et minimumsnivå for å oppfylle krav i damsikkerhetsforskriften. Disse kravene må da etterleves.

Der det står **kan** eller **bør** i veilederen er dette anbefalinger, forslag eller eksempler på hvordan bestemmelser kan oppfylles.

Forskriftsteksten er skrevet i kursiv og innrammet slik at den skiller seg fra øvrig tekst. Der det i veilederen er gitt henvisning til en paragraf (§), gjelder dette bestemmelser i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften) (OED, 2009). Dersom det henvises til annet regelverk, er dette spesifisert.

Dersom det er spørsmål til forskriftsbestemmelsene, eller innholdet i denne veilederen, bør NVE kontaktes for konkret veiledning.

1.2 Historikk

De første retningslinjene for flomberegninger i Norge i moderne tid ble utgitt i 1981, som et tillegg til de første damforskriftene *Forskrifter for dammer* (NVE, 1981). Tillegget, som het *Regler og anbefalinger* (gule sider), hadde status som retningslinjer. Et av kapitlene i forskriften som var utdypet i *Regler og anbefalinger* var kapittel 7 *Beregning av flommer og flomvannstander*. I tillegg var kapittel 8 *Dimensjonering og utførelse av flomløp og tappearrangement* også utdypet i *Regler og anbefalinger*. Noen år seinere, i 1986, utga NVE *V-informasjon 1 – Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer*.

Den første damforskriften ble erstattet av ny forskrift i 2001 (sikkerhetsforskriften), etterfulgt av reviderte retningslinjer for flomberegninger i 2002.

Sikkerhetsforskriften fra 2001 ble senere erstattet med dagens forskrift, *damsikkerhetsforskriften*, med virkning fra 2010. *Retningslinjer for flomberegninger* fra 2002 ble erstattet av *Retningslinjer for flomberegninger* i 2011 (NVE, 2011). Innholdet i retningslinjene fra 2002 ble i stor grad videreført i *Retningslinjer for flomberegninger* (nr. 4-2011).

De viktigste forskriftsendringene fra 2010:

- krav til å beregne ulykkes-flommer for dammer i konsekvensklasse 1
- utvidelse av antall konsekvensklasser (0-4)
- et generelt krav om å presentere sammenlikninger mellom observerte flommer og beregnede flommer
- krav om å vurdere kvaliteten på datagrunnlaget.

For dammer med mangelfullt datagrunnlag kom det en ny bestemmelse i § 5-4 om at det skulle legges på en sikkerhetsmargin ved dimensjonering og kontroll av dam og flomløp. Temaet ble omtalt i retningslinjene for flomberegninger fra 2011 og senere utdypet i et tilleggsnotat til retningslinjene, datert 28.11.2016.

I retningslinjene fra 2011 ble klimaendringer inkludert, og det ble gitt anbefalinger om hvordan dette bør håndteres i områder der det er forventet større dimensjonerende flommer, med henvisning til NVE-rapporten *Hydrological projections for floods in Norway under a future climate* (Lawrence & Hisdal, 2011).

I 2016 kom det en oppdatert rapport om hvordan framtidige klimaendringer forventes å påvirke dimensjonerende flommer i Norge (Lawrence, 2016), og det ble gitt ut et eget tilleggsnotat til retningslinjene, datert 25.11.2016, som omtalte denne rapporten og hvordan den skulle følges opp.

Revisjon av retningslinje 4-2011 ble startet som et resultat av faglig utviklingsarbeid, nye verktøy og behov for å tydeliggjøre hva som er utdyping av forskriftskrav og hva som er hydrologifaglige anbefalinger. Dette har resultert i at retningslinje 4-2011 nå blir erstattet av to veiledere: denne, som utdyper krav til flomberegninger for dammer, og en generell *Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022) som skal gjelde uavhengig av formålet med beregningene.

1.3 Definisjoner

Dimensjonerende flom (Q_{dim}) er den flomstørrelsen en dam skal dimensjoneres for i bruddgrensetilstand.

Ulykkesflom omfatter PMF og andre flomrelaterte ulykkessituasjoner som en dam skal kontrolleres for i ulykkesgrensetilstand.

Påregnelig maksimalflom (PMF) er den største flomstørrelsen som kan opptre ved en kombinasjon av de mest ugunstige meteorologiske og hydrologiske forhold.

Tilløpsflom er flom fra uregulert felt, tillagt avløpsflom fra eventuelle oppstrøms magasin og overføringer. Tilløpsflom er dermed flom inn til magasin, innsjø eller sted i vassdraget hvor selvreguleringen i alle oppstrøms magasin/innsjøer og nedbør på magasin/innsjø er medregnet.

Avløpsflom er flom ut fra et magasin eller en innsjø.

Dimensjonerende flomvannstand (DFV) er den høyeste vannstanden som opptrer i magasinet ved dimensjonerende tilløpsflom.

Maksimal flomvannstand (MFV) er den høyeste vannstanden som opptrer i magasinet ved påregnelig maksimal tilløpsflom.

Fagområde IV omfatter flomhydrologi.

Fagområde V omfatter hydraulikk og flomavledning.

VTA er en person som har det vassdragstekniske ansvaret og er godkjent av NVE. VTA-en har det faglige ansvaret for å følge opp sikkerheten ved vassdragsanlegg, jf. § 2-4.

2 Om kravet til flomberegninger

2.1 Formålet med flomberegninger

Damsikkerhetsforskriften § 5-7 første ledd:

Det skal utføres flomberegninger for å fremskaffe nødvendige data ved dimensjonering av nye dammer, og ved ombygging og revurdering av eksisterende dammer. Flomberegningene skal samordnes med dimensjonering av nye flomløp eller revurdering av eksisterende flomløp, jf. § 5-8.

Når dammer skal bygges, fornyes eller revurderes må oppdaterte og godkjente flomberegninger legges til grunn, jf. §§ 5-2 (Tekniske planer), 5-3 (Laster) og 7-5 (Revurdering). Samordning mellom flomberegninger og dimensjonering eller kontroll av flomløp er viktig, fordi de gjensidig påvirker hverandre.

Krav om flomberegninger gjelder for alle dammer i konsekvensklasse 1-4, jf. § 1-4 (Virkeområde).

2.2 Tidspunkt for utarbeidelse og innsending av flomberegninger

Både ved bygging, fornyelse og revurdering av dammer er det nødvendig å vurdere om det er behov for nye flomberegninger. I så fall bør disse utarbeides i god tid før innsending av tekniske planer eller revurderingsrapport. Det vil bidra til at NVEs kontroll, eventuelle revisjoner av flomberegningene, og godkjenning kan gjennomføres uten å forsinke planleggingen eller revurderingen.

Godkjente flomberegninger for revurderinger må fornyes jevnlig, som angitt i § 7-5 fjerde ledd. Resultatene i flomberegningene må være basert på tilløpsflomberegninger som ikke er eldre enn 15 år for dammer i konsekvensklasse 2-4 og ikke eldre enn 20 år for dammer i konsekvensklasse 1. Uavhengig av dette kravet skal også flomberegninger for revurdering gjennomføres på nytt dersom det er gjort endringer på anlegg som er av betydning for flomavledningen, eller om det er avdekt store feil eller usikkerheter i datagrunnlaget. Flomberegninger for revurderinger er også omtalt i kapittel 3 i *Veileder for revurdering av vassdragsanlegg* (NVE, 2018).

3 Generell arbeidsgang

Flomberegninger bør utføres i følgende trinn:

- Nødvendig grunnlagsmateriale hentes fram:
 - kartunderlag, tegninger, informasjon om reguleringssystemet (magasin, dammer, overføringer og kraftverk), manøvreringsreglement og konsesjonsbetingelser
 - tidligere flomberegningsrapporter
 - dokumentasjon av kapasiteter til flomløp og overføringer, fare for tilstopping og tilstoppingsgrad
 - annen relevant informasjon og dokumentasjon
- Ved mangelfull eller utdatert dokumentasjon må VTA sørge for nødvendig befarig, oppmåling eller annen informasjonsinnhenting.
- Ved valg av rådgiver må VTA forsikre seg om at det blir benyttet godkjent fagansvarlig i fagområde IV, jf. § 5-7 annet ledd. Godkjent fagansvarlig i fagområde V må også bidra dersom beregningene omfatter kompliserte hydrauliske vurderinger og beregninger der resultatet har betydning for beregnede flomverdier, jf. § 5-8 annet ledd. Både utførende og kontrollør må være kvalifiserte fagpersoner.
- VTA må sammen med rådgiver avklare beregningsforutsetningene for reguleringsystemet i samsvar med kapittel 4.
- Beregning av tilløpsflom og avløpsflommer med tilhørende vannstander skal gjennomføres i samsvar med anbefalinger gitt i *Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022).
- Der det er aktuelt skal flomberegningene omfatte beregninger av avløpsflommer og flomvannstander som følge av tilstopping av flomløp og manøvreringssvikt av luker, jf. § 5-7 åttende og niende ledd.
- Usikkerheten i det hydrologiske datagrunnlaget i tilløpsflomberegningene skal vurderes og klassifiseres i samsvar med veiledning i *Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022).
- Følsomhetsanalyse av flomberegningene, inklusive følsomhetsanalyse av hydrauliske beregninger, bør gjennomføres. Se kapittel 5.2 for kriterier.
- Hydrauliske forutsetninger er gitt i § 5-8 med tilhørende veileder.
- Den ansvarlige skal sørge for at flomberegningene blir dokumentert i en rapport og sendt til NVE for kontroll og godkjenning, se kapittel 6.

4 Beregningsforutsetninger

Damsikkerhetsforskriften setter en rekke krav til utførelsen av flomberegninger. Der det er uklart hvilke forutsetninger som skal ligge til grunn for beregningene, er det en fordel å avklare dette med NVE før gjennomføring. Dersom det er ønskelig å avvike fra krav i damsikkerhetsforskriften, skal dette søkes om i samsvar med § 8-2 (Dispensasjoner og skjerpede krav).

4.1 Startvannstand

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 sjuende ledd, annet punktum:
Vannstanden ved flommens begynnelse skal settes til høyeste regulerte vannstand, eller normalvannstand der høyeste regulerte vannstand ikke er definert, dersom ikke annet er bestemt.*

Vannstanden ved flommens begynnelse skal normalt settes til høyeste regulerte vannstand (HRV) for alle magasin og sjøer i vassdraget. Der det ikke eksisterer noen HRV skal det fastsettes en normalvannstand for samme formål. Manøvrerbare flomløp skal forutsettes manøvrert slik at vannstanden ikke underskrider startvannstanden i begynnelsen av flommen.

For vårflomsituasjoner kan det tillates å regne med lavere startvannstand enn HRV dersom det er stort magasin (vannmagasin) og samtidig stort snømagasin i feltet. I slike tilfeller kan det være urealistisk å regne med oppfylt magasin ved flommens begynnelse. Krav til oppfylt magasin kan også fravikes hvis bestemmelser i manøvreringsreglementet tilsier dette. Det samme gjelder ved beregning for store felt, hvor det kanskje ikke er realistisk å forutsette at vannstanden i alle oppstrøms magasin skal være på HRV ved flommens begynnelse.

Eventuelle ønsker om avvik fra HRV som startvannstand skal avklares med NVE på forhånd, og må være begrunnet med relevant dokumentasjon.

4.2 Valg av flomstørrelser

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 fjerde ledd, første til fjerde punktum:
Flomberegninger skal omfatte beregninger av dimensjonerende tilløpsflom (Q_{dim}), dimensjonerende avløpsflom og dimensjonerende flomvannstand. Videre skal det gjøres beregninger av påregnelig maksimal tilløpsflom, påregnelig maksimal avløpsflom og maksimal flomvannstand for kontroll av sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand. For dammer i konsekvensklasse 1 og 2 tillates det, som en forenkling, at det benyttes en flom på 1,5 ganger dimensjonerende tilløpsflom og tilhørende avløpsflom og flomvannstand ved kontroll av sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand. Der det er aktuelt skal flomberegningene også omfatte beregninger av flomvannstander og avløpsflommer som følge av tilstopping av flomløp og manøvreringssvikt av flomluker.*

Damsikkerhetsforskriften § 5-7 femte ledd:

For dammer i konsekvensklasse 2, 3 og 4 skal gjentaksintervall for dimensjonerende tilløpsflom minimum settes til Q_{1000} (flom med 1000 års gjentaksintervall). For dammer i konsekvensklasse 1 skal dimensjonerende tilløpsflom minimum settes til Q_{500} (flom med 500 års gjentaksintervall). Dimensjonerende avløpsflom og dimensjonerende flomvannstand skal legges til grunn ved dimensjonering og senere kontroll av dam og flomløp i bruddgrensetilstand.

Vassdragsanlegg i konsekvensklasse 1-4 skal dimensjoneres og kontrolleres for vannstander og avløpsflommer for flomstørrelser gitt i Tabell 1. For noen dammer kan også andre flomrelaterte ulykkessituasjoner (ulykkesflommer) være aktuelle, jf. § 5-3 c) og avsnittet under (Andre ulykkesflommer).

For alle flomberegninger kan det være nyttig å inkludere beregninger av middelflom. Middelflommen benyttes bl.a. som startvannføring i dambruddsbølgeberegninger.

Tabell 1 Minimumskrav til flomberegninger ved vassdragsanlegg

Konsekvens-klasse	Bruddgrensetilstand (Q_{dim})	Ulykkesgrensetilstand	
	Generelt krav	Generelt krav	Tilleggs kontroll
4 og 3	Q_{1000}	PMF	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$
2	Q_{1000}	PMF eller $1,5 \times Q_{dim}$	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$
1	Q_{500}	PMF eller $1,5 \times Q_{dim}$	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$

NVE kan bestemme at andre flomverdier enn de som er nevnt i Tabell 1 skal benyttes. Dette kan være tilfellet ved usikkert datagrunnlag og forhold som påvirker avløpsflommene, jf. §§ 5-3 annet ledd og 5-4 siste punktum. Kapitlene 4.5 og 5 utdyper dette.

For vassdragsanlegg i konsekvensklasse 0 er det ingen spesielle krav til dimensjonering og dermed ingen krav til flomstørrelser, men NVE anbefaler at dammer i konsekvensklasse 0 minimum dimensjoneres for Q_{200} .

Ulykkesflom - minimumskrav

For dammer i konsekvensklasse 1 og 2 gir damsikkerhetsforskriften adgang til å benytte $1,5 \times Q_{dim}$ i stedet for PMF til kontroll av dammenes sikkerhet mot brudd. I slike tilfeller er det tilløpsflommen som skal multipliseres med 1,5.

For anlegg med manøvrerbare flomløp må det gjøres beregninger av to forskjellige ulykkesflommer: PMF (eller $1,5 \times Q_{dim}$) med alle luker i drift, og Q_{dim} i kombinasjon med lukesvikt (se kapittel 4.6). Den beregningen som gir høyest flomvannstand skal legges til grunn for kontroll av dammens sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand, dersom ikke andre ulykkesflommer gir høyere vannstand (se neste avsnitt).

Andre ulykkesflommer

Hvis andre flomrelaterte hendelser kan gi høyere vannstand enn vannstand ved PMF eller $1,5 \times Q_{dim}$, skal det utføres beregninger for disse hendelsene, jf. § 5-3 c).

I Tabell 1 er Q_{dim} med lukesvikt brukt som eksempel på en ulykkehendelse som kan gi høyere vannstand. Andre eksempler kan være Q_{dim} og pumping inn i feltet, eller Q_{dim} og blokkering av overføringer uten stengeorgan ut av feltet. Full eller delvis blokkering av avløpskonstruksjoner nedstrøms overløpsterskelen, ved Q_{dim} , skal kontrolleres som et eget ulykkestilfelle og uten samtidig tilstopping av overløpsterskelen.

Det må gjøres vurderinger av hvilke flomrelaterte ulykkehendelser som kan inntreffe ved det enkelte vassdragsanlegg. Flere eksempler er listet opp i damsikkerhetsforskriften § 5-3 c) tredje ledd.

Pumping inn i feltet og blokkering av overføringer uten stengeorgan er beskrevet i kapittel 4.3.

4.3 Overføringer

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 sjette ledd:
Ved beregning av tilløpsflommen skal det forutsettes at overføringer til feltet er åpne og at overføringer fra feltet er stengt.*

Det skal foreligge dokumentasjon av overføringskapasiteter med henvisning til gyldige tegninger. Dersom slik dokumentasjon ikke fins, må nye beregninger utarbeides. Både nye og eldre beregninger må være kontrollert eller utført av fagansvarlig i fagområde V i de tilfellene beregningene ikke kan karakteriseres som «enkle», jf. § 2-6 og merknadene til § 5-7 annet ledd. Dersom det er usikkerheter i tegningsunderlaget, for eksempel om teoretisk tunneltverrsnitt stemmer, bør oppmåling av overføringstunnelen og eventuelt tilhørende konstruksjoner utføres.

Nøyaktigheten til beregningene av overføringskapasiteter bør vurderes, uavhengig av kvaliteten på tegningsunderlaget. Der det er usikkerhet i valg av parameterverdier bør det gjøres en følsomhetsanalyse. Slik sikrer man at parametere som har betydning for resultatet angis med realistiske, men konservative verdier. Følsomhetsanalyser er nærmere omtalt i kap. 5.2.

Overføring inn til feltet fra innsjø eller magasin skal normalt foregå med full overføringskapasitet under hele flomforløpet. Dersom flommen fra lokalfeltet som overføres er mindre enn overføringens kapasitet, må overført vannmengde reduseres tilsvarende.

Metodikk for beregning av overføringskapasiteter finnes i faglitteratur for hydraulikk. I tilfeller der overføringskapasiteten er stor sammenliknet med størrelsen på lokalflommen, må kapasiteten beregnes ekstra nøye.

Overføringer med manøvrerbare stenge- og tappeorgan

Damsikkerhetsforskriften § 5-7 sjette ledd gjelder for overføringer med manøvrerbare stenge- eller tappeorgan, for eksempel kraftverk og overføringstunneler med luker.

For disse skal det forutsettes at overføringene inn til nedbørfeltet står åpne, mens overføringer ut av feltet er stengt. Denne forutsetningen gjelder både ved beregning av dimensjonerende tilløpsflom og ulykkesflom.

Overføringer uten manøvreringsmulighet

Overføringer uten manøvreringsmulighet skal forutsettes å være åpne både inn og ut av feltet ved beregning av dimensjonerende flom og ved beregning av ulykkesflom. Blokkering av overføringer ut av feltet skal regnes som en egen ulykkeshendelse og forutsettes å inntreffe i kombinasjon med Q_{dim} .

Overføringer fra bekkeinntak og takrennesystem

Fra bekkeinntak skal normalt flommen fra feltet forutsettes overført, begrenset av overføringskapasiteten. Ved takrennesystemer (flere inntak til samme overføringstunnel) er det viktig å være oppmerksom på at det kan være krevende hydraulikk.

Overføring ved pumping

Enkelte magasin får tilført eller fraført vann via pumper og pumpekraftverk. Disse kan forutsettes stengt både ved dimensjonerende flom og ved beregning av PMF eller $1,5 \times Q_{dim}$. Pumping inn i feltet, i kombinasjon med Q_{dim} , skal imidlertid regnes som en egen ulykkeshendelse i samsvar med § 5-3 c) der det er relevant.

4.4 Flomavledningsorgan

Damsikkerhetsforskriften § 5-7 sjuende ledd, tredje punktum:

Det tillates ikke å regne med flomavledning gjennom nåleløp, bjelkeløp, tappeløp, omløp og kraftstasjoner.

Man kan ikke nødvendigvis betrakte alle damluker som flomluker. Det tillates ikke å regne med nåleløp og bjelkeløp i flomavledning, da erfaring tilsier at de er vanskelige å manøvrere i en flomsituasjon. Det samme gjelder kraftverk, som kan være ute av drift på grunn av vedlikehold, havari eller liknende. Tappeløp og omløp kan også ha luker som ikke er pålitelige til flomavledning. I noen tilfeller er det for dårlig manøvreringssikkerhet, for eksempel kan det mangle fjernstyring og adkomsten kan være vanskelig, eller de benyttes så sjelden at det er usikkert om de kan åpnes. Det finnes tappeorganer (luker og ventiler) som ikke er dimensjonert for manøvrering ved HRV, og/eller som ikke er dimensjonert for flomavledning, hyppig manøvrering eller å stå i delvis åpen stilling.

Det kan under visse forutsetninger være mulig å få dispensasjon etter § 8-2 fra den generelle bestemmelsen i § 5-7 sjuende ledd. Intensjonen i denne bestemmelsen (og § 5-8 niende ledd) er å sørge for sikker flomavledning. Ved en søknad om dispensasjon må søker derfor dokumentere:

- at det er «forsvarlig ut fra en sikkerhetsmessig vurdering» å fravike bestemmelsen (jf. § 8-2)
- at fravikelsen ikke vil være i konflikt med relevante forskriftsbestemmelser
- og at det ikke medfører fare for brudd på gjeldende konsesjon

Det innebærer at de aktuelle lukene og lukeløpene må tilfredsstillende alle krav i § 5-8 og § 5-14 som gjelder for manøvrerbare løp og flomluker, og at manøvreringsreglementet gitt i konsesjonen må følges. For luker som skal regnes med i flomavledningskapasiteten må også konsekvensene ved funksjonssvikt utredes i samsvar med § 5-7 niende ledd (Tabell 5-7.1).

I en vurdering av konsekvensene ved funksjonssvikt vil dammens konsekvensklasse ha betydning. Manøvrerbare løp ved dammer i lav konsekvensklasse vil være lettere å få regnet med i den totale flomavledningen enn manøvrerbare løp ved dammer i høy konsekvensklasse. I en vurdering av hvilke manøvrerbare løp som kan tillates medregnet vil også dammens sårbarhet for skader forårsaket av langvarig og/eller stor overtopping bli vektlagt. I praksis betyr det at det vil være vanskeligere å få aksept for manøvrerbare løp ved fyllingsdammer og alle dammer som er fundamentert på løsmasser, enn for betongdammer fundamentert på fjell.

Relevante krav i § 5-14 gjelder blant annet manøvreringssikkerhet ved alle aktuelle driftsforhold og spesielle krav om funksjonssikkerhet ved valg av type og arrangement for tappeorgan i flomløp (§ 5-14 b)). I dette ligger at funksjonssikkerhet må vurderes under alle omstendigheter (for eksempel storm, flom og vinterforhold). Luker som forutsettes benyttet til flomavledning skal ellers være dimensjonert for gjentakende manøvrering i alle grensetilstandene som nevnes i damsikkerhetsforskriften § 5-14 tredje ledd.

4.5 Tilstopping

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 fjerde ledd, fjerde punktum:
Der det er aktuelt skal flomberegningene også omfatte beregninger av flomvannstander og avløpsflommer som følge av tilstopping av flomløp og manøvreringsvikt av flomluker.*

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 åttende ledd:
Ved fare for tilstopping skal det i bruddgrensetilstand regnes med minimum 25 % tilstopping i flomløpet ved avledning av Q_{dim} .*

Tilstopping inntreffer når ulike former for drivgods som fraktes med flomvannet blir liggende og blokkerer flomløp. Typiske former for drivgods er trær, flytetorv, is, snø og løse gjenstander som har vært lagret nært vassdraget. Dersom det er gjort tilstrekkelige tiltak for å stoppe drivgodset oppstrøms flomløpet, for eksempel utlegging av kraftige lenser, kan man se bort fra tilstopping.

I magasin hvor tilstopping av flomløp kan forekomme skal beregninger av avløpsflommer og flomvannstander gjøres for situasjoner både med og uten tilstopping ved Q_{dim} . Tilfellet med tilstopping er viktig for å bestemme laster mot dammen som følge av økt vanntrykk utover DFV, jf. damsikkerhetsforskriften § 5-3 b) (miljølast). I tillegg må flomavledningskapasiteten til hele flomløpet alltid kontrolleres for et tilfelle uten tilstopping av terskelen (ved Q_{dim}), jf. § 5-8, tredje ledd.

Tilstoppingsgraden skal vurderes ut fra potensiale for drivgods, drivgodsets størrelse og utforming, flomløpets evne til å avlede drivgodset videre og eventuelt avbøtende tiltak for å hindre tilstopping. Tilstoppingsgraden skal ikke settes lavere enn 25 % dersom tilstopping kan inntreffe. Tilløpsflommen (Q_{dim}) til magasinet som betraktes skal alltid beregnes uten tilstopping av oppstrøms flomløp.

Grad av tilstopping må vurderes individuelt for hver dam og blant annet baseres på driftserfaringer fra dameier og vurdering av potensielt drivgods. Tilstoppingsgraden bør avklares med NVE på forhånd.

Denne veilederen gir ikke detaljerte anbefalinger om metoder for vurdering av drivgodspotensial og fare for tilstopping, men det henvises til relevant litteratur. Tilstoppingsfare og -grad som følge av flytende trær kan beregnes i samsvar med kriteriene i SINTEFs rapport om tilstopping (SINTEF NHL, 1992), eller annen anerkjent faglitteratur, for eksempel ICOLD-bulletin 176 (ICOLD, 2021). En relevant metode for vurdering av potensial for drivgods og fare for tilstopping i norske vassdrag kan være den som er utviklet av Energiforsk i Sverige (Åstrand & Persson, 2017).

4.6 Lukesvikt

Damsikkerhetsforskriften § 5-7 niende ledd:

For dammer med n antall flomluker skal det ved avledning av Q_{dim} i ulykkesgrensetilstand regnes med funksjonssvikt på luker i henhold til etterfølgende tabell:

<i>Antall flomluker (n):</i>	<i>Full svikt på:</i>
1-3	én luke
4-6	to luker
$n \geq 7$	tre luker

For dammer med manøvrerbare flomluker skal det regnes med manøvreringssvikt i samsvar med tabell 5-7.1 i § 5-7. Manøvreringssvikt skal kombineres med dimensjonerende flom (Q_{dim}) og resulterende vannstand skal sammenliknes med MFV eller vannstander som følger av andre ulykkeshendelser. Hvis manøvreringssvikt i kombinasjon med Q_{dim} gir høyeste vannstand, skal denne legges til grunn ved kontroll av dammens sikkerhet i ulykkesgrensetilstand. Q_{dim} skal inkludere eventuell sikkerhetsmargin på tilløpsflommen (dersom denne er kjent) i samsvar med kapittel 5.1, men skal ikke kombineres med tilstopping.

Der det er flere luker med forskjellig avløpskapasitet, skal valg av sviktende luker i samsvar med tabell 5-7.1 som hovedregel være konservativt. Dersom det er ønskelig å regne svikt på andre luker enn de med størst avledningskapasitet, bør dette avklares med NVE på forhånd. Dette må begrunnes med en risikovurdering av luker og manøvreringssystemer eller liknende.

5 Evaluering av flomberegninger

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 fjerde ledd, femte og sjette punktum:
Flomberegninger skal inkludere en presentasjon av eventuelle observerte flommer i vassdraget for sammenlikning med beregnede flomverdier. Kvaliteten på datagrunnlaget skal beskrives.*

Alle flomberegninger er beheftet med usikkerheter i beregningsmetodikk, forutsetninger, datagrunnlag og alle valg som tas underveis. Det stilles derfor krav om å evaluere flomberegningene ved å sammenligne resultatene med eventuelle observerte flommer i vassdraget og ved å vurdere kvaliteten på datagrunnlaget.

Beregnete flomverdier bør stå i rimelig samsvar med observerte flommer. Ved sammenlikning med observerte flommer må man være oppmerksom på at det vil være usikkerhet og forekomme feil i observerte verdier, og at vannstander kan være oppgitt i forskjellige høydesystemer.

Beregnete dimensjonerende flommer bør sammenliknes med resultater fra andre relevante og tilgjengelige beregninger i vassdraget, for eksempel flomberegninger som er utført for flomsonekartlegging eller andre flomberegninger for dammer. Rapporter fra flomberegninger for flomsonekartlegging er tilgjengelige på [NVE Temakart](#). Flomberegninger for dammer skal normalt ikke gi lavere verdier enn flomberegninger for flomsonekartlegging dersom det er benyttet samme datagrunnlag, da forutsetningene er mer konservative ved beregninger for dammer enn for flomsonekartlegging. Det kan aksepteres mindre forskjeller i resultater, men det må da gis en forklaring på avvikene.

Metode for klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget er gitt i *Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022). Der er det også gitt henvisning til hvor man kan finne erfaringstall fra flomberegninger for forskjellige deler av Norge og for små felt.

5.1 Datagrunnlag og sikkerhetsmargin

*Damsikkerhetsforskriften § 5-4 annet ledd, andre setning:
Der datagrunnlaget for flomberegninger er mangelfullt, skal det tillegges en sikkerhetsmargin ved dimensjonering og kontroll av dam og flomløp.*

Usikkerhetene i det hydrologiske datagrunnlaget skal vurderes av fagansvarlig i samsvar med kriterier gitt i *Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022). Vurderingene skal oppsummeres i et forslag til flomberegningsklasse, som er et uttrykk for usikkerheten i det hydrologiske datagrunnlaget. Flomberegningsklassen og NVEs erfaring med flomberegninger fra samme område ligger normalt til grunn for NVEs vurdering av behov for sikkerhetsmargin på de beregnede flomverdiene. I de tilfellene NVE mener det er nødvendig å legge på en sikkerhetsmargin blir det som regel gitt vilkår om dette i vedtaksbrevet om godkjenning av flomberegningene. Normalt varierer sikkerhetsmarginen mellom 10 og 40 %.

Den ansvarlige kan selv bidra til å forbedre kvaliteten på data som legges til grunn i flomberegningen. Bedre datakvalitet kan føre til redusert sikkerhetspåslag. Eksempler på tiltak som kan forbedre datagrunnlaget:

- Etablere kvalitetssikrede tilsigsserier fortløpende eller før neste flomberegning
- Etablere vannføringsstasjoner i vassdraget dersom det mangler gode stasjoner
- Etablere en kalibrert hydrologisk modell for vassdraget

Mer informasjon om det hydrologiske datagrunnlaget finnes i *Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022).

5.2 Følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalyser er ikke et krav, men ved alltid å gjennomføre følsomhetsanalyser kan man få et bedre bilde av hvor mye usikkerhetene i flomberegninger kan påvirke dampsikkerheten. Følsomhetsanalyser gir innblikk i hvilke parametere som har størst betydning for resultatene og om beregningene er følsomme for endringer i forutsetninger.

NVE anbefaler derfor at dameier inkluderer følsomhetsanalyser i alle flomberegninger, uavhengig av kvalitet på datagrunnlag og forventede klimaendringer. Der det er store usikkerheter i hydrauliske forutsetninger og parametere er det også anbefalt å gjøre egne hydrauliske følsomhetsanalyser.

Ved alltid å gjøre følsomhetsanalyse av dimensjonerende tilløpsflommer vil man spare seg for ekstra-arbeid i tilfeller der NVE konkluderer med at flomberegningene er basert på usikkert hydrologisk datagrunnlag og det er behov for å legge på sikkerhetsmargin, jf. § 5-4 annet ledd (se kap. 5.1). Der største ulykkesflom er basert på dimensjonerende flom, for eksempel $1,5 \times Q_{dim}$, eller manøvreringssvikt av luke i kombinasjon med Q_{dim} , bør det også gjøres følsomhetsanalyse for ulykkesflommen.

Følsomhetsanalyser er beskrevet generelt i *Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022). Under er det gitt anbefalinger som gjelder flomberegninger for dammer spesielt.

Hydraulisk følsomhetsanalyse

Ved hydraulisk følsomhetsanalyse kan for eksempel effekten av endring i C-faktor, lukekoeffisienter, effektiv overløpslengde, areal og ruhet kontrolleres. Beregnet tilløpsflom til aktuelle magasin skal holdes konstant. Analysen vil klargjøre om det er behov for å hente inn mer nøyaktige data til beregningene, for eksempel oppmålinger, modellforsøk av flomløp med komplisert hydraulikk eller prøvetapping gjennom flomluker i kombinasjon med vannføringsmålinger. Det bør også gjøres en vurdering av nøyaktigheten til metoden som er benyttet i de hydrauliske beregningene (formelverk, modellforsøk osv.). En hydraulisk følsomhetsanalyse kan brukes til å vurdere både avløpsflom og flomvannstand.

Hydrologisk følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalyse utføres ved å øke tilløpsflommen med henholdsvis 10 %, 20 %, 30 % og 40 %, og beregne de tilhørende avløpsflommene og flomvannstandene.

Overføringer inn i feltet begrenses ofte av overføringskapasiteten, og utgjør også ofte en liten andel av total tilløpsflom til magasinet. Overføringer inn i feltet skaleres derfor normalt ikke. Dersom kapasiteten derimot ikke er begrensende, og overføringen utgjør en stor andel av tilløpsflommen, skaleres også overføringene.

For å ta hensyn til magasindemping i sammensatte felt, det vil si i felt der flere lokalfelt har magasin, må en skalere tilløpsflommene i lokalfeltene til hvert enkelt magasin og så rute disse nedover vassdraget. I sammensatte felt kan man alternativt benytte en forenklet metode ved å skalere avløpsflommen fra nærmeste oppstrøms magasin og tilløpsflommen fra magasinets lokalfelt.

5.3 Klimaendringer

NVE anbefaler at dameiere tar hensyn til framtidige klimaendringer ved planlegging av nye dammer og tiltak på eksisterende dammer. Økning på grunn av klimaendringer legges på dimensjonerende tilløpsflom og flommer som er basert på denne, for eksempel dimensjonerende flom i kombinasjon med lukesvikt (NVE, 2014).

Klimaendringer og klimatillegg er nærmere omtalt i *Veileder for flomberegninger* (NVE, 2022).

6 Dokumentasjon

Damsikkerhetsforskriften § 5-7 tredje ledd, første punktum:

Flomberegninger med nødvendige opplysninger og forutsetninger skal sendes NVE til godkjenning.

Damsikkerhetsforskriften § 5-7 annet ledd:

Flomberegninger skal utføres og kontrolleres av kvalifiserte fagpersoner innen fagområde IV, jf. § 3-5. Godkjent fagansvarlig, jf. § 3-7, skal enten utføre eller kontrollere flomberegningene. Det skal fremgå av flomberegningsrapporten hvem som har utført og hvem som har kontrollert beregningene.

Damsikkerhetsforskriften § 5-8 annet ledd:

Dimensjonering og revurdering av flomløp skal utføres av kvalifiserte fagpersoner innen fagområde V, jf. § 3-5. Både for dimensjonering og revurdering skal godkjent fagansvarlig, jf. § 3-7, enten utføre dimensjonering eller kontroll. Det skal fremgå av dokumentasjonen hvem som har utført og hvem som har kontrollert dimensjoneringen eller revurderingen.

NVE skal kontrollere og godkjenne alle flomberegninger i konsekvensklasse 1-4. Beregningene skal dokumenteres i en rapport der resultater, forutsetninger og underlag er presentert på en oversiktlig måte.

6.1 Flomberegningsrapport

Rapporten skal inneholde:

Innledning

- Navn på den ansvarlige for dammen(e)
- Navn på dam(mer) og vassdrag
- Navn og signatur på de kvalifiserte fagpersonene og godkjente fagansvarlige i fagområde IV, og eventuelt fagområde V, som har utført og kontrollert rapporten
- Dato ferdigstilt rapport
- Sammendrag i samsvar med kapittel 6.2

Hoveddel

- Kart over området med beliggenhet av dammer og eventuelle overføringer
- Beskrivelse av felt- og modellparametere, reguleringsystemet med dammer, flomløp og overføringer
- Konsekvensklasser for dammene
- Beskrivelse og hoveddimensjoner for dammer, flomløp og overføringer med bildedokumentasjon
- Benyttet høydegrunnlag
- Avløpskurver med tilhørende parametere, og resultater og forutsetninger fra eventuelle hydrauliske modellforsøk eller prøvetapping
- Øvrig dokumentasjon på forutsetninger, beregninger og vurderinger av valg som følger av kapittel 4
- Begrunnede valg og vurderinger som følger av kapittel 5, inkludert sammenlikninger med observerte flomverdier. Resultater fra følsomhetsanalyser bør også presenteres.
- Begrunnede valg og vurderinger i forbindelse med de hydrologiske beregningene, herunder:
 - informasjon om det hydrologiske datagrunnlaget (vurdering av målestasjoner og tilsigsserier)
 - beskrivelse av benyttet beregningsmetodikk for tilløpsflommer (frekvensanalyser, nedbør-avløpsmodell)
- Resultattabeller for dimensjonerende flom og ulykkesflom med tilhørende vannstander, med og uten tilstopping. Tabellene bør også vise hydrologisk følsomhetsanalyse for tilløps- og avløpsflommer og vannstander.
- Størrelsen på lokale og totale tilløpsflommer beregnet som middelvei over 24 timer og ev. middelvei over flere døgn dersom flomvolum ved lengre varighet er dimensjonerende. Tallene bør oppgis med absolutte og spesifikke verdier. Spesifikk flom angis i l/s/km².

- Målsatte og oppdaterte tegninger av relevante konstruksjoner og vannveier for kontroll av kapasiteter til flomløp, tappearrangementer og overføringer. Benyttet høydegrunnlag, og eventuell sammenheng mellom lokale og gjeldende nasjonale høydegrunnlag, må oppgis på tegningene.

Vedlegg

- Bildedokumentasjon av dammer, flomløp og essensielle detaljer og konstruksjoner
- Dokumentasjon av flomforløp som viser tilløpsflom, bidrag fra overføringer, og resulterende avløpsflom og flomvannstand. Ved bruk av nedbør-avløpsmodell skal data for nedbør og snøsmelting være inkludert. Verdiene skal presenteres grafisk og i tabellform med tidsoppløsning på maksimum 6 timer.
- Annet relevant underlag for hydrologiske og hydrauliske beregninger, som for eksempel flomfrekvensanalyser, nedbør- og snødata og dokumentasjon av avløpskurve

Alle valg som kan påvirke flomstørrelsen skal dokumenteres og begrunnes faglig, med referanse til damsikkerhetsforskriften.

6.2 Krav til sammendraget

Sammendraget til flomberegningsrapporten skal minimum inneholde all relevant informasjon fra dette kapitlet for de dammene som er omfattet av flomberegningene. Informasjonen skal presenteres oversiktlig, men trenger ikke følge oppsettet under.

Rapporter som omhandler flere dammer kan presentere resultatene og de viktigste forutsetningene i sammendraget, og legge den øvrige informasjonen som vedlegg til rapporten.

Generelle data

HRV/Normalvannstand
Høydesystem	NN1954 <input type="checkbox"/> NN2000 <input type="checkbox"/> Annet <input type="checkbox"/>

Dimensjonerende flom

Q_{dim}	Q ₁₀₀₀ <input type="checkbox"/> Q ₅₀₀ <input type="checkbox"/>
Tilstoppingsgrad%
Modell tilløpsdata	Flomfrekvensanalyse <input type="checkbox"/> Nedbør-avløpsmodell <input type="checkbox"/> Annen <input type="checkbox"/>
Flomberegningsklasse (kvalitet datagrunnlag)	1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/>
Klimatillegg	0 % <input type="checkbox"/> 20 % <input type="checkbox"/> 40 % <input type="checkbox"/>

Ulykkesflom

Valgt ulykkesflom	PMF <input type="checkbox"/> $1,5Q_{dim}$ <input type="checkbox"/> Lukesvikt og Q_{dim} <input type="checkbox"/> Annet tilfelle <input type="checkbox"/>
Modell tilløpsdata	Flomfrekvensanalyse <input type="checkbox"/> Nedbør-avløpsmodell <input type="checkbox"/> Annen <input type="checkbox"/>

Dammer tilknyttet magasinet

Damnavn	ID	Konsekvensklasse	Kommune og fylke

Resultattabell

	Tilløpsflom	Avløpsflom	Vannstand	Vannstand over HRV	Ev. overtopping
Q_m		-	-	-	-
Q_{500}					
Q_{dim}					
Q_{dim} m/tilstopping					
Ulykkesflom*					
Q_{1000}					
Q_{dim}					
Q_{dim} m/tilstopping					
Ulykkesflom*					

Tabellen bør inkludere en eventuell NVE-pålagt sikkerhetsmargin ved innsendelse av reviderte flomberegninger.

Flomstørrelsene skal oppgis som kulminasjonsverdier.

* Ulykkesflommen bør spesifiseres, f.eks. « $1,5Q_{1000}$ »

7 Referanser

[ICOLD, 2021. Blockage of spillways and outlet works. ICOLD-bulletin 176, preprint.](#)

[Lawrence, D. & Hisdal, H., 2011. Hydrological projections for floods in Norway under a future climate. NVE report 5-2011.](#)

[Lawrence, D., 2016. Klimaendringer og framtidige flommer i Norge. NVE rapport 81-2016.](#)

[NVE, 1981. Forskrifter for dammer. Universitetsforlaget, Oslo.](#)

[NVE, 2011. Retningslinjer for flomberegninger. NVE retningslinjer 4-2011.](#)

[NVE, 2014. Klimaendring og damsikkerhet: en pilotstudie av 24 dammer. NVE-rapport 89-2014](#)

[NVE, 2018. Veileder for revurdering av vassdragsanlegg. NVE-veileder 1-2018.](#)

[NVE, 2022. Veileder for flomberegninger. NVE-veileder 1-2022.](#)

[OED, 2009. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg \(damsikkerhetsforskriften\). FOR-2009-12-18-1600.](#)

[SINTEF NHL, 1992. Prosjekt damsikkerhet: Tilstopping av flomløp.](#)

[Åstrand, S. og Persson, F., 2017. Metod för analys och hantering av drivgods. Energiforsk rapport 2017:446.](#)



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNS GATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no