Klimaendringer og damsikkerhet: Analyse av dammers sårbarhet for økte flommer

Grethe Holm Midttømme

94
2015

RAPPORT

Klimaendringer og damsikkerhet: Analyse av dammers sårbarhet for økte flommer

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Grethe Holm Midttømme

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 100
Forsidefoto: Dam Dalevatn, fotograf Rune Engesæter
ISBN 978-82-410-1146-7

Sammendrag: Det er gjort en analyse av hvilke og hvor mange dammer i de høyeste konsekvensklassene som vil være mest sårbare for økte flommer i et fremtidig klima. Analysen viser bl.a. at 173 dammer er potensielt sårbare for økte flommer pga. damtype 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
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

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

Oktober 2015

Klimaendringer og damsikkerhet:

Analyse av dammers sårbarhet for økte flommer

Norges vassdrags- og energidirektorat
2015

Innhold

Forord **3**

Sammendrag **4**

1 Innledning **5**

2 Kartlegging av berørte dammer **6**

3 Analyse av sårbarhet **8**

3.1 Valg av parametere 8

3.2 Usikkerhet i valgte parametere 9

3.3 Kriterier for vurdering av sårbarhet 10

4 Resultater **10**

5 Videre arbeid **11**

6 Referanser **12**

Forord

NVE fører tilsyn med at eiere av landets 4750 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 sårbarhets- og risikovurderinger av landets vassdragsanlegg som grunnlag for å prioritere oppfølgingen av damsikkerheten. 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.

Datagrunnlaget som er brukt i analysen er bearbeidet av Dag Lindland og Lars Amdahl, og kart som viser beliggenhet av dammer er utarbeidet av Julio Pereira Sepulveda. Kjell Molkersrød har bidratt med kvalitetssikring av rapporten.

Oslo, oktober 2015

Per Sanderud
vassdrags- og
energidirektør

Ingunn Åsgard Bendiksen
avdelingsdirektør

Sammendrag

De største påkjenningene dammer utsettes for er som regel store flommer. Det er derfor avgjørende for sikkerheten at dammene dimensjoneres for å tåle disse. I den nasjonale databasen over vassdragsanlegg, SIV, er det registrert totalt 4750 eksisterende vassdragsanlegg, hvorav 445 er dammer i konsekvensklasse 3 og 4 pr 1. november 2014. I en kartlegging utført av NVE fremkommer det at 333 (75 %) av disse dammene ligger i områder der det er forventet at klimaendringer vil føre til større flommer i fremtiden. De fleste dammene har gode sikkerhetsmarginer for økninger i flommer, men analyser utført av NVE viser at 39% av alle dammene i klasse 3 og 4 kan være potensielt sårbare for økte flommer. Sårbarhet for økte flommer skyldes primært en kombinasjon av dammens beliggenhet, damtypen, fundamentforhold og type flomløp (system for flomavledning). I samsvar med NVEs klimatilpasningsstrategi 2015-2019 har NVE spesiell fokus på disse dammene ved gjennomgang av flomberegninger og revurderinger/tekniske planer, for eksisterende så vel som for bygging av nye dammer.

Antallet dammer i konsekvensklasse 3 og 4 kan endre seg med tiden, og mer kunnskap om effekter av klimaendringer vil komme i årene fremover. Denne analysen av dammers sårbarhet for klimaendringer vil derfor bli revidert ved behov. Det vil gi NVE et best mulig grunnlag for å prioritere sitt tilsyn med dameierne og vassdragsanleggene, og for å gi råd og veiledning til eierne om hvordan de 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 et godt grunnlag for å opprettholde damsikkerheten på et ønsket nivå.

1 Innledning

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-års og 1000-års flommer som dimensjonerende flommer [1]. Det betyr at dammene skal tåle den vannmengden en slik flom vil medføre uten at det oppstår skade på damanleggene og tilhørende konstruksjoner. Større endringer i fremtidige 500-års og 1000-års flommer, i ulike deler av landet, kan få stor betydning for damsikkerheten i Norge. I 2011 la NVE frem en rapport om estimerte forventede endringer i fremtidige flommer basert på tilgjengelige klimafremskrivninger og kalibrerte HBV-modeller [2]. Rapporten ga både en oversikt over hvilke vassdrag som vil være utsatt for økte flommer i fremtiden, hvor stor økning man kan forvente, og anbefalinger om hvor stort klimapåslag man bør benytte ved sikkerhetsvurderinger og oppgraderinger av dammer i de aktuelle vassdragene.

I 2015 er det gjorte nye beregninger av forventede endringer i fremtidige flommer basert på oppdaterte klimafremskrivninger [3]. De nye resultatene bekrefter resultatene fra tidligere analyser. De anbefalinger om klimapåslag som er gitt siden 2011 er dermed fortsatt relevante, og trendene er som før. Snøsmelteflommene vil bli mindre jo lenger frem i tid en går, 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.

NVE har registrert data for 4750 eksisterende vassdragsanlegg i Norge, hvorav ca. 445 er dammer i de høyeste konsekvensklassene (klasse 3 og 4). I samsvar med NVEs tilsyns- og reaksjonsstrategi 2012-2016 skal NVE ha en risikobasert oppfølging av damsikkerheten. Samtidig har NVE vedtatt Klimatilpasningsstrategi 2015-2019 som også gir føringer for NVEs tilsyn med vassdragsanleggene i Norge. Fokus må rettes mot de dammene som har størst bruddkonsekvenser, og som samtidig har de største sikkerhetsmessige utfordringene i et fremtidig klima. Det er derfor gjort en kartlegging av klasse 3- og 4-dammer 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.

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

2 Kartlegging av berørte dammer

Ved å ta utgangspunkt i NVE Report 5-2011 [2] var det mulig å identifisere hvilke områder i landet som trolig vil oppleve økte flomstørrelser fremover, se fig 2.1:

- alle små nedbørfelt (mindre enn 100 km^2)
- alle kystnære områder, med unntak av Finnmark
- store nedbørfelt (større enn 100 km^2) i Nordland, Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, Hordaland, Rogaland, samt Aust- og Vest-Agder.

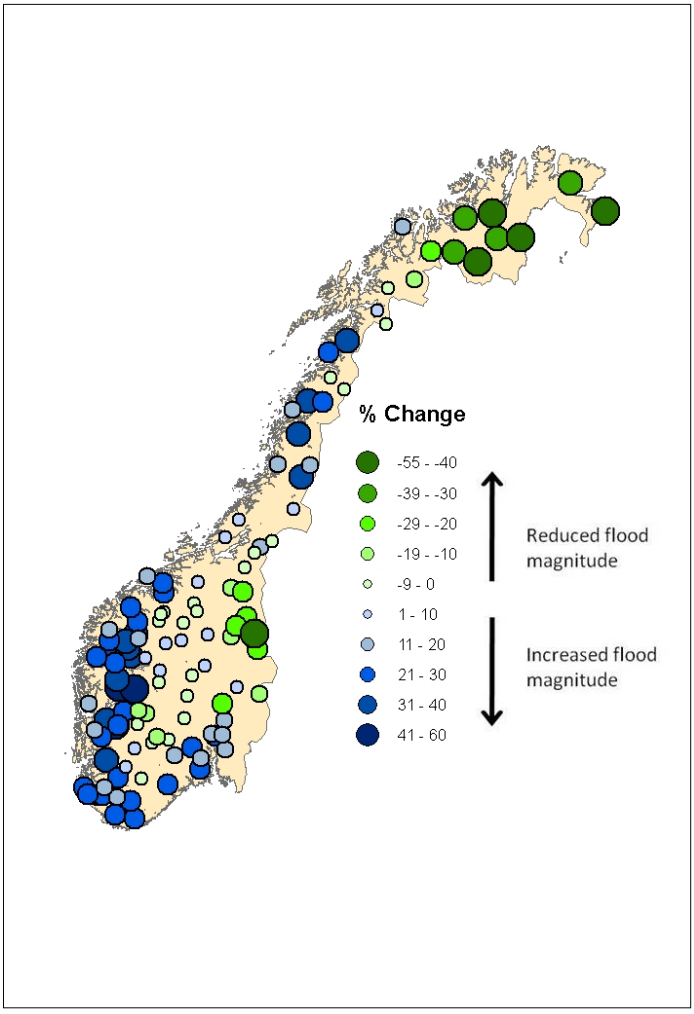

Fig. 2.1 Forventede endringer i 1000-års flommen (Q1000) fra referanseperioden 1961-1990 til år 2071-2100 [2]

Basert på denne informasjonen har NVE kartlagt alle dammer som befinner seg i disse områdene, og for klasse 3 og 4 utgjorde dette totalt 333 dammer pr november 2014. Kartleggingen er gjort ved bruk av GIS-kartverktøy og databasen over norske vassdragsanlegg (SIV). Plasseringen av alle de 445 norske dammene i konsekvensklasse 3 og 4 er for øvrig vist i fig. 2.2.

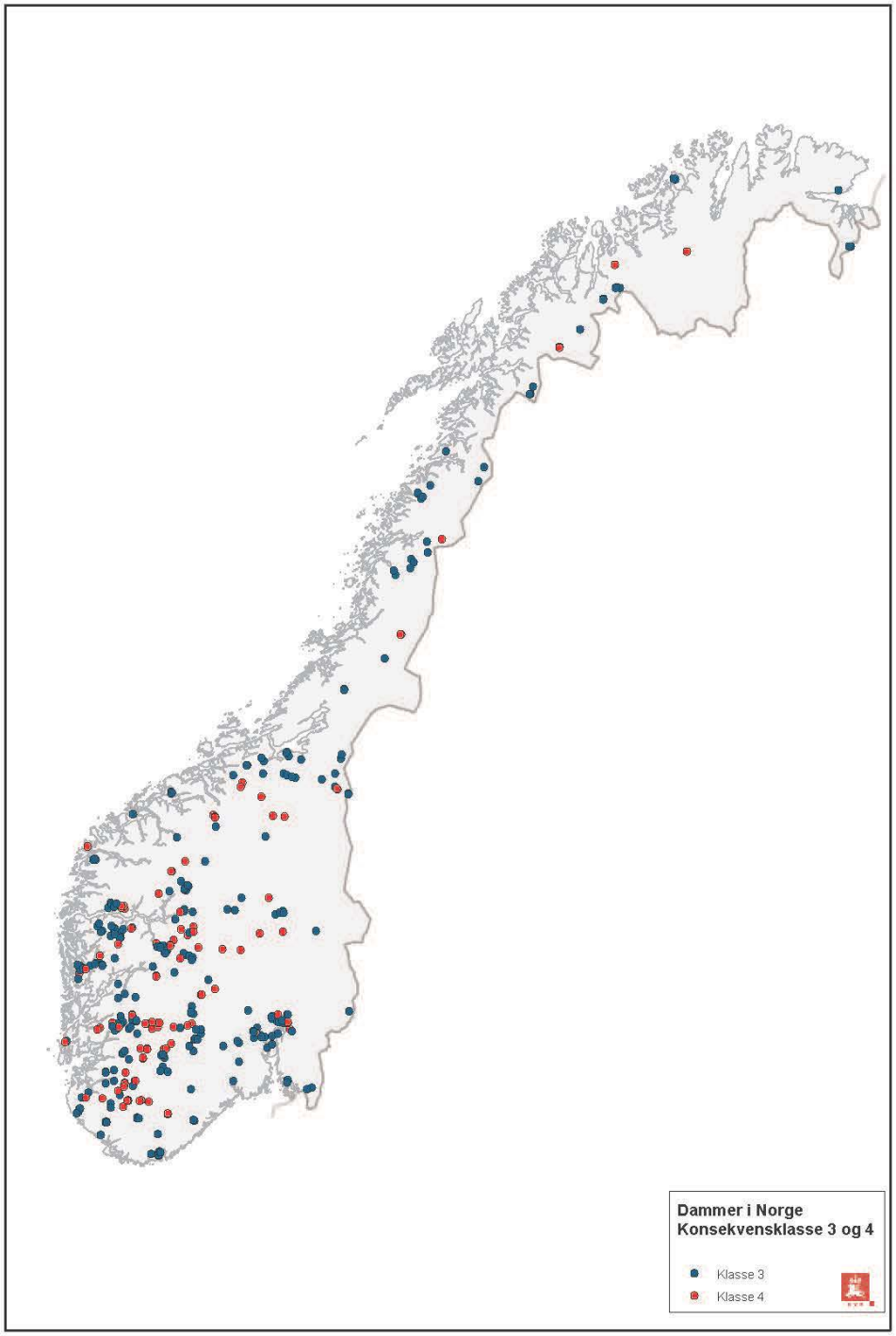

Fig. 2.2 Alle dammer i konsekvensklasse 3 og 4 pr nov. 2014

De utvalgte dammene, dvs. de 333 dammene som lå i områder der det kan ventes økte flommer, ble så tillagt data fra SIV-databasen: navn, konsekvensklasse, byggeår, damtype, fundament, oppdemt volum, høyde, flomløpstype, samt årstall for siste revurdering og flomberegning.

3 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 pga. økte flommer i et framtidig klima.

3.1 Valg av parametere

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. I første omgang er følgende parametere vektlagt;

1. Damtype
2. Fundament

En enkel vurdering tilsier at betongdammer på godt fjellfundament (berg) vil være lite sårbare for økning i flommer, uavhengig av flomløpstype og byggeår. Disse inkluderes derfor ikke i denne kartleggingen. Dette utgjør totalt 160 dammer av de 333 dammene som ligger i områder der det er ventet en økning i flommer. Kartleggingen og analysen fanger ikke opp eventuelle betongdammer på dårlig fjellfundament, som kan være sårbare for økte flommer. Informasjon om fundamentets beskaffenhet er ikke tilgjengelig i NVEs damregister (SIV), og kan derfor ikke inkluderes videre i analysen. Det antas at dette gjelder et begrenset antall dammer, og at disse vil bli fanget opp ved revurderinger.

Dammer fundamentert på løsmasse, og andre damtyper enn betongdammer, kan derimot være sårbare for eventuell overtopping som skyldes økning i flomverdier. Dette utgjør 173 dammer i områder med forventet økning i fremtidige flommer. Det betyr at 173 dammer ansees for å være sårbare for økte flommer pga. damtype og/eller fundament. Disse 173 dammene, som utgjør 39 % av dammene i konsekvensklasse 3 og 4, tas med i videre analyse.

De dammene som er med i utvalget på 173 dammer tilfredsstiller dermed en eller begge av følgende kriterier:

1. Damtype: alle av type steinfylling, jord eller mur (uavhengig av fundamenttype)
2. Fundament: løsmasse eller kombinasjon berg/løsmasse (uavhengig av damtype)

Andre relevante parametere som er inkludert er:

A. Flomløpstype
B. Byggeår/fornyelsesår
C. Dato for siste flomberegning
D. Dato for siste revurdering
E. Damhøyde
F. Oppdemt volum

Visse typer flomløp tåler bare begrensede økninger i flomstørrelser før vannstandsstigningen og damsikkerheten blir sterkt påvirket. Dette gjelder spesielt

lukkede flomløp. Flomløp med luker kan i tillegg få driftsproblemer, og dermed bli mindre pålitelige, slik at disse er også vurdert å kunne indikere sårbarhet. Byggeår kan ha betydning for dammenes konstruktive sikkerhet, og spesielt for fyllingsdammer kan det være avgjørende om dammene er bygd i ht den standarden som ble innført på slutten av 1970-tallet (ca 1978) og som ble stilt som krav i den første damforskriften [4].

Parameterne C – F (flomberegningsdato, revurderingsdato, damhøyde og oppdemt volum) har ikke nødvendigvis noen avgjørende betydning for dammens sårbarhet, men er tatt med da de kan brukes i videre arbeid, for eksempel til å prioritere dammer som bør følges opp framover.

3.2 Usikkerhet i valgte parametere

De data som danner grunnlag for analysen er hentet fra NVEs database SIV. Denne databasen er bygd opp over flere tiår og inneholder data for 4750 eksisterende vassdragsanlegg. NVE har prioritert å legge inn og kvalitetssikre data for dammer i de høyeste konsekvensklassene, men det forekommer likevel feil og mangler i databasen. Data om flomløpstype (fast eller manøvrerbart overløp, lukket/åpent avløp) er vanskelig å bruke da data for flomløp ikke er entydige. I tillegg er det vanskelig å finne flomløpsdata der flomløpet er adskilt fra den aktuelle dammen, fordi det mangler kobling til det tilhørende flomløpet i databasen. Dermed har det vært vanskelig å finne ut om et flomløp faktisk er lukket (har sjakt/tunnel i avløpet) og om det er luker i flomløpet, dvs. om flomløpet er manøvrerbart.

Det viste seg også å være mangler i registrering av revurdering og flomberegning, slik at disse parameterne inneholder usikkerhet. Det samme gjelder byggeår, som kan gi en indikasjon på den konstruktive sikkerheten (og antatt tilstand). Stikkprøver av data om eventuell fornyelse eller større ombygging viste også mangler, og dataene er derfor ikke benyttet. Noen dammer kan derfor være i bedre stand enn det som er antatt med grunnlag i opprinnelig byggeår. Som nevnt over, kan også noen fundamenter av berg være dårligere enn antatt, og dermed indikere sårbarhet for økte flommer, men dette har ikke vært mulig å ta hensyn til.

For å redusere usikkerhetene i analysen til et minimum, er det gjort en manuell kontroll og korreksjon av registreringene i SIV for klasse 3 og 4-dammer, spesielt av flomløpsdataene. Det ble også gjort forsøk på å korrigere data om revurderinger og flomberegninger, men til slutt ble det bestemt at disse parameterne ikke skulle vektlegges. Revurderingsdato og flomberegningsdato er altså ikke tatt med ved vurdering av sårbarhet, men kan brukes til å prioritere videre oppfølging, sammen med data om damhøyde og oppdemt volum, jf. kap. 3.3.

Det må også bemerkes at det fortsatt kan forekomme enkelte feilregistreringer i SIV som innvirker på kartleggingen og analysen, men det antas at antall feil i det endelige datagrunnlaget er lite. Data for dammene i dette utvalget ble kvalitetssikret i flere omganger, deriblant ved innhenting av manglende/korrigerte data fra dameierne i juni 2014.

3.3 Kriterier for vurdering av sårbarhet

Etter å ha vurdert kvaliteten på data fra SIV, jf. over (kap. 3.2), og andre kilder til usikkerhet, er det valgt å legge hovedvekt på kriteriene damtype og fundament, da disse er antatt å være mest vesentlige, samtidig som dataene er mest objektive og riktige.

Eldre dammer, som ikke har vært gjenstand for revurdering og/eller fornying, kan være potensielt mer sårbare for økning i flommer enn dammer som er revurdert (og kanskje fornyet). For fyllingsdammer (jord- og stein) er grenseverdi for byggeår satt til 1978. Dammer bygd etter dette årstallet er sannsynligvis bygd mer eller mindre i samsvar med den første damforskriften fra 1981 [4], og det er antatt at det kan ha påvirket den konstruktive sikkerheten. Byggeår er bare vektlagt for fyllingsdammer, da de største endringene i krav til utforming gjaldt for denne damtypen. Det er en del mangler i SIV mht registrering av fornyelse/rehabilitering av dammer, men der det er registrert at dammer er fornyet/ombygd i nyere tid, er dette tatt hensyn til (dammens alder blir da ikke vektlagt).

Flomberegningsdato er ikke tatt med i denne omgangen. Dersom det skal inkluderes seinere, bør grenseverdi for flomberegninger settes til 15 år, da det gjenspeiler dagens krav til oppdatering av flomberegninger. Flomberegninger kan for øvrig inneholde mye usikkerhet pga. dårlig datagrunnlag, subjektive valg fra utførende hydrolog mv.

Oppsummert er følgende kombinasjoner av parametere vurdert til å indikere at dammene kan være spesielt sårbare for klimaendringer:

1. damtype: mur-, jord- og fyllingsdammer - alle typer fundament
2. fundament: betongdammer på løsmasse
3. byggeår: jord- og fyllingsdammer bygd før 1978 - ikke fornyet
4. flomløp: dammer med a) manøvrerbart overløp eller b) lukket avløp (ekskl. betongdammer på berg)

Betongdammer på fjellfundament (berg) inkluderes dermed ikke i analysegrunnlaget, uansett hva slags byggeår eller flomløp de har. Videre antas det at 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 (pr dam).

4 Resultater

Kartleggingen viste at 333 dammer (75%) i klasse 3 og 4 ligger i områder med forventet økning i flommer. Hvis man trekker ut alle betongdammer på godt fjell (fundamenttype berg), og 5 betongdammer med ukjent fundamenttype, har vi 173 dammer (39%) som er valgt ut som potensielt sårbare for klimaendring pga. registrert damtype (steinfylling, jord eller mur) eller fundament (løsmasse eller berg/løsmasse). Dette utvalget av dammer ble videre analysert gjennom en enkel grovanalyse med vekting av flere parametere som angir sårbarhet for økte flommer (inkl. byggeår og flomløpstype), jf. kap. 3.3.

Grovanalysen viste, som ventet, at fyllingsdammer med lukket flomløp er de mest sårbare dammene. Analysen viste videre at 43 dammer har flomløpstyper” lukket flomløp” eller ”manøvrerbart flomløp”.

Det er også verdt å merke seg at 42 av dammene i utvalget er eldre jord- og steinfyllingsdammer, bygd før 1978 og ikke fornyet etter vi fikk de første forskrifter for dammer (1982).

5 Videre arbeid

Retningslinjer for flomberegninger [1], kap. 8.4, angir hvordan dameierne bør forholde seg til klimaendringer i områder der det ventes økte flommer. Det bør gjøres følsomhetsanalyser av resultatene fra ordinære flomberegninger, og siden dammer er infrastruktur med svært lange levetid, bør eierne velge klimarobuste tiltak, spesielt der det er snakk om å gjøre store investeringer. NVE forventer at disse anbefalingene blir fulgt for alle dammer i utsatte områder, og vil ha spesielt fokus på de 173 dammene i konsekvensklasse 3 og 4 som er potensielt sårbare for klimaendringer i ht. NVEs analyse. I NVEs oppfølging av konkrete anlegg, vil det også bli fokusert på at revurderingsframdriften holdes og at beredskapsplaner blir tilpasset et endret klima for de dammene som er antatt mest sårbare.

For å etterleve målet om å gjennomføre et risikobasert tilsyn, har NVE foreløpig valgt å gjøre sårbarhetsanalyse for dammer i konsekvensklasse 3 og 4 som grunnlag for sine prioriteringer. NVE vurderer også om dammer i konsekvensklasse 2 skal inkluderes i framtidig kartlegging og analyser. Dette utgjør totalt ca 740 dammer. Etter hvert som datagrunnlaget endrer seg (ved omklassifisering og ved endringer i SIV), og kunnskapen om klimaendringseffekter øker, vil det være naturlig å gjennomføre nye analyser for klasse 3 og 4, og eventuelt utvide til klasse 2, slik at NVE hele tiden har best mulig grunnlag for sine prioriteringer i tilsynsarbeidet.

Kartlegging av hvilke magasiner (og dammer) som kan være utsatt for skred er nå inkludert i NVEs nasjonale skredfarekartlegging. Det fins også en oppdatert oversikt over potensialet for utbrudd fra bredemte sjøer [5]. Begge deler representerer potensielle utfordringer for damsikkerheten i et framtidig klima. Informasjon om skredfare og fare for utbrudd fra bredemte sjøer kan derfor være aktuelt å inkludere i fremtidige analyser av sårbarheten til dammer i konsekvensklasse 3 og 4. Det pågår forskning på andre klimapåvirkete laster, som istrykk, og bølger generert av skred i magasin. Det er foreløpig ikke aktuelt å trekke dette inn i sårbarhetsanalysene. NVE vil foreløpig prioritere å kvalitetssikre og supplere data om norske vassdragsanlegg, og forbedre strukturen i databasen SIV, slik at datagrunnlaget blir best mulig både for fremtidige sårbarhetsanalyser og for andre formål.

Antallet dammer i konsekvensklasse 3 og 4 kan endre seg med tiden, og mer kunnskap om effekter av klimaendringer vil komme i årene fremover. Denne analysen av dammers sårbarhet for klimaendringer vil derfor bli revidert ved behov. Det vil gi NVE et best mulig grunnlag for å prioritere sitt tilsyn med dameierne og vassdragsanleggene, og for å gi råd og veiledning til eierne om hvordan de 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 et godt grunnlag for å opprettholde damsikkerheten på et ønsket nivå.

6 Referanser

[1] NVE, 2011: *Retningslinjer for flomberegninger*. Retningslinjer 4-2011.

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

[3] NKSS, 2015: *Klima i Norge 2100.* Norsk Klimaservicesenter rapport 2/2015. Red: I. Hanssen-Bauer, E. J. Førland, I. Haddeland, H. Hisdal, S. Mayer, A. Nesje, J. E. Ø. Nilsen, S. Sandven, A. B. Sandø, A. Sorteberg og B. Ådlandsvik

[4] NVE, 1982: *Forskrifter for dammer*. Universitetsforlaget, Oslo.

[5] NVE, 2014: *Inventory of glacier-related hazardous events in Norway.* NVE-rapport 83-2014. Forfattere: Miriam Jackson og Galina Ragulina

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no