RAPPORT

Nr. 17/2021

Klimaendringer og damsikkerhet

Analyse av dammers sårbarhet for økte flommer 2021

Grethe Holm Midttømme, Lars Amdahl, Håkon Haugsrud

NVE Rapport nr. 17/2021
Klimaendringer og damsikkerhet : analyse av dammers sårbarhet for økte flommer 2021

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Grethe Holm Midttømme, Lars Amdahl, Håkon Haugsrud

Forsidefotograf: Rune Engesæter

ISBN: 978-82-410-2124-4

ISSN: 1501-2832

Saksnummer: 201306643

Sammendrag: Rapporten er en oppdatering av en nasjonal analyse av dammers sårbarhet for økte flommer, som første gang ble utført i 2015 (NVE-rapport 94/2015). Siden 2015 er det lagd nye klimafremskrivninger som tilsier at flere områder av Norge kan forvente økte flommer. I tillegg er analysegrunnlaget utvidet til å omfatte dammer i konsekvensklasse 2, 3 og 4, mens analysen i 2015 bare omfattet dammer i konsekvensklasse 3 og 4. Denne siste analysen viser at 625 (45 %) dammer i de høyeste konsekvensklassene (2, 3 og 4) kan være sårbare for økte flommer pga. beliggenhet, damtype, flomløpstype eller fundament. NVE vil bruke resultatene som grunnlag for sitt tilsyn med damsikkerheten, og for å gi best mulig råd og veiledning til eierne om klimatilpasning.

Emneord: Klima, damsikkerhet, dimensjonerende flom, analyse, sårbarhet, flom, flomavledning

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

april, 2021

Innhold

Forord **3**
Sammendrag **4**
1 Innledning **5**
2 Hva er nytt siden 2015 ..... **6**
3 Kartlegging av utsatte dammer **8**
3.1 Usikkerhet i utvalget 9
4 Analyse av sårbarhet **9**
4.1 Valg av parametere og kriterier for sårbarhet 9
4.2 Usikkerhet i valgte parametere 11
5 Resultater **12**
6 Videre arbeid **14**
7 Referanser **15**

Forord

NVE fører tilsyn med at eiere av landets omtrent 6500 dammer og andre vassdragsanlegg ivaretar det ansvaret de har for å være forberedt på unormale hendelser. For å ivareta dette tilsynsansvaret på en best mulig måte bruker NVE risiko- og sårbarhetsvurderinger av landets vassdragsanlegg som grunnlag for å prioritere oppfølgingen av sikkerheten. Denne rapporten omhandler bruken av risiko- og sårbarhetsanalyser for å sikre at NVE prioriterer riktig ved oppfølging av dammer som kan være sårbare for fremtidige klimaendringer i form av økte flommer. Rapporten gir en oppdatering av en tilsvarende analyse som ble utført i 2015, den gang med grunnlag i dammer som var plassert i konsekvensklasse 3 og 4. I denne analysen fra 2021 er også dammer i konsekvensklasse 2 inkludert i analysegrunnlaget.

Det er viktig å merke seg at sårbarhet for økte flommer ikke er ensbetydende med at dammer har dårlig sikkerhet. Norske dammer har generelt god sikkerhet mot naturgitte laster og andre påkjenninger, men utsikter til økte flommer i fremtiden må følges opp slik at sikkerheten ikke svekkes. En porteføljeanalyse av dammene med de høyeste bruddkonsekvensene og størst sårbarhet, som er presentert her, vil bidra til at NVE kan prioritere de vassdragsanleggene som har høyest risiko. I tillegg vil resultatene fra analysen også være til nytte i NVEs generelle vurderinger av behov for klimatilpasning av vassdragsanlegg.

Datagrunnlaget som er brukt i analysen er bearbeidet av Dag Lindland og Julio Pereira Sepulveda.

Oslo, april 2021

Ingunn Åsgard Bendiksen

Ingunn Åsgard Bendiksen

direktør tilsyn og beredskapsavdelingen

Sammendrag

Alle dammer dimensjoneres for å tåle store flommer. Beregningene av de dimensjonerende flommene baseres på historiske data. Studier av klimaendringer viser imidlertid at store deler av Norge vil oppleve en økning i flommer i fremtiden. Dette gjelder for alle flomstørrelser opp til Q1000 som er dimensjonerende flom for dammer i konsekvensklasse 2, 3 og 4. Noen dammer vil tåle økninger i flommer, typisk betongdammer fundamentert på godt fjell, mens andre dammer vil være sårbare for økte flommer. Sårbarhet for økte flommer skyldes primært en kombinasjon av dammens beliggenhet, damtypen, fundamentforhold og type flomløp (system for flomavledning). Dammenes tilstand vil også være en viktig faktor.

En kartlegging og analyse av hvilke norske dammer som er mest sårbare for økte flommer utført i 2015 er oppdatert og utvidet i 2021. Analysen gir NVE et grunnlag for å prioritere tilsynet med dameierne og vassdragsanleggene, og for å gi råd og veiledning om hvordan eierne skal forholde seg til kommende klimaendringer ved behov for å gjøre tiltak på eksisterende dammer eller bygging av nye dammer. Ordningen med jevnlige revurderinger (sikkerhetsvurderinger) av dammer, inkludert revisjon av flomberegninger, gir også et godt grunnlag for å opprettholde damsikkerheten på et ønsket nivå.

I 2015 viste NVEs analyser at 39% (173) av alle dammene som den gang var registrert i klasse 3 og 4 kunne være sårbare for økte flommer. Antallet dammer i konsekvensklasse 3 og 4 var 445 i 2015. Det har skjedd noen mindre endringer i hvilke vassdrag/nedbørfelt som forventes å få en økning i fremtidige flommer, men den største endringen er at NVE har fått registrert flere dammer i klasse 3 og 4, hovedsakelig fordi dammer er omklassifisert. Antallet dammer i klasse 3 og 4 har økt til 565 i 2020, og ny analyse viser at 45 % (256) av disse kan være sårbare for økte flommer. Mange av de nyregistrerte dammene er sårbare for klimaendringer, og dammer som ikke var vurdert som sårbare i 2015 har blitt regnet med i denne omgang fordi klimafremskrivingene for landets regioner er litt endret siden 2015.

Analysegrunnlaget er utvidet til å omfatte også dammer i klasse 2. Det samlede antallet dammer i analysegrunnlaget er dermed økt fra 445 i 2015 til 1400 i 2020. Totalt for alle konsekvensklassene (2, 3 og 4), er 625 (45%) av dammene sårbare for økte flommer i varierende grad. I samsvar med NVEs strategi 2017-2021 vil NVE fokusere spesielt på disse dammene ved gjennomgang av flomberegninger og revurderinger/tekniske planer, for eksisterende så vel som for bygging av nye dammer.

1 Innledning

I samsvar med NVEs strategi for 2017-2021, hovedmål 1, skal NVE kartlegge konsekvenser av klimaendringer for sine ansvarsområder. Ett ansvarsområde er å føre tilsyn med at eiere av vassdragsanlegg ivaretar sine forpliktelser for sikkerhet og beredskap. Videre skal NVE identifisere behov og være pådriver for at det gjøres klimatilpasning på sine forvaltningsområder (fokusområde 1 – klima) og følge opp klimautsatte dammer (fokusområde 2 - samfunnssikkerhet). For å oppnå dette må NVE ha oversikt over hvilke vassdragsanlegg som vil være mest utsatt for klimaendringer, og ha en risikobasert tilnærming slik at det er mulig å prioritere riktig.

Damsikkerheten er blant annet avhengig av hvilke flommer dammene er dimensjonert for å tåle. For dammer som ved brudd kan medføre fare for skade på mennesker, miljø og eiendom, benyttes 500- og 1000-årsflommer (Q_{500} og Q_{1000}) som dimensjonerende flommer (NVE, 2011a). Det betyr at dammene skal tåle den vannmengden en slik flom vil medføre uten at det oppstår skade på damanleggene og tilhørende konstruksjoner. Beregningene av de dimensjonerende flommene baseres på historiske data. Studier av klimaendringer viser imidlertid at store deler av Norge vil oppleve en økning i flommer i fremtiden (NVE, 2016). Dette gjelder for alle flomstørrelser opp til Q_{1000} som er dimensjonerende flom for dammer i konsekvensklasse 2, 3 og 4.

Mange av de norske dammene ligger i områder der det er forventet at klimaendringer vil føre til større flommer i fremtiden, og for en del av disse vil en økning av flommer kunne bety at damsikkerheten blir redusert i en periode. De dammene som har størst bruddkonsekvenser må alltid prioriteres, og særskilt de dammene som har de største sikkerhetsmessige utfordringene i et fremtidig klima. I 2015 ble det derfor gjort en kartlegging av dammer i konsekvensklasse 3 og 4 som ligger i områder med forventet økning i flommer, og en analyse av hvor mange, og hvilke, av disse dammene som kan være spesielt sårbare for økte flommer (NVE, 2015).

En ny analyse er ferdigstilt i 2021 og er presentert her. Analysen gir NVE et grunnlag for å prioritere tilsynet med dameierne og vassdragsanleggene, og for å gi råd og veiledning om hvordan eierne skal forholde seg til kommende klimaendringer ved behov for å gjøre tiltak på eksisterende dammer eller bygging av nye dammer. Ordningen med jevnlige revurderinger (sikkerhetsvurderinger) av dammer, inkludert revisjon av flomberegninger, gir også et godt grunnlag for å opprettholde damsikkerheten på et ønsket nivå.

2 Hva er nytt siden 2015

Årsaken til at det er gjort ny kartlegging og analyse er både at antallet registrerte dammer har økt totalt, at antallet dammer i konsekvensklasse 3 og 4 har økt og at det har skjedd endringer i klimafremskrivingene fra 2011 til 2016 som kan bety at flere dammer ligger i områder med forventede økninger i flommer. Videre var det ønskelig å få med dammer i konsekvensklasse 2 i denne nye analysen.

I damdatabasen SIV, som er den nasjonale databasen over vassdragsanlegg, er det pr. februar 2021 registrert totalt 6489 vassdragsanlegg, hvorav 4426 er dammer. I 2015 var det registrert totalt 4750 vassdragsanlegg. Endringer i antall registrerte vassdragsanlegg skyldes fortløpende oppdatering av den nasjonale databasen (SIV). Mange eksisterende vassdragsanlegg som ikke har vært registrert tidligere har blitt registrert og klassifisert, og det har vært noe nybygging. I 2015 omfattet analysegrunnlaget 445 dammer i konsekvensklasse 3 og 4. I denne omgangen har antallet registrerte dammer i klasse 3 og 4 økt til 565. Dammer i konsekvensklasse 2 er også inkludert, som medfører at totalt 1400 dammer er inkludert i grunnlaget for denne nye analysen.

I 2015 ble NVE-report 5-2011, Hydrological projections for floods in Norway under a future climate (NVE, 2011b) brukt som grunnlag for å kartlegge dammer som kunne være sårbare for økte flommer. Rapporten ga både en oversikt over hvilke vassdrag som vil være utsatt for økte flommer i fremtiden, hvor stor økning man kunne forvente, og anbefalinger om hvor stort klimapåslag man burde benytte ved sikkerhetsvurderinger og oppgraderinger av dammer i de aktuelle vassdragene. Rapporten ble senere erstattet av NVE-rapport 81-2016, der oppdaterte klimafremskrivinger for Norge var lagt til grunn (NVE, 2016). Estimerte økninger i flommer fra 2011- og 2016-rapportene er vist i fig. 2.1.

Både 2011-rapporten og 2016-rapporten viser at snøsmelteflommene vil bli mindre fremover, særlig i de store vassdragene. I områder hvor årets største flom i dag er en regnflom, vil flommene bli større. Stigende temperatur fører dessuten til at snøsmelteflommene om våren vil komme stadig tidligere, mens flomfaren sent på høsten og om vinteren vil øke. Sammenlikninger mellom 2011- og 2016-rapporten viser ellers at det er relativt små avvik for de fleste nedbørfelt, som vist i figur 2.2, men med noen unntak. Rapporten fra 2016 viser blant annet mulige økninger i noen høytliggende nedbørfelt på Østlandet og noen steder i Sør-Trøndelag som ikke ble vist i 2011-rapporten. Dette kan bety at flere dammer er inkludert i analysegrunnlaget denne gangen sammenliknet med 2015-analysen, ved at området med forventet økning i flommer er noe utvidet. Noen nedbørfelt viser også større økning i 2016-fremskrivingene enn i 2011-fremskrivingene. Disse nedbørfeltene ligger på begge sider av vannskillet langs fylkesgrensene mellom Sogn og Fjordane, Oppland, Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag.

Klimaendringer kan medføre endringer i andre belastninger enn regn- og smelteflommer, f.eks. islast, jøkulhlaup og bølger fra skred i magasin. Effekten av klimaendringer på andre lastsituasjoner, er ikke tatt med verken i 2015 eller i denne analysen.

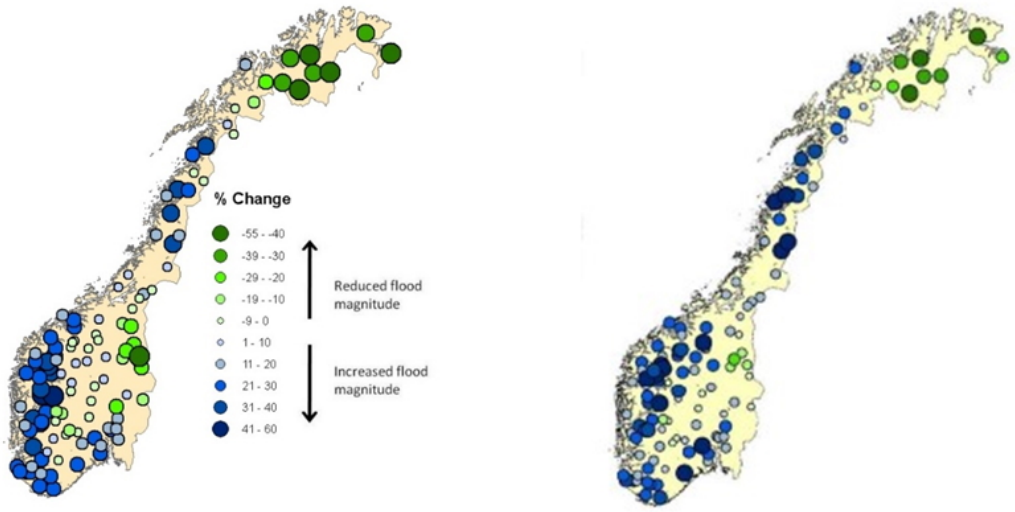
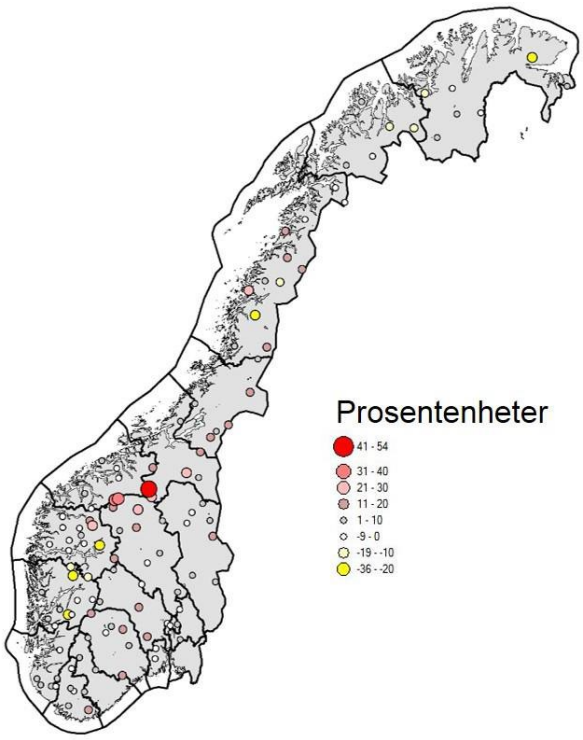


Fig. 2.1 Forventede endringer i 1000-års flommen (Q1000) fra referanseperioden 1971-2000 til år 2071-2100. Kartet til venstre viser forventede endringer fra NVE-report 5-2011 (NVE, 2011b). Kartet til høyre viser de forventede endringene fra NVE-rapport 81-2016 (NVE, 2016).



Figur 2.2 Endringer i flomstørrelser fra NVE-report 5/2011 til NVE-rapport 81/2016 (NVE, 2016). Kartet viser endringer for Q200, men er også representativt for Q1000.

3 Kartlegging av utsatte dammer

Totalt var det registrert 1400 dammer i konsekvensklasse 2, 3 og 4, i 2020, da arbeidet med kartleggingen startet. For å identifisere dammer som ligger i områder der det forventes økte flomstørrelser fremover, ble det tatt utgangspunkt i NVE-rapport 81-2016, se fig 2.1 (kart til høyre). Litt forenklet gir rapporten følgende anbefalinger om hvilke områder man må regne med vil få økte flommer:

- alle små nedbørfelt (mindre enn 100 km^2)
- alle kystnære områder (< 100 km fra kysten)
- store nedbørfelt (større enn 100 km^2) i Nordland, Møre og Romsdal, Vestland, Rogaland og Agder.

Noen områder må imidlertid vurderes spesielt. En mer detaljert beskrivelse av hvilke områder som forventes å få økte flommer er gitt i kap. 6 i rapport 81-2016. Basert på denne informasjonen har NVE kartlagt alle dammer i konsekvensklasse 2, 3 og 4 som befinner seg i disse områdene. Antallet ble 1185 dammer, dvs. 85% av dammene i konsekvensklasse 2, 3 og 4 ligger i områder som kan få økte flommer.

For å redusere antallet dammer mest mulig før analysen startet, ble alle betongdammer og tredammer som er fundamentert på fjell fjernet fra utvalget, da de anses å tåle økte flommer uten at det vil utgjøre en stor sikkerhetsrisiko. Dette er nærmere forklart i kapittel 4.1. Det endelige utvalget ble da på 625 (45%) dammer i konsekvensklasse 2, 3 og 4 som kan være sårbare for økte flommer i fremtiden, med en fordeling pr. klasse som vist i figur 3.1. I konsekvensklasse 3 og 4 er 256 av totalt 565 dammer i hele Norge (45%) potensielt sårbare for økte flommer.

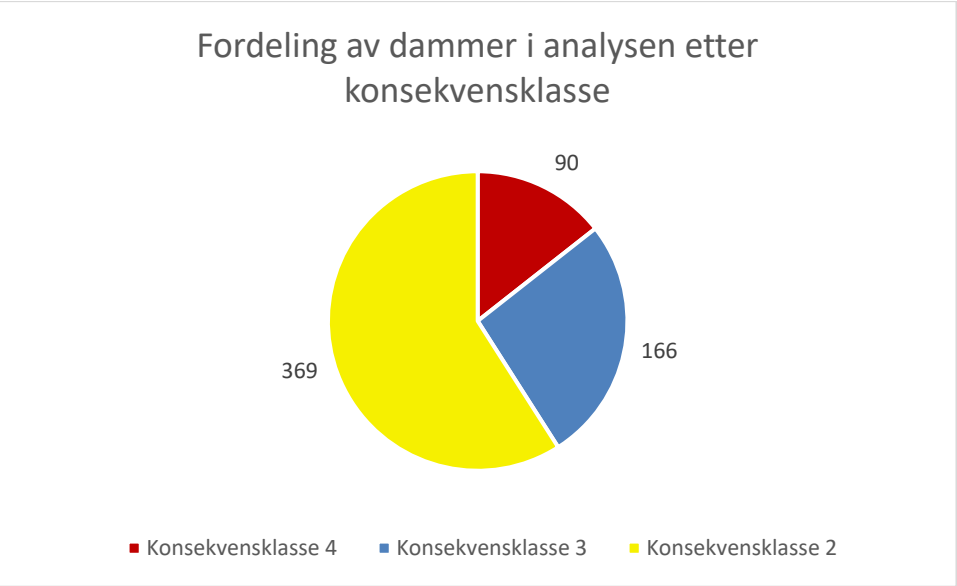


Fig. 3.1 Mulige sårbare dammer som ligger i områder med forventet økning i dimensjonerende flommer (625 totalt), fordelt på konsekvensklasser.

3.1 Usikkerhet i utvalget

Kartleggingen og utvelgelsen av dammer for videre analyse baserer seg på regionale hydrologiske fremskrivinger for flom i Norge (NVE, 2016). Hvorvidt det faktisk er fare for økte flommer, og eventuelt hvor stor økning som må forventes, ved en gitt dam, er ikke mulig å angi helt presist.

Det er vanskelig å angi graden av usikkerhet i utvelgelsen av dammer som er tatt med i videre analyse, men årsakene til usikkerheten ligger blant annet i:

- nedskaleringen av klimafremskrivingene fra FNs klimapanel (IPCC) fra globale til regionale modeller,
- estimering av virkninger på flommer i Norge (valg av klimascenario, usikkerheter i hydrologiske modeller mv),
- regionale variasjoner i forventede endringer i flommer (disse er ikke hensyntatt i analysen),
- geografiske kriterier for utvelgelse av dammer, spesielt for kartlegging av dammer som ligger i kystnære felt.

En nærmere omtale av hvordan fremtidige endringer i flommer i Norge er beregnet, som grunnlag for de regionale anbefalingene, er gitt i (NVE, 2016).

4 Analyse av sårbarhet

Sårbarhet kan generelt defineres som: *manglende evne til å motstå virkninger av en uønsket hendelse*. I denne sammenheng er det definert som: *manglende evne til å motstå virkninger av økte flommer pga. klimaendringer*, dvs. fare for at sikkerheten kan bli svekket som følge av økte flommer i et fremtidig klima.

De kartlagte dammene, som ligger i områder der det kan ventes økte flommer, ble tillagt data fra SIV-databasen, slik at det lot seg gjøre å gjennomføre en analyse av sårbarhet.

4.1 Valg av parametere og kriterier for sårbarhet

Valg av parametere og kriterier for å analysere sårbarhet ble nøye vurdert i 2015. Det er brukt samme tilnærming i denne analysen. Med utgangspunkt i de data som er registrert i databasen SIV, er det gjort en vurdering av hvilke parametere som i størst grad påvirker sårbarhet for økte flommer. Relevante data for videre analyse er først og fremst konsekvensklasse, damtype, fundament, flomløpstype, og byggeår/fornyelsesår. Disse dataene er derfor hentet fra databasen SIV, og er brukt i analysen.

I SIV er dammene delt inn i følgende damtyper; betongdammer, jord- og steinfyllingsdammer, murdammer og tredammer. Betongdammer er generelt lite sårbare for økte flommer, i motsetning til fyllingsdammer og mange murdammer som kan få store skader dersom de f.eks. overtoppes. Siden analysen er utvidet til dammer i konsekvensklasse 2, har vi fått med en damtype som ikke var representert i 2015: tredammer. Det er noe usikkert om tredammer vil være sårbare for økte flommer, men NVE har lagt til grunn at de generelt vil være mindre sårbare enn fyllingsdammer og murdammer, og vurdert dem på lik linje med betongdammer.

Registrerte fundamenttyper i SIV, er enten berg, løsmasse eller en kombinasjon av disse. Dammer som er fundamentert på løsmasse (alle damtyper) er vurdert som sårbare for eventuell overtopping som skyldes økning i flomverdier, da løsmassefundamenter generelt kan bli utsatt for erosjonsskader. Informasjon om fundamentets beskaffenhet er ikke tilgjengelig i NVEs database (SIV) og kan derfor ikke inkluderes i analysen. Det er antatt at de fleste fjellfundamenter (berg) er av god kvalitet. Betongdammer på fjell er, som i 2015, derfor ikke inkludert i videre analyse, mens betongdammer på løsmasse (helt eller delvis) er inkludert.

Betongdam på fjell, Sarvsfossen. Foto: Rolf. M. Krogh (NVE)

Visse typer flomløp tåler bare begrensede økninger i flomstørrelser før vannstandsstigningen og damsikkerheten blir sterkt påvirket. Dette gjelder spesielt lukkede flomløp. Flomløp med luker (manøvrerbare løp) kan i tillegg få driftsproblemer og dermed bli mindre pålitelige.

Byggeår/fornyelsesår kan ha betydning for dammenes konstruktive sikkerhet. For fyllingsdammer kan det være avgjørende om dammene er bygd i henhold til den standarden som ble innført på slutten av 1970-tallet (ca. 1978) og som ble stilt som krav i *Forskrifter for dammer* fra 1981 (NVE, 1981). For jord- og steinfyllingsdammer er grenseverdi for byggeår derfor satt til 1978. Byggeår er bare vektlagt for fyllingsdammer, da de største endringene i krav til utforming gjaldt for denne damtypen. Der det er registrert at dammer er fornyet i nyere tid er dette tatt hensyn til. Dammens alder blir da ikke vektlagt.

Oppsummert er følgende parametere tillagt vekt ved vurdering av sårbarhet:

1. Damtype (hovedtype): alle steinfyllings-, jord- og murdammer (uavhengig av fundamenttype)
2. Fundament: løsmasse eller kombinasjon berg/løsmasse (uavhengig av damtype)
3. Flomløpstype: manøvrerbare flomløp og flomløp med lukket avløp
4. Byggeår/fornyelsesår: fyllingsdammer bygget før 1978, ikke fornyet etter 1978

Damtype «jorddam» og flomløpstype «lukket avløp» indikerer høyere sårbarhet for økte flommer enn de øvrige parameterne. «Jorddam» og «lukket avløp» gis derfor verdien 2, mens de øvrige parameterne gis verdien 1. Samlet sårbarhet uttrykkes helt enkelt ved summen av alle parametere som indikerer sårbarhet (per dam).

Manøvrerbart flomløp, Hogga dam (til venstre). Lukket flomløp, Vasslivatn dam (til høyre). Foto: Rune Engesæter (NVE)

4.2 Usikkerhet i valgte parametere

Datagrunnlaget for analysen er hentet fra NVEs database SIV. Denne databasen er bygd opp over flere tiår og inneholder data for omtrent 6500 eksisterende vassdragsanlegg. I 2015 ble det gjort en innsats for å redusere usikkerhetene i analysen til et minimum. Det ble i den forbindelse gjort en manuell kontroll og korreksjon av registreringene i SIV for dammer i konsekvensklasse 3 og 4, spesielt av flomløpsdataene. I tillegg ble det hentet inn manglende data fra dameierne. I årene etter 2015 har det vært fokus på generell datakvalitet i databasen SIV. Datakvaliteten antas derfor å være bra både for de nye dammene som er registrert i konsekvensklasse 3 og 4 etter 2015, og også for dammene i konsekvensklasse 2. Det kan fortsatt forekomme enkelte feilregistreringer i SIV som innvirker på kartleggingen og analysen, men det er rimelig å anta at antall feil i det endelige datagrunnlaget er relativt få og at kvaliteten på dataene i denne analysen er bedre enn i 2015.

Data om flomløpstype (fast eller manøvrerbart overløp, lukket/åpent avløp) er vanskelig å hente ut direkte. Det er spesielt utfordrende å finne flomløpsdata der flomløpet er adskilt fra den aktuelle dammen, fordi det mangler kobling til det tilhørende flomløpet i databasen. Det må gjøres en del manuell bearbeiding av flomløpsdata for å sikre riktige data til de respektive dammene rundt et magasin.

Dammens byggeår kan gi en indikasjon på den konstruktive sikkerheten. Det er 44 dammer som er registrert med ukjent byggeår, men stikkprøver og vurderinger av hva slags damtyper det gjelder indikerer at opprinnelig byggeår ofte er i første halvdel av 1900-tallet eller tidligere. Stikkprøver viser ellers at det kan være en del dammer som ikke er registrert med fornyelsesdato, dvs. at de er fornyet, men uten at det er registrert. Noen dammer kan derfor være i bedre stand enn det som er antatt med grunnlag i opprinnelig byggeår. Det kan også være tilfeller der det «feilaktig» er registrert fornyelsesdato etter 1978, dvs. at det kan være registrert fornyelsesdato på dammer der det er gjort mindre tiltak, og ikke fullstendig oppgradering til dagens standard. Det har ikke vært mulig å kontrollere og eventuelt korrigere manglende/feilaktige data for fornyelse for hele utvalget av dammer.

Noen fundamenter av berg kan være dårligere enn antatt, og dermed være sårbare for økte flommer, men dette har ikke vært mulig å ta hensyn til. Det antas at dette gjelder et begrenset antall dammer og at disse vil bli fanget opp ved revurderinger i fremtiden. Vi har derfor holdt på samme tilnærming som i 2015 med å anta at fundamenttype berg ikke indikerer sårbarhet for økte flommer, med den usikkerheten dette innebærer.

5 Resultater

Basert på kriteriene som er beskrevet i kapittel 4, kan 625 (45 %) av dammene i konsekvensklasse 2, 3 og 4 være sårbare for økte flommer i fremtiden pga. beliggenhet. For dammer i konsekvensklasse 3 og 4 (565 dammer totalt), viser kartleggingen fra 2021 at 256 dammer (45%) kan være sårbare for økte flommer. I 2015 var 173 dammer, dvs. 39 %, av dammene i klasse 3 og 4 vurdert som sårbare. Økningen skyldes både at det er registrert flere dammer i klasse 3 og 4 nå enn i 2015, og at områdene der man forventer økninger i flommer har blitt noe utvidet siden 2015 som resultat av oppdaterte klimafremskrivinger (NVE, 2016).

Utvalget av dammer (625 dammer i klasse 2, 3 og 4) er analysert gjennom en enkel grovanalyse med vekting av flere parametere som angir sårbarhet for økte flommer, jf. kap. 4.1. Grovanalysen viser at 9 av dammene peker seg ut som ekstra sårbare med totalt 5-7 poeng. Alle 9 er fyllingsdammer fundamentert helt eller delvis på løsmasse og med lukket flomløp. Noen få er fornyet etter 1978, men de fleste er eldre dammer som ikke er fornyet. Dammene er plassert i konsekvensklasse 2 og 4. Analysen viser videre at 38 dammer (fordelt på konsekvensklasse 2, 3 og 4) får 4 poeng. Disse er også alle fyllingsdammer, og de fleste fundamentert helt eller delvis på løsmasse, men med mer variasjon i flomløpstyper og byggeår/fornyelsesår.

Poeng	Totalt antall	Kkl. 4	Kkl. 3	Kkl. 2
7	1	1		
6	1			1
5	7	4		3
4	38	7	7	24
3	95	22	37	36
2	169	24	47	98
1	314	32	75	207

Tabell 5.1 Sortering av antall dammer etter sårbarhet.

Totalt er det 115 fyllingsdammer (konsekvensklasse 2-4) som er bygd før 1978, og som ikke er fornyet. I forrige analyse, som bare omfattet konsekvensklasse 3 og 4, var det 42 eldre jord- og steinfyllingsdammer som ikke var fornyet. Siden den gang (2015) har antallet dammer i konsekvensklasse 3 og 4 økt. Så selv om mange er fornyet (ca. 20 jord- og steinfyllingsdammer i perioden 2015-2020), er det fortsatt 38 jord- og steinfyllingsdammer i konsekvensklasse 3 og 4 som er bygd før 1978 og ikke er fornyet. Det er også verdt å merke seg at 26 av dammene i utvalget er jordfyllingsdammer, bygd før 1978 og ikke fornyet etter at *Forskrifter for dammer* ble gjort gjeldende i 1981. Flere av disse dammene har lukket flomløp.

Steinfyllingsdam bygd 1970, Follsjø dam. Foto: Rune Engesæter

Analysen er utført som en portefølje-analyse på en stor gruppe dammer. Dette innebærer en del begrensinger med hensyn til detaljeringsnivå og muligheter for feil i datagrunnlaget. Usikkerheter i analysen som kan påvirke resultatene er omtalt i kapittel 3.1 og 4.2.

Oppsummert betyr dette at resultatene må brukes med varsomhet, men NVE mener likevel at analysen gir en god indikasjon på hvor mange dammer som er sårbare for økte flommer i fremtiden, som vist i tabell 5.1.

6 Videre arbeid

NVE anbefaler allerede dameiere å ta høyde for fremtidige klimaendringer ved nybygging, ombygging eller rehabilitering av dammer (NVE, 2021). Siden dammer er infrastruktur med svært lange levetid, bør eierne velge klimarobuste tiltak, spesielt der det er snakk om å gjøre store investeringer. Dette er også i samsvar med anbefalinger fra ICOLD, International Commission on Large Dams (ICOLD, 2015). NVE forventer at anbefalingene om å velge klimarobuste tiltak blir fulgt for alle dammer i utsatte områder, og vil prioritere dammene i de høyeste konsekvensklassene som kan være sårbare for klimaendringer i henhold til NVEs analyse. I NVEs oppfølging av konkrete anlegg er det fokus på at revurderingsfremdriften og påfølgende planer om fornyelse holdes og at beredskapsplaner blir tilpasset et endret klima for de dammene som er antatt mest sårbare. Revurderinger, inkludert revisjon av flomberegninger, er forskriftsfestet til å skje hvert 15.år for dammer i konsekvensklasse 2 – 4. Det gir et godt grunnlag for å opprettholde damsikkerheten på et ønsket nivå, og intervallene sikrer at faktiske endringer i klima blir fanget opp.

I bulletin 169 (ICOLD, 2015) anbefaler ICOLD å benytte risikobaserte tilnærminger for å avdekke eventuelle problemer knyttet til fremtidige klimaendringer, slik NVE har lagt opp til i denne analysen. Både ICOLD og Verdensbanken (World Bank, 2021) har gitt anbefalinger knyttet til gjennomføring av risikovurderinger inkludert analyser av en større gruppe av dammer («portfolio analyses»). Resultatene fra slike analyser bør vurderes i lys av usikkerhetene i analysene, og analysene bør gjentas med jevne mellomrom (ICOLD, 2005). NVE vil jobbe videre med en fullstendig risikovurdering av damporteføljen knyttet til fremtidige klimaendringer med grunnlag i resultatene vist i kapittel 5.

NVE har allerede gjort en analyse, i 2015, og i tråd med ICOLDs anbefalinger er det naturlig å planlegge for nye analyser fremover. Alle dammer i konsekvensklasse 2, 3 og 4 har nå gyldige klassifiseringsvedtak, i motsetning til i 2015, da det var 228 dammer i disse klassene som manglet gyldig vedtak. Likevel kan det bli fremtidige endringer i klassene pga. omklassifisering, og det kan skje andre endringer i datagrunnlaget ved at vi får inn nye data i SIV etter utførte revurderinger og oppgraderinger av dammer. Det pågår også arbeid med oppdatering av rapport 81/2016, basert på nye klimascenarier fra FNs klimapanel (IPCC), og det tilsier også at det kan bli behov for nye analyser av klimautsatte dammer.

I rapporten fra forrige analyse (NVE, 2015) ble det angitt at NVE ville prioritere å kvalitetssikre og supplere data og forbedre strukturen i databasen SIV fremfor å introdusere nye naturfarer (f.eks. skred) og klimapåvirkede laster (istrykk, bølger mv.) i fremtidige analyser. NVE ser at det fortsatt er behov for forbedringer i databasen over vassdragsanlegg (SIV) og vil fortsatt prioritere dette foran en utvidet analyse som inkluderer andre naturfarer enn flom.

7 Referanser

ICOLD, 2005. *Risk Assessment in Dam Safety Management.* ICOLD bulletin 130.

ICOLD, 2015. *Global Climate Change, Dams, Reservoirs and Related Water Resources.* ICOLD bulletin 169.

NVE, 1981: *Forskrifter for dammer*. Universitetsforlaget, Oslo.

NVE, 2011a: *Retningslinjer for flomberegninger*. Retningslinjer 4-2011.

NVE, 2011b: *Hydrological projections for floods in Norway under a future climate.* NVE Report 5-2011. Forfattere: Deborah Lawrence og Hege Hisdal

NVE, 2015: *Klimaendringer og damsikkerhet: Analyse av dammers sårbarhet for økte flommer.* NVE-rapport 94-2015. Forfatter: Grethe Holm Midttømme

NVE, 2016: *Klimaendring og framtidige flommer i Norge.* NVE-rapport 81-2016. Forfatter: Deborah Lawrence

NVE, 2021. *NVEs arbeid med klimatilpasning – Tilsyn og beredskap.* https://www.nve.no/klima/nves-arbeid-med-klimatilpasning/tilsyn-og-beredskap/ (lesedato 16.04.2021)

World Bank, 2021. *Good Practice Note on Dam Safety – Technical Note 6: Portfolio Risk Assessment Using Risk Index.* World Bank, Washington, DC.

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

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

www.nve.no