



NVEs KLIMA- TILPASNINGS- STRATEGI 2015-2019

FORORD

NVE har en sentral rolle innen klimatilpasning i Norge. Dette ansvaret ble sammenstilt og fulgt opp i NVEs klimatilpasningsstrategi for perioden 2010–2014. Klimatilpasningsstrategien for 2015–2019 viderefører dette arbeidet med utgangspunkt i FNs oppdaterte klimafremskrivninger.

Sammenliknet med mange land står Norge godt rustet til å møte de utfordringene klimaendringene vil medføre. Likevel vet vi at forekomsten av klimarelaterte skader vil øke dersom vi ikke tilpasser oss de endringene vi forventer. For eksempel er flere episoder med intenst styrtregn en endring som potensielt medfører mye skade. Klimaendringer kombinert med endringer i kraftproduksjon og forbruksmønster gir nye muligheter og utfordringer for forsyningssikkerhet i en fremtid der stabil energiforsyning er helt avgjørende for et velfungerende samfunn.

Strategien er laget av NVEs fastgruppe for klimatilpasning med innspill fra medarbeidere i NVE. Planlagte og gjennomførte tiltak fremgår av en egen nettbasert handlingsplan for klimatilpasning.

Oslo, september 2015



Per Sanderud
vassdrags- og energidirektør



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

REDAKTØR: Arne T. Hamarsland
FORFATTERE: Heidi A. Grønsten, Kjersti Halmrast,
Hege Hisdal, Torodd Jensen, Kjetil Melvold, Ingrid
Magnussen, Grethe Holm Midttømme, Kjell Molkersrød,
George Nicholas Nelson, Turid Bakken Pedersen,
Peer Sommer-Erichson
GRAFIKK / FORSIDEILLUSTRASJON:
Maria Lillebo Aavatsmark/NVE
LAYOUT: Involve!
PRODUKSJON: NVE
ISBN-NUMMER: 978-82-410-1131-3
RAPPORTNUMMER: 80

SEKRETARIAT:
Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 OSLO

TELEFON: 22 95 95 95
INTERNETT: www.nve.no

September 2015

INNHold

1 SAMMENDRAG	4	4.3 KONSESJONER	53
		4.3.1 FORVALTNINGSOMRÅDE	53
		4.3.2 STATUS	54
		4.3.3 BEHOV FOR FOU	57
		4.3.4 TILPASNING TIL ET ENDRET KLIMA	58
2 BAKGRUNN OG PREMISSE	12	4.4 TILSYN OG BEREDSKAP	59
		4.4.1 FORVALTNINGSOMRÅDE	59
		4.4.2 STATUS	60
		4.4.3 BEHOV FOR FOU	63
		4.4.4 TILPASNING TIL ET ENDRET KLIMA	64
3 KLIMA, HYDROLOGI, HAVNIVÅ OG SKRED	18	4.5 ENERGIFORSYNING	67
3.1 KLIMA- OG HYDROLOGISKE VARIABLE	20	4.5.1 FORVALTNINGSOMRÅDE	67
3.2 KLIMA, HYDROLOGI, HAVNIVÅ OG SKRED DE SISTE 30 ÅR	23	4.5.2 STATUS	69
3.3 KLIMA, HYDROLOGI, HAVNIVÅ OG SKRED I FREMTIDEN	28	4.5.3 BEHOV FOR FOU	69
3.4 OVERVÅKING AV HYDROLOGI	38	4.5.4 TILPASNING TIL ET ENDRET KLIMA	70
3.5 USIKKERHET	40	4.6 ENERGIETTERSPØRSEL	73
		4.6.1 FORVALTNINGSOMRÅDE	73
		4.6.2 STATUS	73
		4.6.3 BEHOV FOR FOU	73
		4.6.4 PÅVIRKNING FRA ET ENDRET KLIMA	73
4 NVES ARBEID MED KLIMATILPASNING	42	VEDLEGG: DEFINISJONER	76
4.1 HOVEDMÅL FOR KLIMATILPASNING SARBEIDET	44		
4.1.1 OVERORDNET STRATEGI	44		
4.1.2 DYNAMISK TILPASNINGSSTRATEGI	46		
4.2 SKRED OG VASSDRAG	47		
4.2.1 FORVALTNINGSOMRÅDE	47		
4.2.2 STATUS	47		
4.2.3 BEHOV FOR FOU	49		
4.2.4 TILPASNING TIL ET ENDRET KLIMA	50		

SAMMENDRAG

Et endret klima vil medføre både utfordringer og muligheter innen NVEs ansvarsområder. Norge er et langstrakt land med variert topografi. Endringene vil derfor gi ulike utslag i ulike deler av landet.

Klimafremskrivningene er ingen fasit, de er beheftet med usikkerhet, særlig når det gjelder utviklingen frem mot år 2100. De grunnleggende trendene er imidlertid tydelige og dette gjør at vi vet nok til å handle nå.

Gabestad foss, Rakkestadelva

Foto: © Arne T. Hamarsland/NVE

FOTOGRAFI:

Lomsdal/Visten nasjonalpark.

© Arne T. Hamarsland



DE VIKTIGSTE KLIMA- OG KLIMARELATERTE ENDRINGER SOM VIL PÅVIRKE NVES ANSVARSFELT ER:

- Temperaturen vil øke, mest om vinteren og i Nord-Norge.
- Årsnedbøren vil generelt øke i nesten hele landet. For de ulike årstidene og landsdelene varierer det om en forventer en økning, ingen endring eller noe reduksjon. Det er usikkerhet knyttet til den regionale fordelingen.
- Det vil bli flere lokale, intense nedbørepisoder og mer flom i små elver og oversvømmelser i tettbygde strøk og urbane områder.
- Avrenning i vintermånedene vil generelt øke, mens avrenning i sommerhalvåret generelt reduseres.
- Flomfaren vil øke høst og vinter og regnflommene blir generelt større.
- Snøsmelteflommene blir etter hvert mindre.
- Det forventes mer sommertørke (mindre mark- og grunnvann og lengre perioder med lav vannføring i vassdragene) i hovedsak forårsaket av økt fordampning.
- Havnivået vil stige langs hele kysten, men i varierende grad kompenseres av landheving.
- Brearealet vil reduseres og bresmeltingen og bretilsiget vil øke på kort sikt, men avta på lang sikt ettersom breene smelter vekk.
- Faren for tørrsnøskred vil reduseres mot slutten av århundret, mens faren for våtsnøskred og sørpeskred vil øke i områder som ikke er snøfrie.

Endringer i klimaet medfører behov for en løpende klima-tilpasning for å unngå uønskede hendelser som kan medføre fare for menneskeliv og ramme viktig infrastruktur og samfunnsfunksjoner. I internasjonal sammenheng står Norge godt rustet til å håndtere de direkte virkningene av

klimaendringene. NVE har virkemidler som hver for seg eller i kombinasjon er egnet for å få til nødvendig klimatilpasning innen NVEs ansvarsområder.

I perioden 2010–2014 har NVE arbeidet målrettet med klimatilpasning. Den generelle bevisstheten i NVE angående klimautfordringene har økt og hensyn til relevante klimaendringer er innarbeidet i veiledere og standardbrev. Eksempelvis er klimaendringer innarbeidet i veiledninger til damsikkerhetsforskriften, særlig klimaømfintlige dammer er kartlagt og i retningslinjen «Flaum og skredfare i arealplanar» er sikkerhet mot flom – og skredfare i et klima i endring omtalt. Faktagrunnlaget er forsterket ved oppdaterte hydrologiske fremskrivninger og flomanalyser samt arbeidet knyttet til ny versjon av Klima i Norge 2100¹ for Norsk Klimaservicesenter (KSS).

Klimatilpasning kan innebære både fysiske tiltak og tiltak for å få nok kunnskap om klimaendringene til å kunne fatte hensiktsmessige beslutninger.

Klimaendringene vil komme med ulik hastighet og gi forskjellig utslag i ulike deler av landet. De beslutninger NVE fatter, har ulik tidshorisont. Strategien for klimatilpasning må avspeile denne virkeligheten slik at NVE gjør de rette tingene på rett tidspunkt. For å greie dette må strategien være dynamisk og tilpasses ny kunnskap.

EN DYNAMISK STRATEGI FOR KLIMATILPASNING BYGGER PÅ FØLGENDE PRINSIPPER:

- Tiltak/beslutninger som har kort levetid vurderes ut fra dagens klima.
- For tiltak/beslutninger med lang levetid, vurderes det om de skal bygges for å tåle forventede

1 Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. og Ådlandsvik, B. (Red.) (2015) Klima i Norge 2100 - Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015, Norsk Klimaservicesenter rapport 2/2015 (NCCS report no. 2/2015), Oslo

klimaendringer i løpet av levetiden, eller om de utformes ut fra dagens klima, men klargjort for forsterkinger/endringer.

- Tiltak/beslutninger bør være klimarobuste, dvs. de bør fungere etter hensikten selv om klimautviklingen blir noe annerledes enn forutsett.
- Klimatilpasninger som bidrar til måloppnåelse på flere områder er vinn-vinn tilpasninger og bør prioriteres høyt.

NVE må fokusere på forvaltningsområder der klimaendringer ventes å få særlig alvorlige konsekvenser. Dette kan omfatte endring eller presisering av krav i forskrifter slik som krav til vedlikehold, modernisering, sikkerhet og beredskap i kraftforsyningen samt krav til damsikkerhet. Det kan også omfatte bistand til flom- og skredsikring og å sikre god arealbruk som forebygger fare.

Både gjennom eget arbeid og aktiviteter i regi av Norsk Klimaservicesenter (KSS), bidrar NVE til å øke kunnskapen i samfunnet om klimaendringer, konsekvenser av disse og hvordan vi best tilpasser oss fremtidens klima. KSS ble etablert i 2011 og ledes av Meteorologisk institutt (MET), med NVE og Uni Research som partnere. Senteret skal levere klima- og hydrologiske data som grunnlag for klimatilpasningsarbeidet i Norge.

For å bidra til en effektiv klimatilpasning, skal NVE ha høy faglig kompetanse, kartlegge tilpasningsbehov og relevante tilpasningstiltak samt sikre tilstrekkelig bevissthet blant andre aktører. Dette skal skje ved at NVE analyserer behov, gir veiledning og bistand samt formidler krav om tilpasning. NVEs klimatilpasningsarbeid skal bygge på dialog og

samvirke med aktuelle aktører innen forvaltning, forskning og næringsliv.

For å sikre at NVE har oppdatert kunnskap om klimaendringer og hvordan disse vil påvirke våre ansvarsområder, må NVE opprettholde fokus på overvåking og FoU-aktiviteter.

SKRED- OG FLOMFARE

Klimatilpasning skal integreres i de ulike arbeidsområdene. Råd/krav/tiltak med kort tidshorisont baseres på historiske klimadata. Ved lengre tidshorisont legges klimafremskrivninger til grunn. Kartlegging og sikring prioriteres etter risiko- og nytte/kostvurderinger. Klimautviklingen tilsier at tiltak mot skred-, flom- og erosjonsfare i mindre, bratte, masseførende vassdrag med stort skadepotensiale gis økt prioritet. NVE skal bidra til at hensynet til et endret klima blir ivaretatt i arealplanleggingen.

VASSDRAGSKONSESJONER

Konsesjonsbehandling av vannkraftanlegg samt fornyelse av tidligere konsesjoner, brukes som virkemiddel for å tilpasse anleggene og driften av disse til klimaendringene. Den konkrete vurderingen gjøres i den enkelte sak. Ved revisjoner av vilkår i vassdragskonsesjoner tas klimarelaterte vilkår og hjemler med slik at disse kan tilpasses klimaendringer.

ENERGIKONSESJONER

Kraftnett, vindkraftverk og vannkraftverk påvirkes av klimaet på flere måter. Klimatilpasningstiltak skal redusere anleggenes sårbarhet for virkninger av et endret klima. Nye anlegg



FOTOGRAFI:

Bodø by og Sandhornet, Bodø kommune.

© Arne T. Hamarsland

- Tilpasse arbeidet med farekartlegging til et endret risikobilde som følge av klimautviklingen gjennom å ta hensyn til klimaendring ved prioritering av kartleggingsinnsats mellom typer av skred- og flomfare og ved valg av kartleggingsområder for skred- og flomfare.
- I områder hvor regionale klimafremskrivninger viser en forventet økning i 200-års flom på mer enn 20% de neste 20–100 årene, legges denne informasjonen til grunn for NVEs flomsonekart, (både nykartlegging og ajourføring av eksisterende kart).
- Jobbe aktivt mot kommunene i arbeidet med kommuneplaner, slik at klimatilpasning blir innarbeidet. NVE vil i større grad ansvarliggjøre kommunene i arbeidet med flom- og skredfare i reguleringsplanarbeidet.
- Anbefale for kommunene at det for areal som kan være utsatt for materielle skader ved flom og der det forventes en økning i 200-årsflommen på 20% eller mer de neste 20–100 år, skal denne informasjonen legges til grunn ved utredning av flomfare for ny bebyggelse.
- Vie flommer i bekker og små bratte vassdrag særlig oppmerksomhet i arealplanarbeidet. Videre legge økt vekt på kompetanseheving i kommuner og videreutvikling av veiledere om kartlegging av fare for flom- og skredrelaterte prosesser i bekker og små bratte vassdrag i urbane/bebygde områder med stort skadepotensial.
- Arrangere fagsamlinger og seminarer om arealplanlegging og klimatilpasning for kommunene m.fl. samt bidra aktivt på tilsvarende samlinger arrangert av andre.
- Bidra til at DSBs temaveileder «Håndtering av havnivåstigning i kommunal planlegging» blir lagt til grunn i arealplanarbeidet for områder med flomutsatt areal i overgangen til sjø.
- I områder hvor regionale klimafremskrivninger viser en økning i flomtoppen (200-årsflom) på mer enn 20% de neste 20–100 årene, skal dimensjonering av sikringstiltak og nyttekostvurderingene legges denne informasjonen til grunn.
- Vurdere om det er behov for oppgradering av eldre sikringsanlegg for at de skal være rustet til å beskytte mot hendelser med valgt sannsynlighet, også i et fremtidig klima.
- Følge opp at dameierne innfrir damsikkerhetsforskriftens krav om ny flomberegning og revurdering av dammene med størst skadepotensiale hvert 15. år og at hensynet til klimaendringer er vurdert i flomberegningen.
- Kartlegge/analysere hvilke dammer/damtyper som er mest sårbare for klimaendringer.
- Tilpasse konsesjonsvilkår for vannkraft til endret tilsigsmønster og endret kjøring av kraftverkene/magasinene.
- Ta økt hensyn til klima og klimatilknyttede hendelser som f.eks. økt skredfare og isingsfare ved valg av kraftlinjetraseer.
- Kontrollere at konsesjonærene har innarbeidet hensynet til relevante klimaendringer i sitt internkontrollsystem.
- Kartlegge og følge opp kraftbransjens holdninger og handlinger vis a vis relevante klimaendringer.
- Utrede klimaendringenes effekt på energisektoren som helhet.
- Videreføre stor innsats på FoU innen klimaendringer effekt på hydrologi og NVEs forvaltningsområder.
- Kreve at klima og endringer i klima er tilstrekkelig belyst i søknader NVE får til behandling/avgjørelse etter vassdrags- og energilovverket.
- Innarbeide klimatilpasning ved revisjon av veiledningsmateriell.

bør bygges på en slik måte at de er tilpasset virkninger av kommende klimaendringer.

DAMSIKKERHET

Klimaendringene påvirker damsikkerhet og oppfølging av kravet om flomberegning og revurdering hvert 15. år må ha fokus. Det prioriteres å fremskaffe økt kunnskap om hvordan klimaendringer påvirker f.eks. istrykk og hvilke geografiske områder, damtyper og flomløp som er mest sårbare. Dameiers planlegging og gjennomføring av nødvendig vedlikehold og fornyelse må tilpasses klimaendringene. Damsikkerhetsforskriften setter krav til dameiernes beredskap mot situasjoner som kan innebære fare for skader. Dersom risiko øker som følge av klimaendringer, må dette gjenspeiles i dameiers planlegging.

MILJØTILSYN

Ved tilsyn av anlegg og internkontrollsystem legges det vekt på at konsesjonær har tatt hensyn til relevante klimaendringer.

ENERGIFORSYNING

NVE og aktørene har behov for best mulig kunnskap om hvordan et endret klima vil påvirke energiforsyningen, særlig nett og produksjon. Klimaendringer vil være viktige fokusområder i konsesjonsprosesser, konsekvens- og kraftsystemutredninger samt ved vurdering av reparasjonsberedskap og kraftforsyningens sårbarhet overfor ulike klimavariabeler.

ENERGIETTERSPORSEL

NVE skal ha god innsikt i hvordan energibruken for ulike energibærere utvikler seg, og hvilke faktorer som påvirker utviklingen. Dette innebærer å gjennomføre analyser knyttet til energibruk, videreutvikle og oppdatere statistikk for stasjonær energibruk og bistå i utviklingen av virkemidler.

HYDROLOGI

For å overvåke effekten av klimaendringer på hydrologi er det viktig å opprettholde et kvalitetskontrollert referansedatasett med lange tidsserier. Det er behov for å opprettholde stor FoU-aktivitet om klimaendringers effekt på hydrologi og kryosfære. Generelt er det behov for å redusere usikkerheten i fremskrivningene og å vurdere klimaendringenes effekt på flom. Det er også viktig å utvikle metoder for å kvantifisere usikkerheten, formidle resultatene og beslutte under økt usikkerhet.

TILTAK

De viktigste enkelttiltak NVE skal gjennomføre i strategiperioden 2015–2019 for å møte klimaendringene er å:

- Opprettholde et referansedatasett av høy kvalitet for å overvåke klimaendringenes effekt på hydrologi og kryosfære.
- Analysere lange tidsserier for å overvåke endringer i hydrologi og kryosfære i Norge.
- Bidra til at forvaltningsplanene og tiltaksprogrammene for vannregionene tar hensyn til klimaendringer når tiltak for å nå miljømålene fastsettes.

2 BAKGRUNN OG PREMISSE

Klimaet har store naturlige variasjoner. Det å måtte tilpasse seg endringer i klimaet er derfor ikke noe nytt. Men omfanget av endringene og hastigheten de skjer med, ser ut til å bli større i fremtiden enn historisk. En vesentlig faktor i de menneskeskapte klimaendringene, er oppvarming som følge av klimagassutslipp.

Sandhornet og Sør-Fugløy, Bodø

Foto: © Arne T. Hamarsland



FOTOGRAFI:

Vinterfullmåne, Hamar kommune.

© Arne T. Hamarsland

Klimautfordringen er todelt. Det ene er tiltak for å begrense klimagassutslippene slik at oppvarmingen begrenses. Det andre er tiltak for best mulig tilpasning til de endringene som vil komme. NVEs Klimatilpasningsstrategi 2015–2019 skal bidra til å redusere de negative og utnytte de positive virkningene av klimaendringer innen NVEs ansvarsområder. Dokumentet er en videreføring og oppdatering av NVEs Klimatilpasningsstrategi 2010–2014. Den bygger videre på oppdaterte nasjonale klima- og hydrologiske fremskrivninger. Disse er utarbeidet på bakgrunn av FNs klimapanel femte hovedrapport. Den består av tre delrapporter som dekker det klimavitenskapelige grunnlaget, virkninger, tilpasninger og sårbarhet samt tiltak og virkemidler for å redusere utslipp og klimaendringer. Delrapportene er oppsummert i en synteserapport som ble lagt frem i oktober 2014. I tillegg er nye FoU-resultater, for eksempel om klimaendringers effekt på flom, NVEs arbeid med klimatilpasning i forrige strategiperiode, stortingsmelding om klimatilpasning i Norge (Meld. St. 33 2012–2013)², og Hvordan leve med farene – om flom og skred (Meld. St. 15 2011–2012)³, viktige premissgivere for strategien.

Klimafremskrivninger er ingen fasit og usikkerheten om vårt fremtidige klima knytter seg til flere forhold. For det første har vi en naturlig klimavariasjon. Denne påvirkes av naturlig klimapådriv som for eksempel vulkanutbrudd og endringer i solinnstrålingen. For det andre har vi menneskeskapt klimapådriv i form av utslipp av klimagasser og partikler samt hogst og endret arealbruk. Ufullstendig kunnskap om klimaet og mangelfulle klimamodeller, bidrar også til usikkerheten. I tillegg vil den globale samfunnsutviklingen kunne påvirke det fremtidige klimaet. Det er imidlertid stor grad av enighet om at vi, til tross for usikkerhetene, vet nok til å handle nå. En del trender er tydelige og usikkerheten går mest på hvor stor endringen blir f.eks. i 2060 og i 2100, ikke hvilken retning det går i.

Et endret klima kan medføre store utfordringer og det er derfor stor internasjonal oppmerksomhet og aktivitet på

dette fagområdet. FNs klimapanel (IPCC) presenterte sin femte rapport om fremtidens klimaendringer i 2014, og har startet med å vurdere organisering av arbeidet med den sjette rapporten. I internasjonal sammenheng står Norge godt rustet til å håndtere de direkte virkningene av klimaendringene.

I en globalisert verden er vi imidlertid avhengig av utviklingen i andre land. Dersom klimaendringene i andre deler av verden medfører store endringer der, vil dette kunne påvirke forholdene i Norge mer enn de direkte klimaendringene. NVEs klimatilpasningsstrategi avgrenses til de tilpasningene som må gjøres for å begrense sårbarheten når det gjelder direkte effekter innen NVEs ansvarsområde.

I Stortingsmelding 33 (2012–13), fastslås at ansvaret for klimatilpasning ligger til den aktøren som har ansvar for en funksjon eller oppgave som blir berørt av klimaendringer. NVEs klimatilpasningsstrategi er en del av regjeringens arbeid for tilpasning til et endret klima.

Et av de konkrete anbefalte tiltakene for klimatilpasning omtalt i Stortingsmelding 33 (2012–13), er etableringen av et senter for klimatjenester for å støtte opp under kommunenes og sektormyndighetenes tilpasningsarbeid. Norsk Klimaservicesenter (KSS) ble etablert i 2011 og består av Meteorologisk institutt (MET), NVE og Uni Research. Partene bidrar med blant annet forskningsresultater inn i KSS sitt arbeid. KSS ledes av MET. Styret i KSS, hvor Miljødirektoratet, MET, NVE og Uni Research sitter, har utarbeidet et mandat for KSS hvor det blant annet fastslås at senteret skal levere klimadata som grunnlag for klimatilpasningsarbeidet i Norge. NVE har her ansvar for å bidra til enkel tilgang til norske hydrologiske observasjoner, hydrologiske fremskrivninger og avledede produkter, og komme med anbefalinger om hvordan kunnskapen kan brukes som beslutningsgrunnlag for klimatilpasning.

I Olje- og energidepartementets tildelingsbrev 2015 til NVE, er behovet for god oversikt over bl.a. virkningene av klimaendringer for å sikre en helhetlig og miljøvennlig forvaltning av vassdragene presisert. Videre er behovet for FoU understreket. Det er viktig å fremskaffe kunnskap om effekten av klimaendringer på hydrologi, skred, glasiologi og sedimenttransport. Kunnskapen om kostnadseffektive og robuste



sikringsanlegg tilpasset fremtidens klimautfordringer skal styrkes. NVE skal dessuten styrke kunnskapen om effekten av klimaendringer for alle typer vannressurser og for energiforsyning. Det skal legges særlig vekt på studier av effekten av klimaendringer på flom og tørke, energiproduksjon, energibruk samt hvordan forskningsresultatene kan brukes i NVEs arbeid med klimatilpasning.

KLIMA ER TATT INN SOM FOKUSOMRÅDE I NVEs STRATEGI FOR 2012–2016:

«Den globale klimautviklingen vil gi ”villere, våtere og varmere vær” i våre områder. NVE skal dokumentere klimaendringer gjennom datainnsamling, forskning og analyse. NVE skal vise de forvaltningsmessige konsekvensene av klimaendringene for vannressurs- og energiforvaltningen. NVE skal gjennomføre klimatilpasning på alle sine forvaltningsområder. Dette innebærer blant annet endringer i krav og forskrifter for damsikkerhet, sikkerhet og beredskap i kraftforsyningen, flom- og skredsikring, samt sikker arealbruk. NVE skal prioritere effektiv konsesjonsbehandling som bidrar til å nå den vedtatte fornybarandelen for Norge. Videre skal NVE bidra til en velfungerende el-sertifikatordning med Sverige. NVE skal aktivt bidra til å øke kunnskapen i samfunnet om klimaendringer, konsekvensene adisse og hvordan vi best tilpasser oss fremtidens klima.»

Direktør møtet vedtok 2.7.2014 mandat for revisjon av NVEs klimatilpasningsstrategi: «Strategien skal løfte NVEs klimaarbeid opp og frem, bidra til synliggjøring og bygging av godt omdømme. Det er viktig at strategien er tydelig på

ambisjoner, satsningsområder, prioriteringer og synliggjør vårt brede samarbeid nasjonalt og internasjonalt. Mandatet og klimatilpasningsstrategien må også omfatte NVEs arbeid med kraftforsyning og forsyningssikkerhet.”

Klimatilpasning er en dynamisk prosess. Det er derfor behov for å følge opp arbeidet kontinuerlig og korrigere kursen med ved behov. Klimatilpasningsstrategien skal være et grunnlag og en retningsgiver i NVEs virksomhetsplanlegging. Økonomisk oppfølging av klimatiltakene tas inn i fremtidige budsjettprosesser. Oppnådde resultater innen klimatilpasning rapporteres som en del av NVEs ordinære resultatrapportering.

Det er behov for å få avklart ansvars plasseringen, herunder ressursbruken, i forhold til en nasjonal myndighet på overvann og havnivåstigning. Strategien omtaler og drøfter overvann- og havnivåproblematikken.

² Meld. St. 33 (2012–2013) Klimatilpasning i Norge, 40 s.

³ Meld. St. 15 (2011–2012) Hvordan leve med farene – om flom og skred, 73 s.

VIRKEMIDLER

Statlige virkemidler brukes for å iverksette tiltak som fremmer et bestemt formål. Ofte vil en rekke virkemidler spille sammen, slik at staten oppnår ønsket effekt og styring av adferd.

DE VIKTIGSTE VIRKEMIDLENE FOR NVES KLIMATILPASNINGSARBEID ER:

- Normative virkemidler – Lover, forskrifter og vedtak er den eneste måten staten rettslig kan forplikte ulike aktører, som kommuner, fylkeskommuner, tiltakshavere osv., uten at de selv uttrykkelig har akseptert forpliktelsen.
- Økonomiske virkemidler – Det kan være mer effektivt å belønne ønsket adferd enn å straffe uønsket adferd. Eksempler er ulike støtteordninger f.eks. over statsbudsjettet eller gjennom tilskuddsordninger.
- Politiske signaler kan uttrykkes gjennom statens dokumenter som f.eks. stortingsmeldinger, stortingsproposisjoner, ulike politiske planer, strategier og statlige rundskriv.
- Avtalte forpliktelser der det forhandles med personer eller organisasjoner. Myndighetene vil ofte under slike forhandlinger måtte bidra med økonomisk støtte eller andre goder. Avtaler kan også komme i forbindelse med at myndighetene signaliserer at de vil foreslå et forbud hvis en uønsket situasjon ikke opphører.
- Informasjon, rådgivning og opplysninger vil i mange sammenhenger være et nødvendig virkemiddel, når staten ønsker å formidle vedtak og standpunkt(er). Samordning av informasjon vil være viktig i klimatilpasningsarbeidet.

Flere av virkemidlene vil etter NVEs syn være egnet både alene og i samspill med hverandre også i et endret fremtidig klima. Hovedvekten av NVEs virkemiddelbruk baserer seg på normative virkemidler i form av lover, forskrifter og vedtak samt informasjon og rådgivning.



3 KLIMA, HYDROLOGI, HAVNIVÅ OG SKRED

Iskjøving, Tesse

Foto: © Arne T. Hamarsland/NVE



3.1 KLIMA- OG HYDROLOGISKE VARIABLER

Analysen av historisk klima, studier av konsekvenser av klimaendringer og arbeidet med klimatilpasning, har behov for informasjon om ulike variabler. Viktige klimavariabler som påvirker NVEs forvaltning er temperatur, nedbør, luftfuktighet og vind. Disse virker igjen inn på hydrologiske variabler som vannføringen i elver, inkludert flomforhold og tørke, snø, breer, sedimenttransport, grunn- og markvann samt fordampning som igjen virker tilbake på klimaet. Oseanografiske variabler, for eksempel stormflo og havnivå, er også viktige. Informasjon om klima, hydrologi og oseanografi danner et grunnlag for NVEs arbeid med energi, vassdrag og skred. Endringer i disse variablene kan få både positive og negative konsekvenser for våre virkeområder.

I arbeidet med klimatilpasning er det viktig at variablene er tilgjengelige i en relevant skala i tid og rom. For å vurdere effekten av klimaendringer i små nedbørfelt er det behov for en nedskalering til 1 km² eller mindre. For enkelte formål vil en tidsoppløsning på år være tilstrekkelig, men som regel kreves en finere tidsoppløsning. For ekstremer, kan det være behov for tidsoppløsning på under én time.

Det er også behov for informasjon om eventuelle endringer i frekvens, variabilitet og hvordan endringene vil foregå. Eksempler på viktige spørsmål er: Vil hyppigheten av intense nedbørepisoder øke? Blir det storm oftere? Vil noe som ansees som ekstremt i dag være vanlig om 50 år? Vil fremherskende vindretning endres? Blir det større variasjon i temperaturen fra år til år? Blir det en gradvis endring eller brå overganger? For å kunne iverksette skadereduserende tiltak er informasjon om endringer i ekstremverdier og variabler som har betydning for naturskader viktige. Dette omfatter ulike typer skred, storm, flom og tørke. Informasjon om endringer i flom- og skredforhold vil også få betydning for risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) i kommuner og fylker.

De menneskeskapte klimaendringene virker inn på samfunnet både direkte og indirekte (Figur 1).

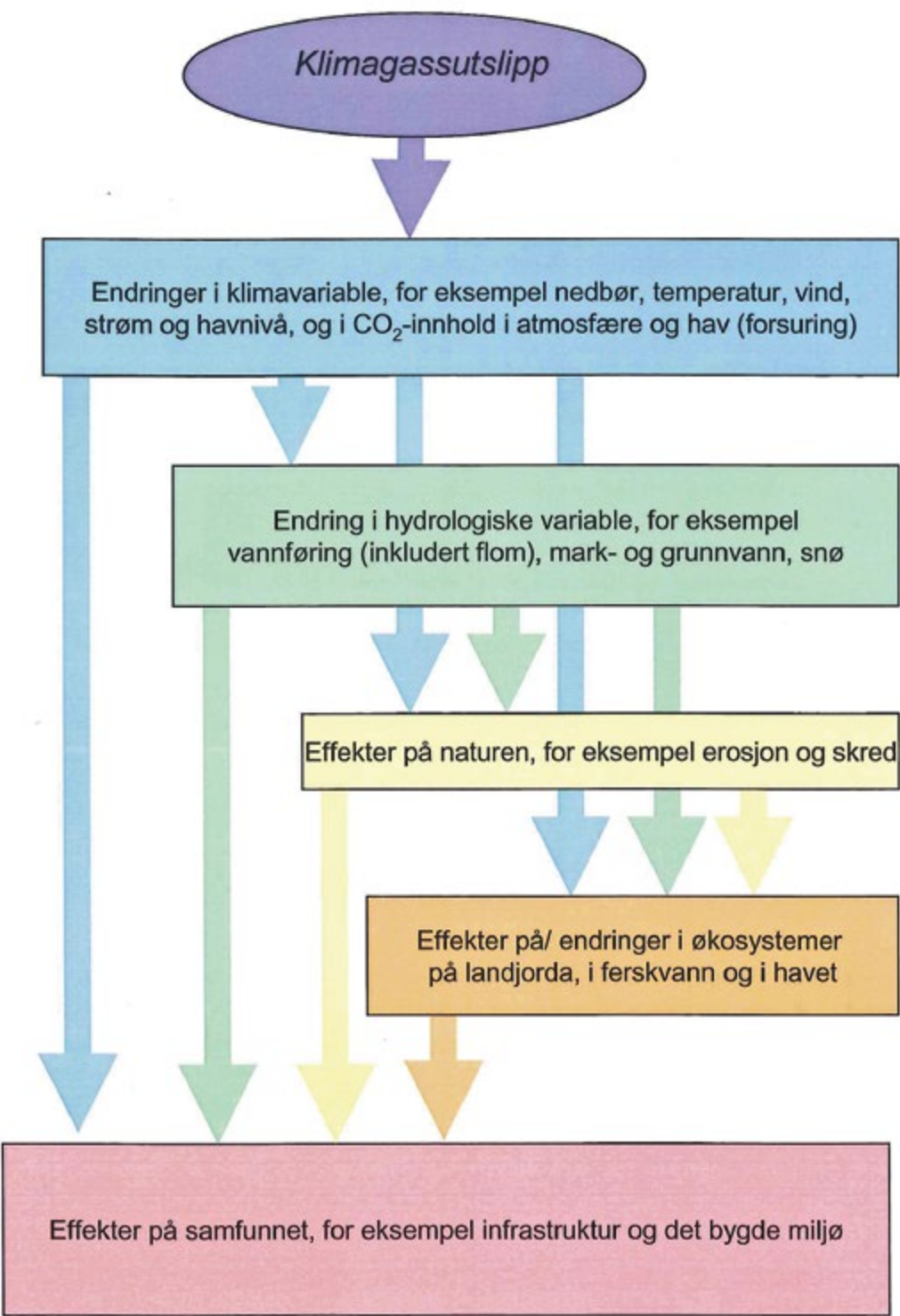
Indirekte effekter kan gå gjennom ett eller flere ledd, for eksempel gjennom endringer i hydrologiske variabler (som virker på samfunnet) eller som vil ha en effekt på skredfrekvensen som igjen har en effekt på samfunnet. Et eksempel på en direkte effekt, kan være økt hyppighet

av råteskader som følge av mer slagregn. Eksempler på indirekte effekter kan være flere flommer og skred som gir skader på bygninger og infrastruktur.

Behovet for informasjon om klima, hydrologi og oseanografi i forbindelse med vurdering av risiko for skader og klimatilpasningstiltak innen NVEs forvaltningsområder er for eksempel knyttet til:

- Dimensjonering og plassering av infrastruktur, for eksempel innen energisektoren
- Kartlegging av fare (flom, skred, havnivåstigning), sikring og arealplanlegging
- Produksjon av fornybar energi, for eksempel energitilsig og energiinnhold i snø
- Energietterspørsel (oppvarming og avkjøling)
- Dimensjonerende vindlaster
- Dimensjonerende flom for eksempel i forbindelse med flomsikringstiltak
- Ising på infrastruktur, for eksempel ledningsnett
- Forekomst av lyn og elforsyningssikkerhet
- Vurdering av endringer i fare for skred
- Arbeid med vannforvaltningsforskriften
- Beredskap og varsling

I tillegg til å vurdere én enkelt variabel, må man også frem-skatte kunnskap om endring i forekomsten av ugunstige kombinasjoner av variabler. For vurdering av skredfare vil det for eksempel være viktig å vite noe om endringer i kombinasjonen av mye nedbør, vind og gitte temperaturintervaller. Andre eksempler er regn etter en lang og tørr frostperiode som kan gi stor overflateavrenning og erosjons-skader, endret hyppighet av temperaturer rundt null som igjen vil påvirke is- og snøforhold og høy temperatur og lite nedbør over lengre tid som gir tørke.



Figur 1 Klimaendringenes direkte og indirekte virkninger på samfunnet

FOTOGRAFI:
Islagt elv, Hæra, Trøgstad kommune.
© Arne T. Hamarsland/NVE

Verdien av fremskrivninger av klima og hydrologi reduseres dersom usikkerheten er stor. I tillegg til informasjon om forventede endring i forskjellige variabler, er derfor en vurdering av usikkerheten viktig.



FØLGENDE KLIMA-, HYDROLOGISKE OG OSEANOGRAFISKE VARIABLER HAR BETYDNING FOR NVES FORVALTNINGSOMRÅDER:

- Temperatur (Eksempler på at én variabel kan være mye forskjellig: årsverdier, sesongverdier, månedsverdier, døgnverdier – gjennomsnitt og ekstremer, antall dager med temperatur over en bestemt verdi eller under en bestemt verdi, endring i hyppighet av temperatur rundt 0° C osv.)
- Nedbør
- Luftfuktighet
- Vind, styrke og retning
- Solinnstråling og skyer
- Frekvens av lynnedslag
- Snø, antall dager med snø, snødybde, snøens vannekvivalent, snølaster, snøprofiler
- Permafrost og teledyp
- Endringer i temperatur- og isforhold på vann og vassdrag
- Fordampning
- Vannføring, inkludert flom
- Grunn- og markvann
- Tørke
- Breers massebalanse
- Sedimenttransport
- Bølgehøyder
- Stormflo
- Havnivå

3.2 KLIMA, HYDROLOGI, HAVNIVÅ OG SKRED DE SISTE 30 ÅR

Oppsummeringen av dagens klima og hydrologi er relatert til normalperioden 1971–2000. Teksten er basert på den nye rapporten ” Klima i Norge 2100 ”¹. Normalperioden er endret fra 1961–90 til 1971–2000. Temperaturen har steget noe og nedbøren og avrenningen er litt høyere i 1971–2000 i forhold til 1961–90.

TEMPERATUR

Observert årsmiddeltemperatur var 0,5 °C høyere i perioden 1985–2014 enn i perioden 1971–2000 (fra 1,3 °C til 1,8 °C) for hele Norge. Økningen var størst lengst i nord og minst på Vestlandet. Ser man på perioden 1900 til 2014 har temperaturøkningen vært størst om våren, med i gjennomsnitt 0,13 °C per tiår. Antall døgn med døgnmiddeltemperatur på over 20 °C forekom i perioden 1971–2000 bare i kystområder og enkelte dalstrøk på Øst- og Sørlandet. I perioden 1985–2014 har også områder lenger opp i disse dalførene og i større områder på Vestlandet og innerst i Trondheimsfjorden hatt flere dager over 20 °C. Vekstsesongens lengde har også økt, og områder der gjennomsnittlig vekstsesong overstiger 6 måneder strekker seg stadig lengre inn i landet og nordover langs kysten. Antall dager i fyringssesongen (dager med døgnmiddeltemperatur under 10 °C) har gått ned med omtrent en uke fra perioden 1971–2000 til 1985–2014.

NEDBØR

Årsnedbøren var 4% større over fastlands-Norge for perioden 1985-2014, sammenliknet med perioden 1971-2000. På Sør- og Østlandet og Finnmarksvidda var nedbøren 7-8 % større, mens den bare var 1 % større på Nord-Vestlandet og i Trøndelag. Fra 1900 frem til i dag har årsnedbøren økt med nesten 20 %. Den største økningen finner man i Østfold (27 %), men også store deler av Vestlandet har en økning på opp mot 20%. Minst økning (ca. 2 %) finner vi på Varangerhalvøya. For landet som helhet har økningen har vært størst om våren (27 %) og minst om sommeren (12 %).

Det er også observert økt intensitet i kraftige nedbørhendelser i løpet ett eller flere døgn de siste femti årene. Trendene er tydeligst for de kraftigste nedbørhendelsene over flere døgn, og er mest markante i Sørvest-Norge og langs kysten

i nord. Enkelte steder i de mest nedbørrike områdene av landet har økningen vært på 30 prosent. Det er få lange måleserier for nedbørintensitet for kortere varighet enn 24 timer, men tendensen er at både årets høyeste verdi og hyppighet av høye verdier har økt. I InfraRisk-prosjektet (NGI, 2013)⁴ ble reanalyse-data benyttet til å studere historiske trender og man fant en tydelig økning for regionene i vest- og sørvest. I Rogaland har intensiteten i 1-times nedbør i de kraftigste nedbørepisodene økt med ca. 20 prosent. I andre deler av landet var endringen vesentlig mindre; for eksempel har 1-times verdien i Møre og Romsdal økt med 7 prosent. Økningen i kraftige nedbørhendelser innebærer at vi har fått mer overvann.

VIND

Mangel på homogene serier gjør det vanskelig å si noe om endringer i vindforhold. De fleste undersøkelser som er gjort konkluderer med at man ikke finner noen klare trender.

AVRENNING

En forutsetning for regionale estimer, er at det finnes dataserier med datadekning i hele perioden fra 1971-2014, og at seriene ikke er påvirket av regulering. Dette gjør at endringene vi ser i noen regioner bygger på få stasjoner og derfor er følsomme. Vi får likevel et bilde av de dominerende trekkene.

Gjennomsnittlig årsavrenning for Norge for perioden 1971-2000 er ca. 1100 mm, med store regionale variasjoner. Ved Ålfotbreen i Nordfjord er avrenningen estimert til over 5000 mm, mens en i Ottadalen, Lesja, Folldal og indre deler

⁴ NGI - Norges geotekniske institutt (2013): Impacts of extreme weather events on infrastructure in Norway (InfraRisk) - Sluttrapport til NFR-prosjekt 200689. Utarbeidet av: Frauenfelder, R., Solheim, A., Isaksen, K., Romstad, B., Dyrrdal, A.V., Ekseth, K.H.H., Gangstø, R., Harbitz, A., Harbitz, C.B., Haugen, J.E., Hygen, H.O., Haakenstad, H., Jaedicke, C., Jónsson, Á., Klæboe, R., Ludvigsen, J., Meyer, N.M., Rauken, R., Sverdrup-Thygeson, K., Aaheim, A. NGI Report no. 20091808-05-R.



FOTOGRAFI (VENSTRE):

Sandflukt ved Deset, Åmot kommune i Hedmark.

© *Arne T. Hamarsland/NVE*

FOTOGRAFI (HØYRE):

Fåvang under flommen 2011, Ringeby kommune.

© *NVE*



av Finnmarksvidda har en avrenning på under 400 mm. Årsavrenningen for Norge sett under ett er litt større for perioden 1985-2014 i forhold til normalperioden 1971-2000. Endringene i årsavrenning er svær små sammenliknet med de variasjonene man kan ha fra et år til et annet. Størst økning har det vært på Østlandet, Sørlandet og i nedbørfelt med bre. Trøndelag og Nordland har hatt en liten nedgang.

Sammenlikner vi periodene 1971-2000 og 1985-2014 for de ulike sesongene, har det derimot vært større endringer. De mest konsistente endringene på landsbasis er større avrenning om vinteren og våren (ca. 6 %). Vinteravrenningen har økt mest i Troms og Finnmark (ca. 19 %) fulgt av Sør- og Østlandet (ca. 8 %). På Vestlandet har det vært en marginal reduksjon. Om våren har Troms og Finnmark og brefeltene størst økning med nesten 10 %. Sommeravrenningen for Norge sett under ett er nær uendret mellom de to periodene. Trøndelag og Nord-Norge har en reduksjon på 4-12 %, Sørlandet, Østlandet og brefeltene har noe økt avrenning. Om høsten har avrenningen for Norge sett under ett økt noe (ca. 3 %). På Sørlandet, Østlandet, i Troms og Finnmark og i breelvene har avrenningen økt, mens den har avtatt på Vestlandet, i Trøndelag og Nordland.

Trendanalyser av lange tidsserier (1920-2005) for Norge bekrefter endringene man ser ved å sammenlikne 1985-2014 med 1971-2000, med klare trender mot økt vannføring om vinteren og våren, og tidligere snøsmelting.⁵

⁵ Wilson, D., Hisdal, H., Lawrence, D. (2010) Has streamflow changed in the Nordic countries? – Recent trends and comparisons to hydrological projections. Journal of Hydrology, 394, 334-346

Det er lokale forskjeller i endringene av sesongverdiene innenfor de ulike regionene. På Vestlandet er det avvik mellom stasjoner ytterst på kysten og i de indre fjordbunene. På Østlandet fører flomdempning i store innsjøer til forskjeller under vårflommen.

FLOM, URBANFLOM OG TØRKE

Når det gjelder flom, er det ingen klar tendens til at årets største flom har blitt større. Det er imidlertid en tendens til at antallet flomhendelser av en viss størrelse har økt.⁶ Det vi også ser, er at snøsmeltingen og dermed vårflommen kommer tidligere på grunn av økt temperatur.⁵

Den økte intensiteten i kraftige nedbørhendelser som er observert, har gitt flere episoder med flom i små bratte vassdrag og urbanflom.

Det er en tendens til at varigheten av tørkeepisoder (perioder med lav vannføring) om sommeren i Sør-Norge har økt.

SNØ

I en analyse av over 1300 målesteder for SVE (snøens vannekvivalent) finner vi at i Sør-Norge, over 850 moh, har

⁶ Wilson, D., Hisdal, H., Lawrence, D. (2014) Trends in floods in small Norwegian catchments – instantaneous vs. daily peaks, In: Hydrology in a Changing World: Environmental and Human Dimensions, Proceedings of FRIEND-Water 2014, Montpellier, France, October 2014, IAHS Publ. 363, 42-47.

denne økt i perioden 1931-2009⁷. I perioden 1991-2009 er trenden noe endret ved at man har negative trender både for innlands- og kystklima under 850 moh. En økning i SVE i perioden 1991-2009 finner vi bare i områder over ca. 1350 moh. Et liknende bilde finner vi også for Midt- og Nord-Norge, men signalene er ikke så klare som for Sør-Norge. Dyrddal m. fl.⁸ analyserte observasjoner av snødyp fra 926 målesteder for perioden 1961-2010. For innlandsklima fant man en generell positive trend (økt snødyp) for perioden som helhet mens for kystklima var signalene svake. Dyrddal og Vikhamar-Schuler⁹ fant at snøsesongen i løpet av de siste 100 år er blitt kortere ved de fleste av de 41 lange måleseriene som ble analysert. Det var også en klar tendens til at snøsesongen starter senere og slutter tidligere enn før. Både for lengde av snøsesongen og for antall dager med snø på bakken var det for halvparten av seriene en statistisk signifikant negativ trend. Også for maksimal årlig snødybde var det en klar overvekt av negative trender. I studiene til Skaugen m.fl.⁷ og til Dyrddal m. fl.⁸ er høyfjellsmålinger godt representert, mens i Dyrddal og Vikhamar-Schuler⁹ er høyfjellet dårlig representert.

⁷ Skaugen T. , Stranden, H.B., T. Saloranta (2012) Trends in snow water equivalent in Norway (1931-2009). Hydrology Research, 43(4), doi:10.2166/nh.2012.109

⁸ Dyrddal, A.V, Saloranta, T., Skaugen, T., Stranden, H.B. (2013) Changes in snow depth in Norway during the period 1961-2010. Hydrology Research, 44.1.doi:10.2166/nh.2012.064

⁹ Dyrddal, A.V., Vikhamar-Schuler, T. (2009). Analysis of long-term snow series at selected stations in Norway. met. no report 5/2009 Climate

ISFORHOLD

I referanseperioden finner man islagte innsjøer og elver i store deler av Norge i hele eller deler av vinteren. Unntaket er mindre områder ytterst på kysten, der isdekket er fraværende eller er ustabilt. Det er store variasjoner i isforholdene fra år til år og fra område til området. Men med basis i det generelle temperaturregimet i Norge, som også reflekterer isforholdene, har man klassifisert Norge i tre isregimer:¹⁰⁰ a) kontinentalt isregime hvor man generelt har stabile isforhold etter islegging; b) maritimt regime hvor man har variable isforhold gjennom vinteren; og c) et regime hvor man sjelden har is; Det siste området er i en smal sone langs kysten av Sørlandet, Vestlandet og Trøndelag, og noen store lavtliggende innsjøer på Østlandet.¹⁰

Det finnes få lange tidsserier for islegnings- og isløsnings-tidspunkter fra norske innsjøer og elver. En analyse av 27 lange tidsserier (ca.150 år) fra den nordlige halvkule har vist at islegging er forsinket med ca. 6 dager per hundre år mens isløsningen er fremskyndet med samme rate. Dette har resultert i at den islagte perioden er redusert med nesten 14 dager. På Mjøsa fant man i perioden 1865-2008 en reduksjon i islagt periode på 1.25 dager

¹⁰ Asvall, R.P., Kvambekk, Å.S. (2006) Ice cover in a changing climate. Proceedings of the 18th IAHR International Symposium on Ice. Sapporo, Japan, 269-275.



FOTOGRAFI (VENSTRE):
Engabrevatnet og Engabreen, Meløy kommune.
© Arne T. Hamarsland

FOTOGRAFI (HØYRE):
Vågåvatnet, Vågå.
© Arne T. Hamarsland

pr ti år¹¹. Kvambekk og Melvold¹² undersøkte endringer i islegging og isløsning (og antall dager med islegging) på Øvre Heimdalsvatn øst i Jotunheimen i perioden 1969-2008. De fant at isleggings-og isløsningstidspunktet var forsinket med respektive ni og seks dager i løpet av perioden. Tilsvarende endringer har man også sett for Atnasjøen (Hedmark) hvor antall dager med is er blitt redusert med 8-11 dager i perioden 1954 til 2008¹³. Disse data som er fra de siste 30-40 årene (Øvre Heimdalsvatnet, og Atnasjøen og internasjonalt), indikerer at forandringen har skjedd raskere i denne perioden enn i foregående perioder.

BREER

Enkle avstandsmålinger til norske brefronter startet i Norge rundt 1900 og viser at norske breer hovedsakelig smeltet tilbake på 1900-tallet, enkelte breer så mye som 2,5 km, men med store variasjoner fra bre til bre. Breer i innlandet har med få unntak smeltet tilbake i hele perioden, mens mange maritime breer har hatt perioder med tilbaketrekning og fremrykk. Mange kystnære breer opp til Lofoten hadde tilvekst på 1970-tallet og på 1990-tallet, mens de har hatt massetap etter år 2000. I dag er utviklingen for breene i stor grad i samsvar med utviklingen i resten av verden.

- NVEs målinger av massebalanse på en rekke breer i Norge viser at de maritime breene hadde overskudd i perioden 1963-2000, mens de kontinentale breene inkludert Storbreen hadde et betydelig underskudd. Overskuddet skyldtes snørike vintre i

11 Solvang, T. (2013) Historical trends in lake and river ice cover in Norway. Master thesis, Department of Geosciences, University of Oslo.

12 Kvambekk, A.S., Melvold, K. (2010) Long-term trends in water temperature and ice cover in the, Øvre Heimdalsvatn, and nearby lakes and rivers. Hydrobiologica. DOI 10.1007/s10750-010-0158-2.

13 Sandlund, O.T., Halvorsen, G., Finstad, A.G. (2010) Klima og hydrologi i Atnavassdraget. I «Nettverk for biologisk mangfold i ferskvann – samlerapport 2010». NINA rapport 598.



perioden 1989-1995 og understreker viktigheten av vinterbalanse for de norske breers massebalanse¹⁴. Den største minkingen har skjedd for den nordligste breen, Langfjordjøkelen i Finnmark. Målinger av breens istykkelse og massebalanse viser at breen har mistet en tredjedel av sitt volum siden 1966¹⁵. Mens brearealet er blitt redusert med 11 prosent siden 1960-tallet.¹⁶

- Nedsmelting av isbreer har i enkelte tilfeller ført til jøkulhlaup, som er brå tappinger av bredemte sjøer. Den største i nyere tid var ved Blåmannsisen i Nordland i 2001 hvor 40 millioner kubikk med vann ble tappet under isbreen i løpet av litt over et døgn. Årsaken til tappingen var at breen hadde smeltet ned og blitt så tynn at den ikke lenger klarte å demme opp vannet. Ved Flatbreen (2004) i Supphelledalen og Koppangen (2013) i Lyngen medført tapping av lignende jøkulhlaup skader på bebyggelse og infrastruktur. Endringer i breer som

14 Andreassen, L.M., Elvehøy, H., Kjøllmoen, B., Engeset, R.V., Haakensen, N. (2005) Glacier mass-balance and length variation in Norway. Annals of Glaciology 42, 317-325

15 Andreassen, L.M., Kjølmoen, B., Rasmussen, A., Melvold, K, Nordli, Ø. (2012) Langfjordjøkelen, a rapidly shrinking glacier in northern Norway. Journal of Glaciology, 58 (209), 581-593

16 Winsvold, S.H., Andreassen, L.M, Kienholz, C. (2014) Glacier area and length changes in Norway from repeat inventories. The Cryosphere, 8, 1885-1903



følge av klimaendringer kan gi store endinger i vannføring, utbredelse og farbarhet, lokalklima, flommer og isras.

HAVNIVÅ/STORMFLO

Satellitt- og vannstandsmålinger viser at det globale havnivået stiger ørlite hvert år. Dette skyldes oppvarming av havet og smelting av is på land. I løpet av de siste 100 år har det globale havnivå steget med rundt 17 cm. På tross av denne stigningen, har landheving gjort at mesteparten av norskekysten har hatt en netto senkning av havnivået etter siste istid. For perioden 1960-2010 varierer endringen i havnivå langs norskekysten fra 13 cm fall i Oslo til 6 cm stigning i Stavanger.¹⁷ Ekstremvannstand (stormflo) med ulike gjentakintervall er beregnet av Statens kartverk på grunnlag av observerte data.

SKRED

Skredfaren er sterkt knyttet til terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. Særlig kan snøskred og jord-/flomskred forårsakes av ekstreme værforhold. Det er nedbør, temperatur og vindforhold som styrer snøskredutløsningsmekanismene. Grunne jordskred i bratt terreng kan utløses av store nedbørmengder og/eller

snøsmelting. Kvikkleireskred utløses vanligvis av terreng-inngrep eller som følge av erosjon i elver og bekker, gjerne i perioder med høyt poretrykk. Steinsprang løses ofte ut av økt vanntrykk i sprekkssystemer i forbindelse med fryse-/tineprosesser, mens fjellskred vanskeligere kan knyttes til bestemte værelementer.

FOTOGRAFI (VENSTRE):

Fra Berg mot Torget, Brønnøy kommune.
© Arne T. Hamarsland

FOTOGRAFI (HØYRE):

Styrtregn, Gjøvik.
© Arne T. Hamarsland/NVE

3.3 KLIMA, HYDROLOGI, HAVNIVÅ OG SKRED I FREMTIDEN

Klimafremskrivninger er basert på antakelser om fremtidige tslipp av drivhusgasser (utslippsscenarioer). Disse scenariene legges inn i globale klimamodeller (Global Climate Model: GCM). Modellene beregner hvordan klimaet Klimafremskrivninger er basert på antakelser om fremtidige tslipp av drivhusgasser (utslippsscenarioer). Disse scenariene legges inn i globale klimamodeller (Global Climate Model: GCM). Modellene beregner hvordan klimaet vil endre seg ved å bruke likninger som beskriver prosessene i klimasystemet. Ulike GCM'er er bygget opp på forskjellige måter og inneholder forskjellige komponenter som kan gi forskjellige resultater. I dag har man mange institusjoner over hele verden som kjører klimamodeller for å fremskrive klimaet. Oppløsningen i en GCM er for grov til å beskrive klimaet på regional skala på en god måte. Resultatene nedskaleres derfor ved hjelp av en Regional Climate Model (RCM), såkalt dynamisk nedskalering, eller statistiske metoder, såkalt statsks nedskalering.

Fremskrivninger av hydrologien får vi ved å bruke nedbør- og temperaturfremskrivninger som inngangsdata i en hydrologisk modell. I resultatene beskrevet her er inngangsdataene i den hydrologiske modellen basert på dynamisk nedskalerte nedbør- og temperaturdata som i tillegg er bias-korrigert og tilpasset et grid på 1 x 1 km.

I oversikten nedenfor, basert på analysene som ligger til grunn for «Klima i Norge 2100»¹, oppsummeres forventete median endringer i klima basert på fremskrivninger fra 10 modellkombinasjoner for to ulike utslippsscenarioer (RCP4.5 – middels utslipp, RCP8.5 – høye utslipp) basert på dynamiske metoder. Det er beregnet endringer i seks temperaturregioner, 13 nedbørregioner og seks avrenningsregioner. For begge utslippsscenarioer er det beregnet økning for året og de fire årstidene for høy, midlere og lav fremskrivning basert på 90-persentilen, medianen og 10-persentilen. I



den følgende teksten gjengis bare resultatene for median endring for de to utslippsscenarioene. I «Klima i Norge 2100» presenteres et større utvalg av resultater.

Frem mot midten av dette århundret gir modellene ganske like resultater for temperaturøkning uavhengig av utslippsscenario, mens den regionale fordelingen av nedbør er mer avhengig av hvilken klimamodell som er benyttet. Mot slutten av århundret får valg av utslippsscenario stor betydning for hvor store endringene blir for både temperatur, nedbør og avrenning. Endringene for landet som helhet basert på RCP8.5 (høye utslipp) er i samsvar med tidligere beregninger. De regionale forskjellene i nedbør er ulike fordi de «gamle» fremskrivningene ga størst nedbørøkning på Vestlandet, mens de «nye» beregningene gir størst nedbørøkning på Østlandet. Dette får konsekvenser for hvor i landet en for eksempel kan forvente størst økning i tilsgitt for vannkraftproduksjon. For flom fører ikke endringene i den regionale fordelingen av nedbør til endringer i fremskrivningene. Dette er fordi de forventede endringene i flomstørrelser i stor grad styres av den forventede temperaturøkningen, og dermed at mer av nedbøren vil komme som regn.

I det følgende er endringene oppgitt i forhold til referanseperioden 1971-2000. «Midten av århundret» beskriver gjennomsnittet for perioden 2031-2060 og «slutten av århundret» gjennomsnittet for perioden 2071-2100.

TEMPERATUR

Median økning i gjennomsnittstemperaturen i Norge er ca. 1,7°C med middels utslipp og ca. 2,4°C med høye utslipp mot midten av århundret. Tilsvarende tall for slutten av århundret er henholdsvis 2,7°C og 4,5°C. Temperaturøkningen er ventet å bli størst om vinteren og

FOTOGRAFI:

Glomma i vårflom ved Flisa, Åsnes kommune.

© Arne T. Hammersland/NVE



minst om sommeren. Den største økningen i lufttemperatur forventes i Finnmark med en økning på ca. 2,5°C (middels utslipp) og 3.3°C (høye utslipp) i årsmiddel for perioden 2031–2060 og ca. 3,7°C og 6,0 °C for perioden 2071–2100 i forhold til normalperioden 1971–2000. Minst økning forventes på Vestlandet med 2,3°C (middels utslipp) og 3,9°C (høye utslipp) mot slutten av århundret.

Antall fyringsgraddager vil reduseres i takt med økende temperatur. Likeså vil antall dager med døgnmiddeltemperatur over 20 °C fortsette å øke og etter hvert forekomme i større deler av landet. Antall kalde dager og frostdager vil avta.

NEDBØR

Fremskrivningene viser en økt årsnedbør i Norge på ca. 8% med middels utslipp og ca. 18% med høye utslipp frem til 2071–2100. De største relative endringene (i %) finner vi i nordlige deler av Norge, mens de absolutte endringene (i mm) er størst på Vestlandet og i Midt-Norge. Fremskrivningen viser en økning i alle årstider for landet som helhet, og uten klare forskjeller mellom årstidene.

Som et resultat av økt temperatur og økning i vanndampmengden i atmosfæren forventes flere lokale intense nedbørepisoder. Fremskrivningene viser også at antall dager med kraftig nedbør på ett år kan øke med mellom 50 % (middels utslipp) og 90 % (høye utslipp) mot slutten av århundret. Dessuten vil nedbørmengden på dager med kraftig nedbør øke, ca 20 % for høye utslipp. Dette vil særlig skape utfordringer knyttet til flom i små vassdrag og urbane strøk (overvann).

Det er stor usikkerhet i fremskrivningene av nedbør i Norge. Dette henger sammen med at nedbørfordelingen i stor grad styres av retningen nedbøren kommer fra. Den norske topografien er preget av lange fjellkjeder som skiller Østlandet, Vestlandet og Trøndelag.

Dagens klima er dominert av nedbørområder fra sørvest til nordvest som resulterer i nedbørmaksimum langs Vestlandet og i deler av Nordland. Deler av Østlandet ligger i regnskygge, spesielt områder nær vannskillet i vest og i nord. De sjeldnere tilfellene med nedbørområder fra sør og sørøst kan gi høy vannføring og skadeflom på Østlandet mens

Nord-Vestlandet og Midt-Norge blir liggende i regnskygge. De ulike klimamodellene gir litt ulike lavtrykksbaner. Dette medfører ulik nedbørfordeling i Norge, selv om det generelt er beregnet en økning i nedbøren over hele landet.

LYN

En studie gjennomført av Meteorologisk institutt viser en sannsynlig økning i lynfrekvens på 25% frem mot år 2050 for landet sett under ett. Frem mot år 2100 kan man forventet en ytterligere økning av lynfrekvens i takt med økning temperatur og nedbør.¹⁸

VIND

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold. På årsbasis er det en meget svak reduksjon i vindhastigheten som overskrides 1 % av tiden (dvs. 3-4 dager i året). Denne tendensen er størst om våren og sommeren, mens det om vinteren er en svak tendens til høyere verdier. For de aller høyeste vindhastighetene er det en økning i alle årstider.

AVRENNING

Frem mot midten av århundret er det ingen store median endringer i årsmiddelavrenningen i Norge hverken for midtels eller høye utslipp. Det er imidlertid ganske stor forskjell på fremskrivningene avhengig av hvilken av de 10 modellkombinasjonene som er brukt, fra reduksjon til økning i avrenningen. Her beskrives median endring *mot slutten av århundret for RCP8.5 (høyt utslippsscenario)*. Vi ser en moderat økning i avrenningen, ca. 7%. Det er imidlertid egionale forskjeller med økt avrenningen på Østlandet, Vestlandet og i Nordland. Sørlandet, Trøndelag og Troms og Finnmark får minimal endring. Nedbørfelt med stor breandel forventes også å få økt årsavrenning.

Disse endringene er styrt både av klimamodellenes nedbørøkning og temperaturøkning. Når temperaturen øker vil fordampningen også øke. Dermed blir økningen i avrenning mindre enn økningen i nedbør.

18 Midtbø, K.H., Haugen, J.E., Kjøltzow, M.A.Ø. (2011) Lynstudien, NVE-Rapport 6-2011, Oslo

Endring i middelavrenningen for de fire årstidene, er betydelig større enn for årsavrenningen. På landsbasis øker avrenningen i vintermånedene med over 40 %. Vinteren blir våtere som følge av økt nedbør, høyere temperatur og dermed flere mildvær med nedbør i form av regn. I lavtliggende områder vil tidspunktet for vårflommen forskyves fra vårmånedene til vintermånedene. Alle regionene får en stor prosentvis økning i vinteravrenningen, størst på Østlandet og i Nord-Norge og minst på Vestlandet.

Avrenningen om våren øker med ca. 7 % på landsbasis. De fleste regioner har en økning, og i vassdrag hvor tidspunktet for vårflommen forskyves fra juni/juli og inn i vårmånedene vil avrenningen om våren øke mest. I lavereliggende vassdrag hvor dagens vårflom reduseres eller blir borte vil avrenningen om våren reduseres.

Sommeren vil få redusert avrenning i alle regioner og reduksjonen i sommeravrenningen i Norge sett under ett, er på ca. 25 %. De største endringene modelleres i Troms og Finnmark der avrenningen kan avta med over 40 %. Også i de andre regionene er det en reduksjon i sommeravrenningen på 20-30%. Reduksjonen i sommeravrenning skyldes delvis forskyvning av smeltetidspunktet, men marginal økning i sommernedbør i enkelte regioner og økt fordampning bidrar også sterkt til reduksjonen i avrenningen.

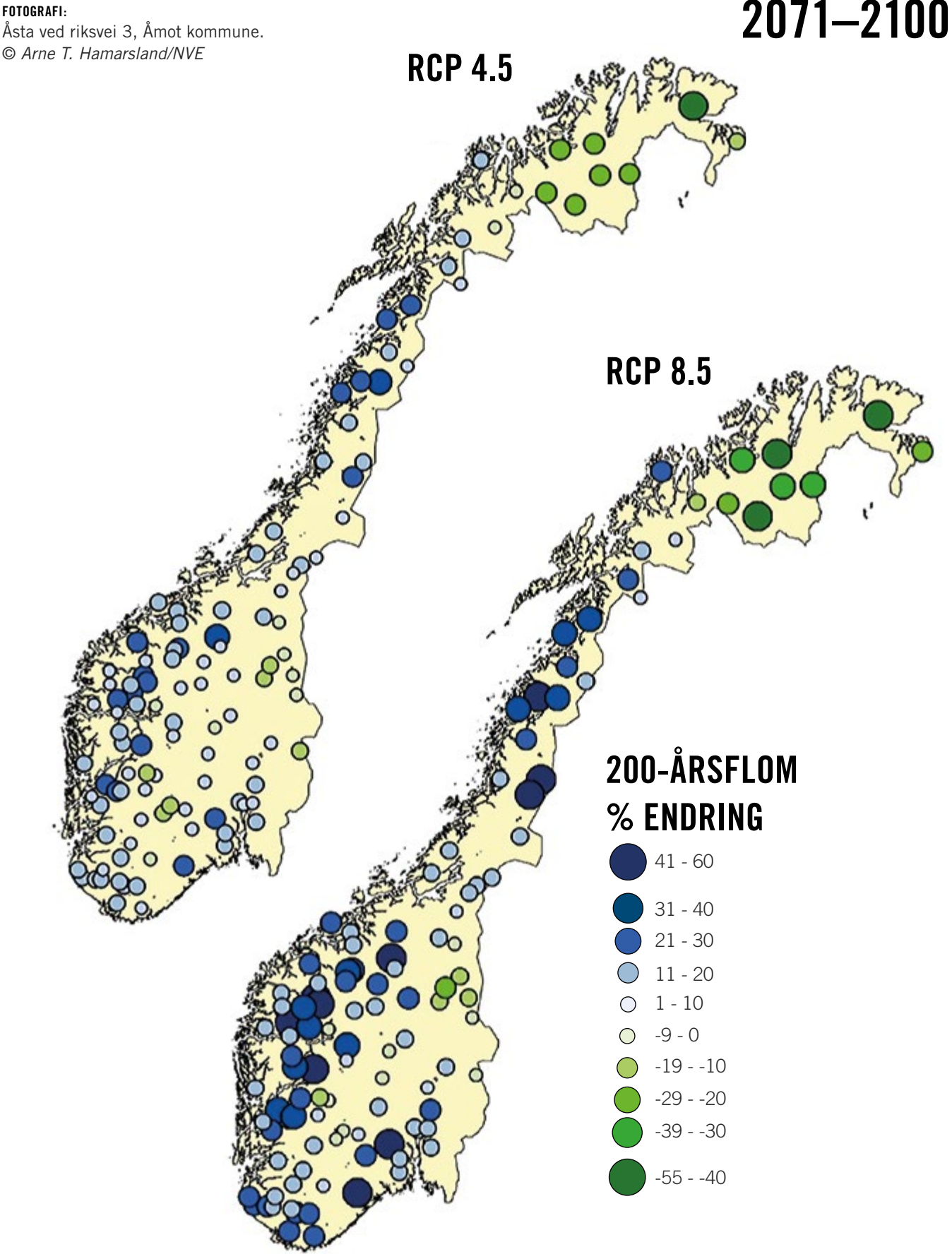
Om høsten øker vannføringen i snitt over Norge med ca. 17 %. Med unntak av en reduksjon på Sørlandet, forventes avrenningen å øke i alle regioner. Økningen er størst i Nordland (ca. 30 %) fulgt av Troms og Finnmark, Trøndelag og Vestlandet med ca. 20 %.

Den viktigste endringen som fremgår av fremskrivningene både mot midten og slutten av århundret, er endringen i *sesongfordelingen* av avrenningen. Denne styres i stor grad av utviklingen av snødekket og endringer i fordampning og er i hovedsak styrt av temperaturen. De projiserte endringene i sesongavrenningen, skyldes derfor temperatursignalet i langt større grad enn nedbørendringene. Endringene er avhengig av nedbørfeltens høyde over havet og hvor langt frem i tid man går.

Fremskrivningene av endringen i årsavrenningen i de ulike *regionene* er helt avhengig av hvilke endringer som kommer i nedbørfordelingen. Dersom modeller som gir forsterket vestavind, slår til, vil det bli en økning i årsavrenningen i alle vassdrag vest for vannskillet fra Jæren til Finnmark. Modeller som gir mer vær fra sørøstlig kant resulterer i en økning på sentrale og østlige deler av Østlandet og redusert årsavrenning i det mest av Midt-Norge.



FOTOGRAFI:
Åsta ved riksvei 3, Åmot kommune.
© Arne T. Hamarsland/NVE



FIGUR 2: Prosentvis endring i 200-årsflom for perioden 2071–2100 i forhold til 1971–2100 for RCP4.5 og RCP8.5 for 115 nedbørfelt. Verdien som vises er medianen av 500 fremskrivninger for hvert nedbørfelt.

FLOM, URBANFLOM OG TØRKE

Resultatene for flom og tørke er basert på nye beregninger gjort for den oppdaterte «Klima i Norge 2100»¹. De nye resultatene bekrefter resultatene fra tidligere analyser^{19, 20}. I figur 2 er resultatene for median endring i 200-årsflom mot slutten av århundret med både middels og høyt utslipps-scenario vist. Selv om resultatene er usikre, er tendensene i endrede flomforhold tydelige. 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.

Med klimaforhold som det har vært til nå, har de fleste vinterflommer vært små unntatt i relativt slake og lavtliggen-de nedbørfelt. Med en heving av overgangssonen på 500 m, innebærer det at nedbør som i dag faller som snø i store deler av bratte nedbørfelt i fremtiden vil falle som regn i storparten av feltet. Temperaturøkningen vil derfor forårsake flere og langt større vinterflommer eventuelt med skred i bratte nedbørfelt selv om nedbøren ikke øker.

19 Lawrence, D., Hisdal, H. (2011) Hydrological projections for floods in Norway under a future climate, NVE Report no. 5-2011, Oslo

20 Wong, W.K., Beldring, S., Engen-Skaugen, T., Haddeland, I. and Hisdal, H. (2011) Climate Change effects on spatiotemporal patterns of hydroclimatological summer droughts in Norway. J. Hydrometeor. 12 (6): 1205-1220

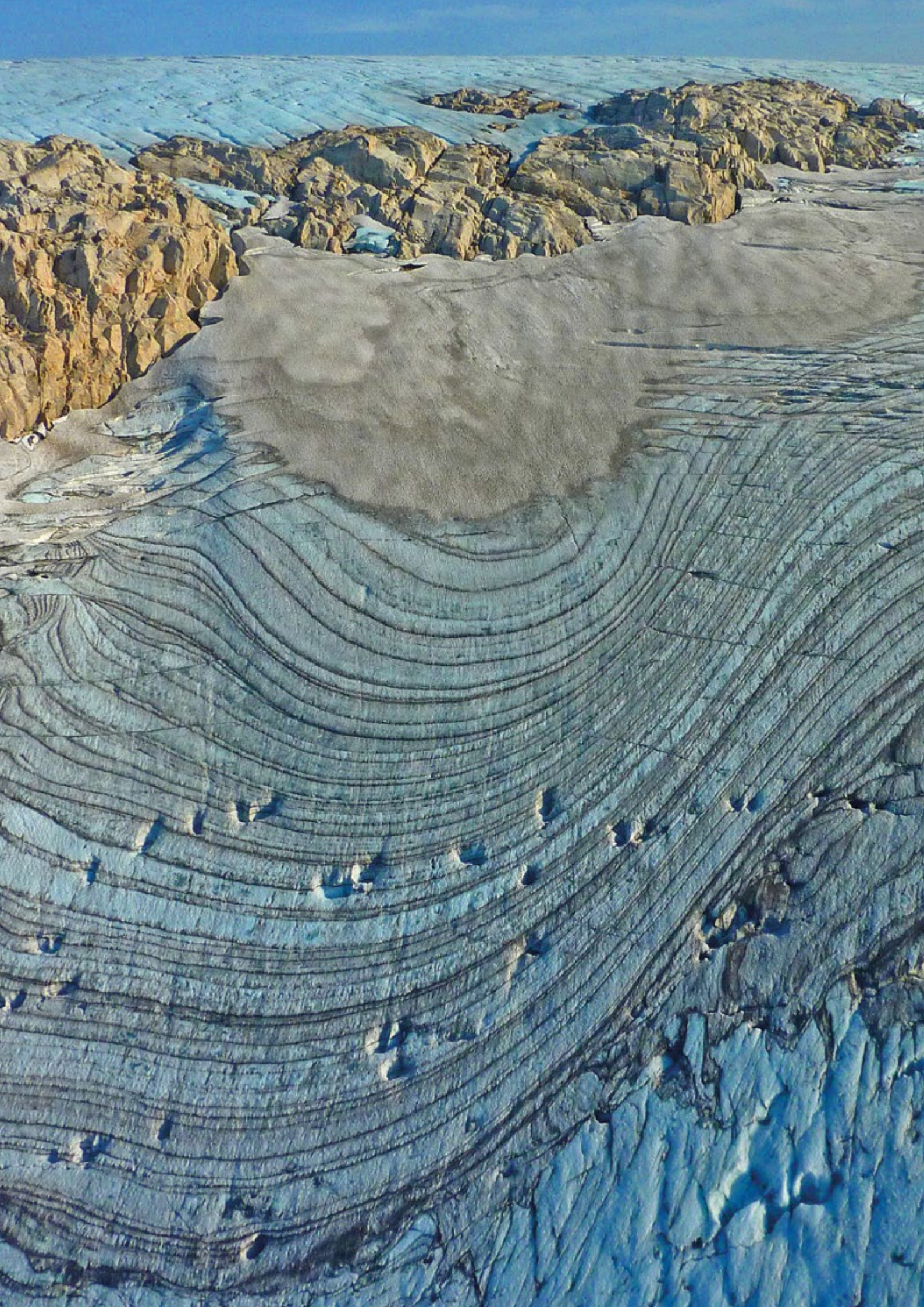
Med økt forekomst av intense, lokale styrtregnepisoder, vil det bli flere lokale regnflommer til alle årstider. Små bratte vassdrag og urbane områder vil være spesielt utsatt. Større utfordringer med urbanflom (overvannsflom) kan derfor forventes.

Det er forventet betydelig økt fordampning i store deler av Norge frem mot 2071-2100. Liten endring i sommernedbør kombinert med økt fordampning fører i økt markvannsun-derskudd og lengre perioder med liten vannføring, noe som resulterer i flere sommertørker og økt skogbrannfare og kan gi nye utfordringer for biologisk liv i elver og sommerpro-duksjon i elvekraftverk.

SNØ

Endringer i snødekke styres både av endringer i nedbør i den kalde årstiden og av endringer i perioden temperatu-ren er under frysepunktet. Temperaturen avtar med 0,6 °C pr 100 m i mettet luft og 1 grad pr 100 m i tørr luft. Om snøforholdene skal endres i et nedbørfelt, avhenger av høy-defordelingen i nedbørfeltet. Temperaturfremskrivningene indikerer en gjennomsnittlig heving av vintertemperaturen av størrelsesorden 3-4 grader frem til perioden 2071-2100. Dette svarer til en heving av overgangssonen fra snø til regn med ca. 500-600 m i forhold til nivået i kontrollperi-oden (1971-2000). Samtidig vil vinterenedbøren øke over store deler av Norge. Snøen vil legge seg senere og smelte tidligere. Denne effekten er allerede målbar og er rapportert av Dyrdal og Vikhamar-Schuler (2009).²¹ Likevel kan den

21 Dyrdal, A.V., Vikhamar-Schule, D. (2009) Analysis of long-term snow series at selected stations in Norway. met. no report 5/2009 Climate



FOTOGRAFI:
Folgefonna 2011
© Hallgeir Elvehøy/NVE

økte vinterneedbøren føre til økt toppverdi på snømagasinet i fjellet over 800-1000 m på kort sikt. Etter hvert som oppvarmingen blir sterkere vil det også bli flere mildværsepisoder i fjellet, og dermed redusert snømagasin der. I lavlandet vil snømagasinet bli kraftig redusert som følge av at mer av nedbøren om vinteren vil komme som regn. Varigheten av snødekket kan i kystnære lavlandsområder bli redusert med mer enn 3 måneder, som innebærer at det ikke lenger blir årvisst snølegging. Likevel vil det fortsatt være år med betydelig snølegging over store områder.

ISFORHOLD

Økte temperaturer vil føre til at isganger vil bli mer vanlig høyere til fjells og lengre inn i landet enn det som er vanlig i dag. Det vil også medføre at perioden med islagte innsjøer vil bli betydelig kortere enn i dag, og istykkelsen vil bli redusert. Den islagte perioden kan bli 3 til 14 uker kortere enn i dag; de minste endringene vil man få i innlandet og høyt til fjells.²² Et endret klima vil føre til flere vinterflommer som følge av mer mildvær og regn om vinteren (se også kapittel 5.3.5). Ekstremregn om vinteren etter at isen har lagt seg kan forårsake alvorlige isganger med oversvømmelser og flommer. Økt temperatur vil gi kortere og mindre kalde kuldeperioder om vinteren. Dermed blir sesongen for isgang kortere, men år- til årsvariasjonen vil være stor. Det er derfor fare for isganger også i fremtiden.²³

Litt inn fra kysten er det i dag en sone hvor det skifter ofte mellom mildvær og kulde, og hvor isen kan komme og gå flere ganger i løpet av en vinter. Denne sonen vil flytte seg lenger inn i landet og til større høyde over havet. Dette innebærer at isganger kan utløses høyere oppe i vassdraget enn i dag, og dermed endres også områdene som er utsatt for isgangsskader. I innlandet, spesielt i Finnmark vil det svære små endringer i isgangene i forhold til dagens klima. I områder med mer

22 Gebre, S., Boissy, T., Alfredsen, K. (2014) Sensitivity of lake ice regimes to climate change in the Nordic region, The Cryosphere, 8, 1589-1605

23 Asvall, R.P., Kvambekk, Å. S. (2006) Ice cover in a changing climate. Proceedings of the 18th IAHR International Symposium on Ice. Sapporo, Japan, 269-275

maritimt klima vil isen kunne forsvinne eller isleggingssesongen avta.

BREER

Med basis i klimafremskrivningene for Norge gir over vil man få store endringer i breareal og brevolum frem mot år 2100: De store isbreene vil reduseres til en tredjedel av dagens volum og areal, kun noen av de høytliggende små breene finnes fortsatt, dagens breelver vil ha liten eller ingen sesongpåvirkning fra bresmelting etter en periode med nedsmelting og høyere vannføring. Hovedtyngden av disse endringen vil skje etter 2050.

Breenes utvikling reguleres i hovedsak av endringer i sommertemperatur som styrer avsmeltingen, og vinterneedbør i form av snø, som styrer akkumulasjonen. Både endring i nedbørmengde og lengden på snøsesongen og smeltesesongen har betydning. Innlandsbreene, for eksempel i Jotunheimen, vil mest sannsynlig fortsette å minke i takt med den forventede økningen i sommertemperatur og økt temperatur høst og vår som vil forlenge smeltesesongen. Utviklingen til de kystnære breene, som i større grad er styrt av vinterneedbør, vil også være avhengig av endringer i vinterneedbøren. Temperatur- og nedbørsfremskrivningene indikerer både heving av vintertemperaturen og økt vinterneedbør frem mot 2070-2100. Økt temperatur og mindre snø i lavereliggende deler av breene vil gi økt avsmelting. De høytliggende deler av breen vil i en periode få økt snømagasin men etter hvert som oppvarmingen blir sterkere vil man også her få redusert snømagasin.

Simuleringer av fremtidig massebalanse for Storbreen (kontinental bre i Jotunheimen i Oppland), Hardangerjøkulen (maritim bre i Hordaland), og Engabreen (utløper fra Vestre Svartisen i Nordland) antyder at for å kompensere for en temperaturøkning på 2–3 grader må nedbøren øke opp mot

FOTOGRAFI:

Sørpeskred Manndalen mai 2010, Kåfjord kommune.
© *Andrea Taurisano/NVE*

100 prosent.^{24 25 26} Selv om vinternedbøren er forventet å øke, gir ingen av fremskrivningene slike nedbørsendringer, så norske breer vil minke i utbredelse og volum frem mot 2100.

Simuleringer av endringer i breareal, brevolum og avrenning med basis i temperatur og nedbørscenarier har vist at f.eks. vil Briksdalsbreen, en utløper fra Jostedalsbreen, smelte tilbake slik at brefronten som nå ligger ved ca. 350 moh blir liggende 1300–1400 moh²⁷. Volumet og arealet av iskappene Hardangerjøkulen og Spørteggbreen vil reduseres med mere enn 2/3 innen 2100.^{28 26} Mange breer i Norge er små og tynne og vil antagelig smelte helt vekk. Større og tykkere breene vil bli tynnere og smelte tilbake til høytliggende forsenkninger i terrenget, slik at breene i sin helhet blir begrenset til høyereliggende fjellpartier.

24 Andreassen L.M., Oerlemans, J. (2009) Modelling long-term summer and winter balances and the climate sensitivity of Storbreen, Norway. *Geogr. Ann.* 91 A (4): 233–251

25 Giesen. R.,Oerlemans, J. (201), Response of the ice cap Hardangerjøkulen in southern Norway to the 20th and 21st century climates. *The Cryosphere*, 4, 191–213

26 Laumann, T.Nesje, A. (201). Spørteggbreen, western Norway, in the past, present and future: Simulations with a two-dimensional dynamical glacier model. *The Holocene*, Vol. 24(7) 842– 852

27 Laumann, T. Nesje, A. (200). A simple method of simulating the future frontal position of Briksdalsbreen, western Norway. *The Holocene*, 19(2), 221–228.

28 Melvold, K. Laumann, T. (2010) (Extended abstract) A coupled mass-balance and ice-flow model for Midtdalsbreen; projection of glacier length based on climate scenarios (CES). (CES). Conference proceedings. Future Climate and Renewable Energy: Impacts, Risks and Adaptation 31 May – 2 June 2010, Soria Moria Hotel and Conference Center, Oslo Norway. Norwegian Water Resources and Energy Directorate (http://www.nve.no/PageFiles/7316/Trykklar_proceedings.pdf?epslanguage=en).

Endringer i breareal og høydefordelingen til breene, sammen med utvikling av snødekket som i hovedsak er styrt av temperatur, vil bestemme sesongfordelingen av avrenning i breelvene mot midten og slutten av fremskrivningsperiodene. Om sommeren og tidlig på høsten vil avrenningen i breelva avta (20–40 prosent) for perioden 2071–2100 da mengden smeltevann fra isbreene vil bli betydelig redusert som følge av at brearealet reduseres i forhold til i dag. I de maritime områdene i Vest-Norge vil økt nedbør i noe grad kompensere for redusert smeltevann, spesielt for de høye utslippsscenariet. I en periode frem mot år 2031–2070 vil man få en midlertidig økning i avrenning på 5–20 prosent. Dette gjelder spesielt i Vest-Norge som følge av økt temperatur og dermed økt bresmelting, mens breen enda dekker et betydelig areal. I Nord- og i Sørøst-Norge er signalene svake for denne perioden. Sent på høsten og om vinteren vil man få den største prosentvise endringen i avrenning. I dag har mange av feltene liten avrenning da feltene ligger høyt og nedbøren kommer som snø. Dette vil endre seg frem mot 2071–2100, og man vil få økt avrenning både på senhøsten og om vinteren. Dette skyldes at man får flere mildværsperioder med regn og snøsmelting selv midtvinters. Signalene er sterkere for de høye utslippsscenariet enn de lave. Tidspunkt for maksimum avrenning forskyves frem, fra juli til mai/juni.

HAVNIVÅ

I en ny rapport av Simpson m.fl. fra 2015¹⁷ vises fremtidig havnivåstigning for norske kystkommuner. I løpet av det 21. århundre kan havnivået langs norskekysten forventes å stige fra ca. 15 til ca. 55 cm, når en også tar hensyn til landhevingen (middelverdi av alle modellene for RCP8.5).

SKRED

Været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. Derfor vil klimaendringer påvirke skred, selv om skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold. Gjennom GeoExtreme²⁹- og InfraRisk⁴-prosjektene er sammenhen-

29 Kronholm, K., Stalsberg, K. (2009) Klimendringer og endringer i skredhyppighet. Klima 03/09, CICERO senter for klimaforskning, Oslo



gen mellom ulike værelementer, terrengforhold og ulike skredtyper undersøkt. Resultatene fra prosjektene viser også hvordan skredfaren kan endre seg i fremtiden som følge av klimautviklingen. Vurdering av effekten av klimaendringer på skred er overveiende basert på kvalitative vurderinger.

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige geologiske prosesser og forhold, for eksempel sprekk-systemer. Selv om oppvarming og tining av permafrost kan være en medvirkende faktor for utløsning av enkelte store fjellskred, er det foreløpig ikke grunnlag for å si at klimaendringen vil føre til økt hyppighet av store fjellskred.

Steinsprang og steinskred utløses ofte av økt vanntrykk i sprekk-systemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder av kraftig nedbør, vil derfor kunne øke hyppigheten av denne skredtypen.

Forutsatt at det blir flere store nedbørhendelser i brattlendt terreng, vil faren for jord- og flomskred øke. En viktig årsak til grunne jordskred er høyt porevannstrykk som følge av snøsmelting eller store nedbørmengder. De største nedbørintensitetene opptrer som nevnt i avsnittet om flom, om høsten og vinteren i bratte nedbørfelt i Vest- og Nord-Norge. Med økt temperatur vil mer av nedbøren falle som regn i de høyere delene av nedbørfeltet, og det vil kunne øke skredfaren.

Det er en klar sammenheng mellom nedbør, temperatur, vind og ulike former for snøskred. Gradvis høyere temperatur vil etter hvert gi kortere snøsesong og kystnære strøk i lavlandet kan bli helt snøfrie. Ellers vil faren for tørrsnøskred etter hvert reduseres, mens faren for våtsnøskred og sørpeskred i skredutsatte områder vil øke. Skredene kan også ramme andre steder enn tidligere.

De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet eller erosjon i elver og bekker. For naturlig utløste kvikkleireskred, kan økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer, utløse flere skred.

Noen faktorer bidrar også til å redusere skredfaren, som heving av skoggrensen, noe som både er avhengig av klimatiske forhold, bortfall av beiting og skogdrift. Menneskelige inngrep i terrenget kan også øke faren for skred. For eksempel har uheldig bygging av adkomstveier med utilstrekkelig drenering i fjell-lier ført til lokale flommer og utløst jordskred.

FOTOGRAFI:

Tora ved Strynefjellsvegen, Skjåk kommune.
© Arne T. Hamarsland/NVE

3.4 OVERVÅKNING AV HYDROLOGI

Hydrologiske data samles inn for en rekke ulike formål og danner grunnlaget for en best mulig forvaltning av våre vann- og energiresurser inkludert forebygging av flom- og skredfare. NVE har samlet inn data siden 1800-tallet og har mange, lange dataserier av god kvalitet. Disse gir samfunnet mulighet til å oppdage og tallfeste hvordan klimavariasjoner og menneskers inngrep i vassdragene påvirker hydrologien. Dette omfatter vannføringen i elver, markvanns- og grunnvannstilstand, sedimenttransport, snødekning og snømengde, isforhold, temperatur i elver og innsjøer og breers massebalanse og frontposisjon. Hydrologiske elementer er også en meget viktig del av klimasystemet. For eksempel er snødekkets utbredelse viktig både for jordas evne til å reflektere lys og varme og fordampning. Et annet eksempel er at endringer i tilførselen av ferskvann fra elver og isbreer påvirker havets sirkulasjonssystem. Endringer i vann- og sedimenttilførsel, vil også påvirke de økologiske forhold i vassdragene og nære havområder.

Klimafremskrivninger fra FNs klimapanel, IPCC, og regionalt nedskalerte klimafremskrivninger, tilsier at det vil bli varmere og, med unntak av sommeren, våtere i Norge. Det er relativt store regionale forskjeller og hvor store endringene blir, varierer mellom årstidene. Avrenning, snømengder, isbreer og andre hydrologiske variable, endrer seg i takt med



et endret klima. For eksempel kan totalavrenningen endre seg både som følge av endret nedbør og fordampning. Det hydrologiske regimet i Norge er karakterisert ved oppbygging av snødekke om vinteren og smelting av dette om våren. Endret temperatur og eventuelt nedbør vil være avgjørende for forløpet av blant annet avrenningen over året, oppfylling av grunnvanns- og markvannsmagasin samt islegging og smelting, snømengder og snøsesongens lengde, isbreenes utbredelse og sedimenttransporten i våre vassdrag. Endringer i vannføring og sedimenttransport vil også føre til endringer i elveløpenes tilpasning. Dette kan innvirke på elveløpenes tverrprofiler og fall. På alluviale strekninger kan dette føre til endringer i flomsonene langs vassdragene. Det kan også påvirke stabiliteten i ravineområder. Kombinert med flere intense lokale nedbørepisoder, kan flomforholdene endre seg mye. For å kunne oppdage og tallfeste endringer, er et landsdekkende overvåkingsnett helt nødvendig.

Lange tidsserier er også sentrale for å fastlegge dimensjoneringsgrunnlaget for ulike konstruksjoner i tilknytning til vassdrag. Dette kan være dammer, kraftverk, bruer og lignende. Dersom de underliggende seriene ikke viser systematiske endringer og formålet er klart definert, kan det lages kriterier for hvor lenge data bør samles inn for å oppnå en rimelig sikkerhet i dimensjoneringen. Ofte vil en finne systematiske endringer i de hydrologiske dataseriene. Dette skyldes både en stor naturlig variabilitet gitt av ytre pådriv som varierende solinnstråling, interne prosesser i hav og atmosfære og følger av menneskelig aktivitet i nedbørfeltet og vassdraget. Dette medfører usikkerhet, særlig i estimater av ekstremer. Når flomforholdene endres som følge av klimaendringer, øker denne usikkerheten. For å minimere usikkerheten, er det viktig med mange og oppdaterte observasjoner. I tillegg må det utvikles metoder for å ta høyde for effekten av klimaendringer i for eksempel flomfrekvensanalyse.

Et nett av stasjoner for klimaovervåkning ble etablert i 2013,³⁰ for vannføring, markvann, grunnvann, snø, breer,

30 Fleig, A.K., Andreassen, L.M., Barfod, E., Haga, J., Haugen, L.E., Hisdal, H., Melvold, K., Saloranta, T. (2013) Norwegian Hydrological Reference Dataset for Climate Change Studies. NVE Report no. 2-2013

is på elver og innsjøer og temperatur i elver og innsjøer. Seks utvalgskriterier ble brukt ved valg av stasjoner:

- Nedbørfelt ikke påvirket av endringer i arealbruk (< 10% av arealet berørt).
- Fortrinnsvis serier ikke påvirket av reguleringer eller overføringer.
- Serielengde: minimum 20 år, fortrinnsvis mer enn 50 år. Korte serier tillates for dekke regioner med få stasjoner.
- Stasjonen skal være aktiv og en forventer at stasjonen ikke legges ned.
- God datakvalitet.
- Relevante metadata som gir opplysninger om de fem foregående kriteriene.

Det er svært vanskelig å definere et landsdekkende stasjonsnett for vannføring som ikke i noen grad er påvirket av reguleringer. Selv om de lengste seriene er påvirket av ulike inngrep, kan de være viktige i klimaovervåkning, spesielt om det kan etableres tilsigsserier i den regulerte perioden. Stasjonsutvalget for klimaovervåkning kan derfor inkludere enkelte lange serier fra regulerte felt.

Overvåking av noen hydrologiske variable vil skje gjennom arealdekkende målinger i stedet for målinger i punktstasjoner. Dette gjelder spesielt for observasjoner breer og snø, hvor utbredelse, volum, massebalanse, isbevegelse, isdreneringsskiller osv. vil måtte observeres regelmessig med bruk av f.eks. satellittbilder og laserskannere fra fly.

For å få en detaljert beskrivelse av endringer i tid og rom av hydrologiske variable, er det ikke alltid tilstrekkelig kun å utføre direkte observasjoner. Man må i tillegg bruke modeller. Et tilpasset nett av målestasjoner for inngangsdata i de hydrologiske modellene er derfor viktig, og må inkluderes når en observasjonsstrategi defineres.

For å følge klimaendringers effekt på hydrologi er det svært viktig å opprettholde de uregulerte målestasjonene for

klimaovervåking, identifisert i Fleig m.fl.³⁰. Dette er derfor en viktig vurdering ved konsesjonsbehandling av inngrep.

Klimaendringenes effekt på tilsiget kan påvirke vannkraftproduksjonen og kraftsystemet. For å følge utviklingen kan det være behov for å opprette målestasjoner for eksempel i områder med stor tetthet av småkraftverk. Bedre målestasjonsdekning vil også bidra til å redusere usikkerheten ved beregning av dimensjonerende flom.

3.5 USIKKERHET OG KLIMAPÅSLAG

Når vi spør hvor mye temperaturen, nedbøren, vinden eller avrenningen vil endre seg i et fremtidig klima finnes mange svar. Avhengig av hvilke utslippsscenarier, klimamodeller og hydrologiske modeller som er benyttet, vil svaret variere. Vi kan tro mer eller mindre på noen av svarene, men de er i utgangspunktet alle like sannsynlige. Spesielt stor er usikkerheten knyttet til ekstremer i et endret klima. Jo mer lokalt og jo finere tidsoppløsning, jo større blir usikkerheten

Selv om variasjonen i resultatene kan være stor, vil vi for de fleste klimatiske og hydrologiske variabler, se i hvilken retning det går (økning, reduksjon eller ingen endring). I klimatilpassingsarbeidet er det viktig å finne metoder for hvordan man skal kunne foreta beslutninger under denne usikkerheten.

Med utgangspunkt i de forventede prosentvise endringene i 200-års flom for RCP8.5 (Figur 2), er det definert tre klasser med klimapåslag som brukes i tilknytning til ulike flomberegninger, inkludert de som danner grunnlaget for flomsonekart. I store elver som i dag domineres av snøsmelteflommer og hvor en forventer en reduksjon i årets største flom i fremtiden, er det ikke behov for et «klimapåslag». I vassdrag hvor det forventes en økning på mer enn 20 % i 200-årsflommen mot slutten av århundret, legges det på et klimapåslag på 20 %. Også i små vassdrag og urbane områder skal det benyttes et klimapåslag på 20 %. I vassdraget hvor det ventes særlig stor økning i 200-årsflommen mot slutten av århundret, bør også et påslag på 40 % vurderes.

NVE har også målestasjoner for avrenning i urbane områder. Dataene som er samlet inn er i liten grad analysert, men vil være et viktig grunnlag i pågående FoU-prosjekter om klimaendringers effekt på ekstremnedbør og flom i små nedbørfelt og urbane områder. Behovet for denne typen målestasjoner i tillegg til korttidsnedbørstasjoner er ikke utredet.

For dimensjonerende ekstremnedbør beskrives foreløpig resultater i «Klima i Norge 2100»¹. Klimapåslagene ligger på 20 % - 40 % for RCP8.5, avhengig av nedbørens varighet og gjentaksintervall. Bakgrunnen for disse beregningene og regionale verdier finnes i Førland m.fl.³¹

I den nye rapporten om havnivåstigning¹⁷, er det oppgitt hvordan man kan beregne klimapåslag på 200-års stormflonivå basert på RCP8.5 mot slutten av århundret. Alle klimapåslag vil bli gjort tilgjengelig på www.klimaservicesenter.no

31 Førland E (ed.), Dyrørdal, A.V., Haakenstad, H., Hanssen-Bauer, I., Haugen, J.E., Isaksen, K. (2015) Grunnlagsanalyser for «Klima i Norge 2100», NCCS report 3/2015, (under utarbeidelse)



4 NVES ARBEID MED KLIMA- TILPASNING

NVEs rolle i klimatilpasningsarbeidet omfatter både tilrettelegging av tverrsektorielt samarbeid og klimatilpasning innen eget forvaltningsområde. Med tverrsektorielt samarbeid menes aktiviteter der NVE bidrar til og legger til rette for klimatilpasning innen andre myndigheters forvaltningsområde, f.eks. vil verdier for flom i et endra klima legges til grunn i kommunal arealplanlegging og byggesaksbehandling samt i vei- og jernbaneplanlegging (Statens vegvesen/Jernbaneverket).

«Høstløv», Snaråa, Våler i Hedmark

Foto: © Arne T. Hamarsland/NVE



FOTOGRAFI:

Isgang i Glomma, Stor-Elvdal kommune.
© Arne T. Hamarsland/NVE

**FOR Å NÅ MÅLENE FOR GOD KLIMATILPASNING
MÅ NVE INNEN VÅRE ANSVARSOMRÅDER:**

- Ha høy faglig kompetanse og et godt datagrunnlag.
- Kartlegge tilpasningsbehov/tilpasningstakt hos målgrupper innen NVEs forvaltningsområde.
- Formidle kunnskap om klimaendringer og tilpasningsbehov til alle målgrupper.
- Kommunisere tydelig krav til klimatilpasning innen NVEs myndighetsområder.
- Gi robuste anbefalinger om «klimapåslag» for flom og etterstrebe at anbefalingene harmoniserer med tilsvarende anbefalinger om «klimapåslag» for havnivå (stormflo) og ekstremnedbør (urbanflom).
- Bygge nettverk innen klimatilpasning med andre forvaltningspartnere, brukere og forskningen.
- Arbeide systematisk for å bidra til at NVE og virksomheter innen NVEs forvaltningsområde har beredskap for å møte ekstraordinære påkjenninger som følge av endret klima.

NVEs tverrsektorielle bidrag til klimatilpasningen er særlig knyttet til overvåking, FoU, deltakelse i Norsk Klimaservicesenter (KSS) og medvirkning i kommunal arealplanlegging:

- Gjennom datainnsamling og analyser av lange tidsserier, overvåker og vurderer NVE effekten av klimaendringer på hydrologi.
- NVEs FoU-aktiviteter dreier seg også om modellering av hvilken effekt klimaendringer har og vil få på hydrologien i Norge, inkludert effekten på for eksempel flom, tørke, snømengder og breers utbredelse. Dette gir grunnlaget for klimatilpasning i flere sektorer og er en del av NVEs rolle som nasjonal faginstusjon innen hydrologi og går inn som NVEs ansvar i KSS.

- NVE sitter i styret i KSS og deltar aktivt i senterets arbeid. NVE har ansvar for å utarbeide fremskrivninger innen hydrologi, inkludert fremskrivninger for flom, og komme med anbefalinger om hvordan disse kan brukes som beslutningsgrunnlag for klimatilpasning. Fremskrivninger for hydrologi er også grunnlag for forskning knyttet til effekter av endringer i klima og hydrologi på natur og samfunn. NVE skal og bidra til enkel tilgang til norske hydrologiske observasjoner, fremskrivninger og avledede produkter.
- NVE medvirker i kommunal arealplanlegging for å bidra til at kommunene vedtar ny arealbruk som er trygg i forhold til flom- og skredfare. NVE har ved hjelp av ulike tiltak bidratt til kunnskaps- og kompetanseheving i kommunene, slik at de i økende grad er gjort i stand til å ta nødvendig hensyn til flom- og skredfare, herunder klimatilpasningshensyn, i sin arealplanlegging. NVE kan, om nødvendig, fremme innsigelse til arealplaner der sikkerheten for ny utbygging mot flom- og skredfare ikke er tatt tilstrekkelig hensyn til.

Både gjennom eget arbeid og aktiviteter i regi av KSS, bidrar NVE til å øke kunnskapen i samfunnet om klimaendringer, konsekvenser av disse og hvordan vi best tilpasser oss fremtidens klima. NVE skal være en aktiv samarbeidspartner i KSS. Det er avgjørende at KSS på en effektiv måte fremskaffer det samfunnet etterspør og at brukerne kan henvende seg ett sted med spørsmål om grunnlagsdata for klimatilpasning og få ett svar. Det skal klart fremgå hvilke av institusjonene i KSS som har eierskap og ansvar for ulike typer data og NVE vil prioritere å være synlig på våre forvaltningsområder.

NVE har ansvar for å kartlegge konsekvenser av endringer i klima og hydrologi for sine ansvarsområder og sørge for nødvendige tilpasninger. Endringer i klimaet medfører behov for en løpende klimatilpasning for å unngå uønskede hendelser som kan medføre fare for tap av menneskeliv, materielle skader og at viktig infrastruktur og samfunnsfunksjoner rammes. Tilpasningen må bl.a. fokusere på tilstrekkelig sikkerhet og beredskap innen kraftforsyningen og å bidra til å forebygge skader som følge av naturhendelser som flom og skred.

4.1 HOVEDMÅL FOR KLIMATILPASNING SARBEIDET

4.1.1 OVERORDNET STRATEGI

NVE har fem hovedmål:

- Sikre en helhetlig og miljøvennlig forvaltning av vassdragene.
- Sikre en effektiv og kunnskapsbasert konsesjonsbehandling av anlegg for produksjon og overføring av energi.
- Sikre effektiv produksjon, overføring, omsetning og bruk av energi.

- Påse at beredskapen i kraftforsyningen er god.
- Bedre samfunnets evne til å håndtere flom- og skredrisiko.

NVE må ha særlig oppmerksomhet på de av NVEs forvaltningsområder der klimaendringer ventes å få særlig alvorlige konsekvenser. Dette omfatter endring eller presisering av krav og forskrifter som for eksempel krav til vedlikehold, modernisering, sikkerhet og beredskap i kraftforsyningen samt krav til damsikkerhet. Det omfatter også bistand til flom- og skredsikring og å sikre god arealbruk som forebygger fare.



FOTOGRAFI (VENSTRE):

Fullmåne over Bodø.
© Arne T. Hamarsland

FOTOGRAFI (UNDER):

Flom i Leira ved Leirsund, Skedsmo kommune.
© Arne T. Hamarsland/NVE

4.2 SKRED OG VASSDRAG

4.2.1 FORVALTNINGSOMRÅDE

NVEs oppgaver knyttet til skred- og flomskadeforebygging kan deles inn i følgende arbeidsområder:

- Kartlegging
- Arealplanlegging
- Sikring
- Overvåking og varsling
- Beredskap og krisehåndtering

NVEs forvaltningsarbeid innen skred og flom er definert i statsbudsjettet, i tildelingsbrev fra OED og i stortingsmeldinger som f. eks St. meld. 15 (2011-2012) Hvordan leve med farene – om flom og skred. Oppgavene er videre definert i plan- og bygningsloven og vannressursloven.

NVEs oppgaver innen skred- og flomskadeforebygging omfatter, i tillegg til arbeidsområdene nevnt over, forsknings- og utredningsarbeid (FoU). Nye FOU-behov omtales særskilt i kapittel 4.2.3.

Innen de ulike arbeidsområdene skal NVE også ivareta vassdragsmiljøet. NVE forvalter de vernede vassdragene og deltar i arbeidet med EUs vanndirektiv (vannforskriften). NVE har bidratt til at informasjon om klimaendringer og klimatilpasning er innarbeida i veiledningsmaterialet som er utarbeidet for å lage forvaltningsplaner og tiltaksprogram i henhold til vannforskriften. En vesentlig del av NVEs klimatilpasningsarbeid utføres i de daglige forvaltningsoppgavene.

Det er ønskelig med større grad av rolleavklaring og ressursbruk knyttet til overvann og stormflo/havnivåstigning. NVE vil ha gode forutsetninger for å ta et ansvar i det skadeforebyggende arbeidet i forhold til overvann og havnivåstigning. Urbanhydrologi er allerede innenfor ansvarsområdet, men med liten aktivitet. Den tette fysiske sammenhengen mellom overvannsflommer og flom i vassdrag tilsier at skadeforebyggingen bør ses i sammenheng. Hovedfokus vil være på rådgiving til kommunene spesielt knyttet til arealplanlegging. Økt innsats på disse områdene vil kreve økt ressursinnsats.

4.2.2 STATUS

Gjennomgående for NVEs forebyggende arbeid med flom- og skredfare tilpasset et klima i endring, både innen kartlegging, arealplanlegging og sikring, er at NVE (og kommuner/utbyggerinteresser) må forholde seg til at det vil bli økt nedbør og endrete nedbørsmønstre samt mer vann i vassdrag og i terreng. Mer tette flater vil forsterke utfordringene. For alle små vassdrag som responderer raskt på nedbør, må en regne med minst 20 % økt flomvannføring i løpet av de neste 50 – 100 årene. De største utfordringene forventes i små, bratte og urbane vassdrag.

I enkelte regioner, særlig på Vestlandet og i Nordland, regner en med at flommene også i større vassdrag vil bli betydelig større. I mange vassdrag i disse regionene kan flomvannføringen ved dagens 200-årsflom øke med mer enn 20 % de neste 100 årene, i noen med mer enn 40 %.

Det vil være et gjennomgående behov for faktainformasjon, opplæring og veiledning.



NVE skal øke kunnskapen om klimaendringer og effekt på hydrologi gjennom formidling av måleresultater og analyser, samt ved å tilrettelegge for bruk av hydrologiske data i ulike fagmiljøer.

For å nå disse målene må NVE ha høy faglig kompetanse, kartlegge tilpasningsbehov og tilpasningstiltak samt sikre tilstrekkelig bevissthet i egen organisasjon og blant aktørene innen NVEs ansvarsfelt. Dette skal skje ved at NVE analyserer behov, gir veiledning og bistand samt formidler krav om tilpasning. NVEs klimatilpasningsarbeid skal bygge på dialog og samvirke med aktuelle aktører innen forvaltning, forskning og næringsliv.

4.1.2 DYNAMISK TILPASNINGSSTRATEGI

Klimaendringene vil komme med ulik hastighet og gi forskjellig utslag i ulike deler av landet. De beslutninger NVE fatter, har ulik tidshorisont. Strategien må avspeile denne virkeligheten slik at NVE gjør de rette tingene på rett tidspunkt. Klimatilpasningsstrategien må derfor være dynamisk og jevnlig tilpasses ny kunnskap og samfunnsutviklingen.

NVES KLIMATILPASNING TAR UTGANGSPUNKT I FØLGENDE PRINSIPPER:

- Tiltak/beslutninger som har kort levetid vurderes ut fra dagens klima.
- For tiltak/beslutninger med lang levetid, vurderes det om de må bygges for å tåle klimaendringen som forventes i løpet av levetiden, eller om de utformes ut fra dagens klima, men klargjort for forsterkinger/ endringer.
- Tiltakene/beslutningene bør være klimarobuste, dvs. de bør fungere etter hensikten selv om klimautviklingen blir noe annerledes enn forutsett.
- Klimatilpasninger som bidrar til måloppnåelse på flere områder er vinn-vinn tilpasninger og bør prioriteres høyt.
- Tiltak som er kostnadseffektive og som fungerer like godt eller bedre med forventede klimaendringer, bør få høy prioritet.
- Kostnadskrevende tiltak der virkningen reduseres av forventede klimaendringer bør prioriteres lavt.

FOTOGRAFI:

Skader etter flommen i Opo i 2014, Odda sentrum.

© Jomar Bergheim/NVE



«Klimaprofil» for Troms og et bestillerskjema som skal hjelpe kommunene ved innkjøp av konsulenttjenester for skredfarekartlegging.

fjellskredobjekter med høy risiko, som tidligere ble drevet av to interkommunale selskaper. Det jobbes kontinuerlig med utvikling av NVEs varsling også i forhold til forventede hendelser i et endret klima. Varslingsportalen Varsom.no er sentral i NVEs varslingstjeneste.

SIKRING

NVE gir bistand til utredning, planlegging og gjennomføring av sikringstiltak for å sikre *eksisterende* bebyggelse mot skade fra flom, erosjon og skred avhengig av de årlige midlene som bevilges til dette over statsbudsjettet. Prioritering av tiltak baseres på samfunnsøkonomiske nytte-kost-analyser i tillegg til risikovurdering. Forholdet til klimaendringer inngår i vurderingsgrunnlaget både ved prioritering og planlegging/dimensjonering.

OVERVÅKING OG VARSLING

NVE varsler flom når det ventes at vannføringen i vassdrag vil nå en viss størrelse, eller at vannstanden i en sjø vil overstige en viss vannstand. NVE varsler også snøskred- og jordskredfare og arbeider generelt med metoder for varsling og overvåking av skred.

NVEs nasjonale varslingstjeneste er betydelig utvidet de siste årene og omfatter nå både flom, jordskred- og snøskredfare. NVE har fra 2015 overtatt overvåkingen av

DETTE HAR NVE LAGT TIL GRUNN OG JOBBET ETTER I STRATEGIPERIODEN 2010-2014:

KARTLEGGING

NVE skal bidra til økt oversikt og kunnskap om fareområder for flom og skred. Det er fullført en nasjonal oversiktskartlegging for flom- og skredfare. Landsdekkende aktsomhetskart finnes for snøskred, steinsprang, jord- og flomskred samt flom. Aktsomhetskartene for skred og flom er utarbeidet med grunnlag i parametere som ikke er direkte klimarelaterte. Dette er en grov kartlegging hvor det gjøres en konservativ vurdering av fareområder. Kartleggingen tar derfor høyde for store usikkerheter, også klimaendringene.

NVE gir bistand til faresonekartlegging (detaljert kartlegging) av for utvalgte flom- og skredutsatte områder der risikoen for eksisterende bebyggelse er stor. NVE utarbeider veiledere for farekartlegging og bidrar med sammenstilling av faredata også fra andre aktører. Dette for å sikre god tilgang på flom- og skredinformasjon i saksbehandling og beredskapssituasjoner. Fra 2011 har NVE innarbeidet klimafremskrivninger ved nykartlegging og ajourføring av alle flomsonekart.

Plan for skredfarekartlegging angir kommunevis prioritering av faresonekartlegging i bratt terreng. I prioriteringene er det tatt hensyn til klimaendringer ved å prioritere de landsdeler der det forventes økt hyppighet av ulike skredtyper.

AREALPLANLEGGING

Ved å gi retningslinjer og veiledere for hvordan det skal tas hensyn til flom- og skredfare i arealplanlegging, arrangere fagsamlinger for kommunene og ved å gi kommunene råd, veiledning og uttalelser til de enkelte planer, bidrar NVE til å forebygge skredulykker samt ivareta sikkerhet og miljø langs vassdrag. NVE er myndighet med innsigelseskompetanse i plansaker etter plan- og bygningsloven innen skred-, vassdrags- grunnvanns- og energispørsmål.

Utfordringer for samfunnet knyttet til flom og skred oppstår ved at arealer som fra naturens side er flom- eller skredutsatt, tas i bruk til menneskelig aktivitet. Styring av arealbruk gjennom arealplanlegging er derfor nødvendig for å motvirke økt skadepotensiale som følge av *ny utbygging* og for å møte økte utfordringer som følge av klimaendringer

(St. meld. nr. 15 (2011-2012) «Hvordan leve med farene – om flom og skred»). Også andre stortingsmeldinger som; St.meld. nr. 42 (1996-1997) «Tiltak mot flom», St. meld. nr. 22 (2007-2008) «Samfunnssikkerhet», NOU 2010: 10 «Tilpassing til eit klima i endring» og St. meld. nr. 33 (2012-2013) «Klimatilpassing i Norge» peker på kommunenes arealplanlegging som et viktig virkemiddel i det forebyggende arbeidet med sikkerhet mot naturpåkjenninger og klimatilpasning.

NVE har i noen grad formidlet råd og veiledning om hvordan kommunene kan innarbeide hensynet til overvannsutfordringer og stormflo/havnivåstigning i arealplanleggingen, basert på informasjon fra Norsk Vann og DSB.

I løpet av strategiperioden 2010-2014 har NVE revidert eller utarbeidet følgende nye produkter, retningslinjer, veiledere, faktaark etc.:

- Retningslinje 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» er revidert i 2014. Hensynet til klimaendringer er innarbeidet som et eget kapittel.
- Veileder 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred – Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper».
- Veileder 8/2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng – Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak».
- Faktaark «Hvordan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen», mars 2014.

- Veileder 3/2015 «Flaumfare langs bekker – råd og tips om kartlegging».

- Faktaark 2/2013 «Identifisering av skredvifter».

- NVE har deltatt i et pilotprosjekt i Troms fylke for å vurdere kommunenes behov for informasjon om klimaendringers effekt på hydrologi og skred i ulike planprosesser i kommunene. Vi har der bidratt til veilederen «Klimahjelperen» med tilhørende



FOTOGRAFI:

Dam Trollavatn, Kjøsnesfjorden kraftverk, 2008

Jølster kommune.

© Arne T. Hamarsland/NVE

endra klima. Klimatilpasningene skal integreres i de ulike arbeidsområdene innenfor dette feltet.

NVE skal jobbe for å ha tilstrekkelig kompetanse på klimaendringer og gode klimatilpasninger. NVE skal bidra til formidling av kunnskap om farene og til nært samarbeid og god kommunikasjon mellom forskning og forvaltning. Fagsamlingene som NVE arrangerer for kommunene m.fl. skal også fremover ha klimatilpasning som tema.

En økende etterspørsel etter bistand til kartlegging og sikringstiltak, vil stille store krav til prioritering innen begrensede ressurser. Prioriteringskriteriene bør vurderes jevnlig

NVEs skred- og flomfarekartlegging er basert på historiske klimadata og klimafremskrivninger. For de nærmeste 10-20 årene vil endring i flom- og skredfaren som følge av et endret klima være liten i forhold til naturlige variasjoner. For fremtiden kan vi tenke oss at det gjøres en vurdering ut fra levetiden til konstruksjonen ev. arealbruksformål der det deles i kort, middels og lang levetid. For råd/krav/tiltak hvor «levetiden» er kort (10-20 år), legges historiske klimadata til grunn mens for råd/krav/tiltak hvor «levetiden» er middels (20-50 år) og lang (50-100 år), må det gjøres en vurdering og eventuelt tilpasning til regionale og lokale klimafremskrivninger.

VANNFORVALTNINGSFORSKRIFTEN

Hovedformålet i vannforvaltningsforskriften er å opprettholde en god økologisk tilstand i vassdragene. Kravene i forskriften må ivaretas når det planlegges og utføres klimatilpasningstiltak. Ved planlegging/gjennomføring av tiltak som påvirker vannforekomsten skal det vurderes driftsmetoder og avbøtende tiltak for å i størst mulig grad ivareta dagens gode økologiske tilstand og samtidig ivareta naturmangfoldet. Tiltak som både bedrer flomforholdene og det biologiske mangfoldet (eks. åpning av bekker, flomløp og opprettholdelse av flommarkskog) bør velges som alternativ til annen sikring der det er hensiktsmessig.

- NVE skal bidra til at forvaltningsplanene og tiltaksprogrammene for vannregionene tar hensyn til klimaendringer når tiltak for å nå miljømålene fastsettes. Tiltakene som foreslås må være robuste

mot klimaendringene og ikke bidra negativt i forhold til virkningene av fremtidige klimaendringer.

KARTLEGGING

NVE bidrar med økt oversikt og kunnskap gjennom farekartlegging av flom- og skredutsatte bebygde områder med stort skadepotensial, sammenstilling av flom- og skreddata og utvikling av veiledere for farekartlegging.

Arbeidet med faresonekart tilpasses et endra risikobilde som følge av klimautviklingen ved å:

- Ta hensyn til klimaendring ved prioritering av utsatte områder og gjennomføring av faresonekartlegging for skred og flom. Dette ved at effektene av klimaendringene inngår i prioriteringsgrunnlaget ved prioritering av kartleggingsinnsats mellom skredtyper og ved valg av områder for kartlegging.

- Vektlegge klimaendringer i prioritering av videre farekartlegging av flomutsatte vassdrag med stort skadepotensial. Nasjonal kartleggingsplan er under utarbeidelse.

- Legge økt vekt på kompetanseheving i kommuner og videreutvikling av veiledere om kartlegging av fare for flom- og skredrelaterte prosesser i bekker og små bratte vassdrag i urbane/bebygde områder med stort skadepotensial.

- Når lokale klimafremskrivninger gir en forventet økning i 200-årsflom på mer enn 20% de neste 20-100 år, benyttes det ved beregning av gjentakintervall for flom både historiske data og data fra klimafremskrivningene. Dette gjelder både ved oppdatering/ ajourføring av kartlagte områder og ved nykartlegging.

- For flomsonekart ved utløp i sjø, legges i tillegg Havnivåstigningsrapporten¹⁷ tilsvarende til grunn.

- Deltakelse i arbeid for å skaffe mer kunnskap om skredprosesser for ulike skredtyper og hvordan klimaet og klimaendringene virker inn på disse.

4.2.4 TILPASNING TIL ET ENDRET KLIMA

Flom- og skredforvaltningen har startet klimatilpasning med grunnlag i resultatene fra Klima i Norge 2100. Den oppdaterte Klima i Norge 2100¹ viser små endringer i forventede klimaendringer i forhold til tidligere resultater. Det er derfor ikke behov for vesentlige endringer i NVEs arbeid med klimatilpasning, men behovet for justeringer vil bli vurdert særlig knyttet til klimapåslag for flom, nye beregninger av havnivåstigning og nye klimapåslag for dimensjonerende ekstremnedbør. Klimaendringene kan gjøre at flom- og skred opptrer oftere og at de blir mer ekstreme. For områder hvor man alt er kjent med naturfaren, kan det velges ulike måter å ta hensyn til disse ekstra belastningene. Klimaendringene medfører også nye utfordringer ved at ekstreme værforhold og flom- og skredhendelser, kan opptre på andre steder enn tidligere.

Med grunnlag i Klima i Norge 2100¹, må det ved NVEs klimatilpasning innen skred- og flomskadeforebygging tas hensyn til følgende:

- Økt nedbør og økt hyppighet av lokalt intense nedbørepisoder til alle årstider. Dette medfører flere og større flommer i små vassdrag og flere og større urbanflommer. Havnivåstigning vil forsterke problemet i overgangen til sjø.
- Økt fare for erosjon, massetransport og flomskred i masseførende vassdrag som reagerer raskt på nedbør samt økt fare for at elver og bekker tar nye løp. Dette er prosesser som skjer brått, har stor kraft og medfører fare for store skader og tap av menneskeliv.

- Flere flommer om høsten og vinteren i områder hvor nedbøren i dag kommer som snø.

- Isganger vinterstid i vassdrag som tidligere har hatt stabilt isdekke.

- Færre snøsmelteflommer i områder som i dag har snødekke, men som med stigende temperatur gradvis vil bli snøfrie hele vinteren.

- Økte flomtopper i elver som i dag domineres av regnflommer, for eksempel på Vestlandet og langs kysten.

- Reduksjon eller liten endring i flomtoppen i store vassdrag som i dag domineres av snøsmelteflommer vår/forsommer, for eksempel på Østlandet og i innlandet i Midt- og Nord-Norge.

- Økt hyppighet av sørpe- og jordskred.

- Økning i havnivå og stormflo. I «Havnivåstigningsrapporten¹⁷ vises fremtidig havnivåstigning for norske kystkommuner. I løpet av det 21. århundre kan havnivået langs norskekysten forventes å stige fra ca. 15 – ca. 55 cm. Dette kan forsterke flom i overgangen til sjø.

Dette er i hovedsak det samme grunnlaget som NVEs klimatilpasningsstrategi 2010-2014 la til grunn.

NVE skal basere sitt arbeid med å forebygge flom- og skredfare på oppdatert kunnskap om klima og klimaendringer og bidra til at det oppnås tilstrekkelig sikkerhet mot flom og skred for liv og materielle verdier også i et

AREALPLANLEGGING

Gjennom veiledning, deltagelse i regionale og lokale planforum, regional statlig samordning og uttalelser/innsigelser til de enkelte planer, skal NVE bidra til at hensynet til klimatilpasning innen vårt forvaltningsansvar blir ivaretatt i arealplanleggingen:

- Retningslinjer 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» (revidert 22.mai 2014) inkluderer hensyn til klimaendringer og skal fortsatt legges til grunn i kommunal arealplanlegging.
- NVE vil jobbe aktivt inn mot kommunene i arbeidet med kommuneplaner, slik at klimatilpasning blir innarbeidet. Med utgangspunkt i NVEs ressurssituasjon, vil bistand til de overordnede planene gis prioritert fremover, mens NVE i større grad vil ansvarliggjøre kommunene i arbeidet med flom- og skredfare i reguleringsplanarbeidet.
- Gi tydelige råd om at ny utbygging skjer med tilstrekkelig avstand til vassdrag og skredfarlige områder.
- For areal som kan være utsatt for materielle skader ved flom og der det forventes en økning i 200-årsflommen på 20% eller mer de neste 20-100 år, skal NVE anbefale kommunene at denne informasjonen legges til grunn ved utredning av flomfare for ny bebyggelse.
- NVE skal vie flommer i bekker og små bratte vassdrag særlig oppmerksomhet i arealplanarbeidet. Ved utbygging på arealer langs vassdragene, skal NVE gi råd om at fare for flom, erosjon, sørpe- og flomskred vurderes spesielt. Avstand til vassdrag, kritiske kulverter/bruere og alternative flomveier må også vurderes i arealplanarbeidet. I den forbindelse er det viktig å viderefremme NVEs produkter/hjelpemidler for å øke kunnskapen om fareutsatte områder knyttet til vassdrag.
- Store, slake skred-/elvevifter fanges ikke godt nok opp av aktsomhetskartet for jord- og flomskred. NVE vil derfor bidra til at metoden beskrevet i NVEs faktaark om identifisering av skredvifter blir benyttet

av kommuner/utbyggerinteresser, for å hindre at ny bebyggelse blir fareutsatt.

- NVE skal utarbeide nye produkter som kan avhjelpe kommunene ved vurdering og kartlegging av klimarelatert fare.
- For flomutsatt areal i overgangen til sjø skal også DSBs temaveileder «Håndtering av havnivåstigning i kommunal planlegging» legges til grunn i arealplanarbeidet.
- Dersom NVE får et ansvar i forhold til overvann og havnivåstigning/stormflo skal NVE bidra med veiledning til kommunene, konsulenter og tiltakshavere om hvordan de kan skaffe seg kunnskap om fare knyttet til overvann og stormflo/havnivåstigning, og hvordan kunnskapen kan tas hensyn til, kartfestes og innarbeides i arealplaner.
- NVE skal arrangere fagsamlinger og seminarer om arealplanlegging og klimatilpasning for kommunene m.fl. samt delta på tilsvarende samlinger arrangert av andre.

SIKRINGSTILTAK

NVEs dimensjonering og prioritering av sikringstiltak er basert på en vurdering av risiko og av nytten av tiltaket i forhold til kostnadene. Flere flom- og skredhendelser i områder med stort skadepotensiale kan medføre økt behov for sikring.

- Klimaendringene kan medføre at det blir økt behov for sikring mot skred i bratt terreng og sikring mot flommer i bratte vassdrag med stort skadepotensiale. Dette kan få innvirkning på NVEs prioritering av tiltak, basert på en vurdering av risiko og nytte/kost. Med utgangspunkt i NVEs ressurssituasjon kan det forventes at kommunene må håndtere flere mindre sikringsbehov på egen hånd. Økt satsing på veiledning og opplæring av kommuner og entreprenører kan være et aktuelt tiltak.
- I områder hvor regionale klimafremskrivninger viser en økning i flomtoppen (200-årsflom) på mer enn

20% de neste 20-100 årene skal dimensjonering av sikringstiltak og nytte-kost-vurderingene legge denne informasjonen til grunn.

- Vurdere om det ved sikringstiltak langs vassdrag er mulig å gi mer rom for vassdragets naturlige prosesser og forene hensynet til sikkerhet, naturmangfold og friluftsinnteresser.
- Vurdere om det er behov for oppgradering av eldre sikringsanlegg for at de skal være rustet til å beskytte mot hendelser med valgt sannsynlighet, også i et fremtidig klima.
- Bistand til kommunene for å sikre eksisterende bebyggelse mot stormflo inkludert havnivåstigning kan bli aktuelt.

OVERVÅKING OG VARSLING

I følge Meld. St. 15 (2011-2012) Hvordan leve med farene – om flom og skred er NVEs flomvarslingstjenesten

avgjørende for å redusere konsekvensene av flommer. Olje- og Energidepartementet ser det som viktig at NVE kontinuerlig jobber med å forbedre tjenesten, for eksempel med mer bruk av sanntidsdata og bedre varsling i små vassdrag som er særlig utsatt som følge av klimaendringer. NVE skal også utvikle vannstandsvarsling i flere vassdrag.

- NVEs flom-, jordskred- og snøskredvarsling gjelder få dager frem i tid, og vil derfor dynamisk tilpasse seg klimaendringene.

BEREDSKAP OG KRISEHÅNDTERING

- Beredskapsplanleggingen skal bygge på risiko-, sårbarhets-, og klimaendringsanalyser. Beredskapsplanleggingen skal være en løpende prosess og synliggjøre blant annet årsaks- og konsekvensreduserende tiltak.
- NVE skal ta initiativ til, og delta i, øvelser der det øves på flom-/skredsituasjoner som følge av ekstremvær.

4.3 KONSESJONER

4.3.1 FORVALTNINGSOMRÅDE

NVE har ansvar for konsesjonsbehandling av vassdragsinngrep som er til nevneverdig skade eller ulempe for allmenne interesser. Slike inngrep kan for eksempel være bygging av vannkraftanlegg, vannuttak til ulike formål, erverv av fallrettigheter, og nedlegging av vassdragsanlegg. Ansvaret omfatter også fornyelse av tidligere konsesjoner, revisjon av konsesjonsvilkår, og behandling av søknader om opprustings- og utvidelsesprosjekter (O/U-prosjekter).

NVE behandler søknader og er vedtaksmyndighet når det gjelder konsesjoner for bygging av høyspentanlegg, vindkraftverk, små vannkraftverk mellom 1 og 10 MW og andre energianlegg for produksjon av strøm og varme etter energiloven.

For større vannkraftverk og nye sentralnettledninger over 20 km, skriver NVE innstilling til Olje- og energidepartementet (OED) og saken avgjøres av Kongen i Statsråd. For enkelte vannkraftverk med installasjon under 1 MW, er vedtaksmyndighet lagt til fylkeskommunen. NVE lager innstillingen til fylkeskommunen.

Alle konsesjoner beskriver hva det er gitt tillatelse til å gjennomføre, og fastsetter vilkår for gjennomføring av tiltaket. NVEs myndighet er hjemlet i vannressursloven, vassdragsreguleringsloven, industrikonsesjonsloven og energiloven. Plan- og bygningsloven er også helt sentral når det gjelder behandling av saker etter forskrift om konsekvensutredninger for tiltak etter sektorlover. Alle større saker om vannkraft-, vindkraft- og energianlegg og bygging av høyspentledninger skal vurderes etter denne forskriften.



FOTOGRAFI:

Mast 805 i Muggskaret, 900 m.o.h., Saltfjellet/Svartisen.
© *Ståle Enge/Statnett*

ekspisitt omtalt at det skal tas hensyn til virkningene av klimaendringene i konsesjonsprosessen. Flere veiledere og prosedyrer vil bli gjennomgått og oppdatert ved behov i inneværende strategiperiode.

NVE er ansvarlig myndighet for tiltak som trenger tillatelse etter vassdragslovgivningen og energiloven. Plan- og bygningslovens forskrift om konsekvensutredninger for tiltak etter sektorlover av 1.1 2015 gjelder for store utbyggingstiltak, bl.a. vannkraftverk, reguleringer og høyspentledninger over en angitt størrelse og lengde.

VIRKNINGER AV KLIMAENDRINGER I KONSEKVENsutREDNINGER FOR STØRRE VANNKRAFT- OG KRAFTOVERFØRINGSANLEGG:

VANNKRAFT

For vannkraftanlegg og reguleringsmagasiner er det melde- og utredningsplikt for utbygging av anlegg med årlig produksjon over 40 GWh, og for magasiner med lagringskapasitet over 10 mill. m³.

I NVEs veileder for konsesjonsbehandling (Rettleiar 3/2010. Konsesjonshandsaming av vasskraftsaker) gis det veiledning om fagtema som skal utredes eller vurderes for større vannkraftprosjekter. Flere av disse er klimarelevante:

- Overflatehydrologi, herunder vannstands- og vannføringsvariasjoner, ekstremverdier i vannstand og vannføring, samt hyppighet og varighet av disse.

- Vanntemperaturrendringer, isforhold og lokalklima, herunder elvestrekninger der isforholdene vil bli endret.

- Sedimenttransport, erosjon og skred.

- Naturlige flommer i vassdraget skal beskrives sammen med en vurdering av tiltakets virkninger på de fremtidige flomforholdene. Det skal redegjøres for hvor og hvordan flommer er planlagt avledet. Dersom det ikke søkes spesielt om andre ordninger, skal det legges til grunn at naturlig flomvannføring i hver enkelt vassdragsdel så vidt mulig ikke økes. Behovet og mulighetene for å bruke reguleringene til flomdemping gjøres rede for.

- Erosjonsforholdene i de berørte områdene skal gis en generell beskrivelse, og eventuelle endringer i erosjonsforholdene skal vurderes.

- Eventuelle endringer i forhold til risiko for skred skal vurderes. Skredfare i områder med infrastruktur og fremtidige anleggsområder må vurderes. Det skal også gis en utredning eller vurdering av sannsynligheten for skred o.l. som kan lage flombølger i magasiner med ødeleggende virkning på strender, dammer og andre anleggsdeler, hus, eiendom mv.

Det skal gjøres en overordnet vurdering av mulige virkninger av forventede klimaendringer for de ovennevnte temaene. Vurderingen skal baseres på klimafremskrivningene i rapporten «Klima i Norge 2100»¹. Eventuelle virkninger skal inngå som en del av grunnlaget for de øvrige fagutredningene i konsekvensutredningen i den grad det er relevant.

Utredningsnivået og -omfanget for det enkelte fagtema tilpasses hver enkelt sak.

Det er først og fremst forhold knyttet til risiko for flom og skred som er beslutningsrelevant for vannkraftsaker. Begge disse temaene dekkes i standard konsekvensutredningsprogram. Når det gjelder beredskap og ulykkesrisiko knyttet til andre forhold ved prosjektet, fanges dette opp i detaljplanleggingsfasen og senere i anleggs- og driftsfasen, jf. gjeldende forskrifter om internkontroll, damsikkerhet og beredskap.

Risiko i forbindelse med havnivåstigning er et nytt tema i konsekvensutredningen, jf. forskrift om konsekvensutredninger. Dette temaet vil bli tatt inn i det enkelte konsekvensutredningsprogrammet i den grad NVE anser det som relevant.

KRAFTOVERFØRINGSANLEGG

NVE har utarbeidet en veileder for utforming av søknader om anleggskonsesjon for kraftoverføringsanlegg (4/2013). Veilederen gjelder uavhengig av størrelse på kraftoverføringsanlegget. Omfanget av de ulike fagtemaene og innholdet i søknaden må derfor tilpasses hver enkelt

4.3.2 STATUS

I konsesjonsprosessen er NVE opptatt av at det omsøkte tiltaket/anlegget tilpasses dagens klima inkludert ekstremhendelser. I hver enkelt konsesjonssak gjøres en vurdering av effektene klimarelaterte tema som flom, skred, erosjon osv. har på tiltaket. Betydningen av disse temaene vil variere fra sak til sak, og følgelig vil behovet for vilkår om klimatilpasning variere fra sak til sak.

En sentral del av konsesjonsprosessen, er å tilpasse prosjektet for å sikre at det ikke medfører uakseptable virkninger dersom det blir gitt konsesjon. Både etter vassdragslovgivningen og energiloven kan det stilles vilkår for å redusere skadevirkningene som tiltaket medfører. I alle vassdragskonsesjonssaker, både for små og store kraftverk, anvendes standardvilkår. Flere av standardvilkårene er klimarelaterte og omhandler tiltak mot flom, erosjon, isgang m.m. Vilkårene kan tas opp til revisjon etter 30 år. For kraftledninger er det ikke vanlig å stille klimarelaterte vilkår. Det gjøres i den grad NVE finner det nødvendig, for eksempel dersom transformatorstasjoner er i flom- eller rasutsatte områder. Det er imidlertid mer vanlig at slike vurderinger legges til grunn ved valg av alternativer. NVE forutsetter at all dimensjonering av elektriske anlegg følger nasjonale og internasjonale standarder samt krav i beredskapsforskriften. Dette er ikke spesifisert i konsesjonene. I vindkraftkonsesjoner er det et standardvilkår om dimensjonering som bl.a. er knyttet opp til fremtidige klimaendringer.

NVE har hjemmel i lover og nyere konsesjoner til å gjennomføre tiltak i spesielle situasjoner, og disse verktøyene brukes ved behov. NVE har hjemmel i vannressursloven § 40 til å pålegge kraftselskaper å gjennomføre tiltak som

reduserer faren for mennesker, miljø eller eiendom dersom faren er særskilt og uvanlig, eksempelvis ved stor flom. Vannressursloven § 28 gir NVE mulighet for å oppheve, endre og stille nye vilkår i konsesjoner gitt etter vannressursloven. Bruken av denne bestemmelsen vurderes fra sak til sak. Foreligger det sterke miljøhensyn, vil NVE kunne benytte dette verktøyet. Nødvendig tilpasning av vilkår med sikte på å redusere risiko for store flomskader som følge av klimaendringer, gir f.eks. grunnlag for å vurdere omgjøring av vilkår. Omgjøringsadgangen etter vannressursloven § 28 er betinget av at allmenne eller private interesser gjør endring påkrevet, og er begrenset til å gjelde i særlige tilfeller. Omgjøring av vilkårene begrunnes ut fra at forholdene kan endres, eventuelt at det foreligger mer kunnskap enn på konsesjonstidspunktet.

I henhold til vassdragsreguleringsloven § 10 kan konsesjonæren (reguleringsanleggets eier) når som helst søke om endringer i vilkårene til reguleringskonsesjonen. Dette gir eierne anledning til å få endret og «klimatilpasset» vilkårene dersom de anser at det foreligger et slikt behov.

Vannressursloven (vrl) gjelder også vassdragstiltak som ble påbegynt før loven trådte i kraft 1.1.2001. Eldre vassdragsiltak som ikke trengte tillatelse etter tidligere vassdragslovgivning, kan fortsette uten konsesjon etter vrl. Lovens § 66, tredje ledd, sier at NVE i særlige tilfeller kan treffe enkeltvedtak om at tiltaket likevel må ha konsesjon, og at tiltaket blir ulovlig hvis det ikke sendes inn søknad. NVE har praktisert denne adgangen i noen få tilfeller der det forelå sterke miljømessige hensyn.

NVE har de senere årene oppdatert retningslinjer, faglige veiledere og prosedyrer, slik at det nå i større grad er



FOTOGRAFI:

Rørgate i dagen krysser Fallselva, Fall kraftverk, Søndre Land kommune.

© Arne T. Hamarsland/NVE

sak. Veilederen gjelder også for kraftoverføringsanlegg som krever melding og utredningsprogram etter forskrift om konsekvensutredninger for tiltak etter sektorlover. Veilederen må i disse sakene sees i sammenheng med utredningsprogrammet.

Klimarelevante tema som skal vurderes for kraftoverføringsanlegg er bl.a.:

- Risiko for konsekvenser av naturgitt skade på anlegget, for eksempel skred (snø, kvikkleire, jord, m.m.), trefall, stormflo, uvær, hakkespett o.l.
 - I vurderingen av om anlegget kan være utsatt for flom og skred skal det vises til eksisterende kartlegginger. Dersom området ikke er kartlagt, skal det skal gjøres en ny vurdering av flom- og skredrisiko.
 - For transformator- og koblingsstasjoner skal det legges til grunn tilsvarende sikkerhet som gitt i forskrift om krav til tekniske byggverk (TEK 10) kapittel 7.
 - Dersom anlegget er flom eller skredutsatt, skal fareområde, gjentakelsesfrekvens og aktuelle tiltak vurderes. Sikkerhetsklasse, jf. TEK 10 skal begrunnes med utgangspunkt i anleggets sikkerhetsklasse etter beredskapsforskriften.
- Anleggets plassering, planløsning og utforming ut fra påregnelige risikoforhold. Herunder anleggets robusthet ved f.eks. valg av mastetype, konstruksjon, dimensjonering av anlegg og anleggskomponenter. Alternative løsninger skal diskuteres.
- Tilgang til anlegget/anleggsdeler mht. reparasjoner, feilretting i ekstraordinære situasjoner, transportmuligheter for tyngre reservedelskomponenter og reparasjonsutstyr. Reparasjonstider og behov for reservemateriell og utstyr skal beskrives.

4.3.3 BEHOV FOR FOU

I alle konsesjonssaker må NVE veie de positive samfunnmessige sidene (for eksempel ny fornybar energi, forsyningssikkerhet osv.) opp mot de negative, ofte miljømessige, sidene ved prosjektene. For å kunne foreta en slik avveining er NVE avhengig av oppdatert faglig kunnskap. NVE følger derfor aktivt med på hva som skjer innen forskning og utvikling, og bidrar økonomisk til flere forskningsprosjekter.

Forskningsprosjekter innen biologi og naturmangfold har til nå vært de mest beslutningsrelevante forskningstemaene i konsesjonsprosessen, men kunnskap om klimarelaterte temaer som flom, skred, isgang osv. vil bli stadig mer relevant og aktuelt i fremtiden.

Som beskrevet over, vil utredningsnivået og –omfanget for de enkelte fagtemaene måtte tilpasses hver enkelt konsesjonssak. Dette gjør at enkelte saker kun behøver en begrenset omtale av typiske virkninger av klimaendringer som flom og skred, mens det i andre saker blir påkrevd grundige utredninger av disse fagtemaene for at konsekvensene av tiltaket skal bli tilfredsstillende opplyst. Utredningene kan inneholde tiltakshavers egne undersøkelser/modelleringer og/eller det kan være henvist til relevant forskningslitteratur.

Måten konsesjonsprosessen er innrettet på, med ulike krav til utredningsnivå og -omfang i hver enkelt konsesjonssak, bidrar til at man får tilstrekkelig kunnskap om eventuelle virkninger av klimaendringer (for eksempel flom og skred) i den enkelte konsesjonssaken.

En analyse av flom- og frostskafer på småkraftverk på Vestlandet i perioden 2010 -2011viser at ca. 50 prosent av anleggene har fått skader. Studier av inntaksdammer og arbeidet med el-sertifikater indikerer at flere småkraftverk har teknologiløsninger som ikke vil være robuste i et fremtidig klima med blant annet økt frekvens av kraftige regnskyll, økt sedimenttransport og påfølgende tiltetting av inntak. NVE vil undersøke og eventuelt oppdatere relevante håndbøker knyttet til bygging av småkraftverk, slik at hensynet til klimaendringene blir ivaretatt.



FOTOGRAFI:

Flom ved inntaksdam gamle Sølva kraftverk, Alvodal kommune.

© Arne T. Hamarsland/NVE

4.3.4 TILPASNING TIL ET ENDRET KLIMA

Som tidligere omtalt, er NVE opptatt av at et omsøkt tiltak/anlegg må tilpasses dagens klima, men samtidig tåle belastningen som påføres i ekstremhendelser. Kraftnett, vindkraftverk og vannkraftverk påvirkes av klimaet på flere måter. Målet med klimatilpasningstiltak må være å ytterligere redusere anleggenes sårbarhet for virkninger av et endret klima. Tiltakene må være kostnadseffektive, treffsikre og hensiktsmessige i hver enkelt konsesjonssak.

Nye anlegg skal bygges på en slik måte at de er tilpasset virkninger av kommende klimaendringer. På sikkerhetssiden er det for eksempel krav til dimensjonering tilpasset ekstreme værsituasjoner.

Enkelte eldre anlegg opplever klimautfordringer allerede i dag og flere vil trolig møte klimautfordringer i fremtiden. Disse anleggene ble bygget ut fra eldre sikkerhetskrav og uten tilpasning til et klima i endring. Ett eksempel er enkelte nettanlegg i flomutsatte områder og som nå må sikres på en tilfredsstillende måte. Som tidligere omtalt, kan NVE med hjemmel i vrl § 66 tredje ledd vedta at den ansvarlige for eldre vassdrags tiltak må søke om konsesjon. NVE vil vurdere å ta i bruk denne bestemmelsen hyppigere på eldre konsesjonsfrie anlegg som ikke er tilpasset fremtidens klima.

NVE har kartlagt hvilke målestasjoner som inneholder lange og gode måleserier med stor verdi for klimaovervåking. Det er viktig at disse måleseriene forblir uberørt av inngrep. I konsesjonsprosessen er det allerede etablert interne rutiner som fanger opp disse målestasjonene, og sørger for at vannkrafttiltak ikke bidrar til å ødelegge viktige måleserier. Disse rutinene vil gjennomgå på nytt og om nødvendig forbedres.

På det nåværende tidspunkt ser ikke NVE behov for store endringer i konsesjonsprosessen. Alle konsesjoner etter energiloven gis med tidsbegrensning på maksimalt 30 år. Det er også hjemmel for å pålegge ekstra vilkår dersom særlige samfunnsmessige forhold tilsier dette. Dette vurderes som tilstrekkelig for å ta hensyn til eventuelle klimaendringers virkninger for elektriske anlegg i konsesjonssammenheng. Det kan på lengre sikt være aktuelt å vurdere følgende oppdateringer i vilkårssettet til konsesjoner for vannkraftverk:

- *Konsesjonstid:* Konsesjoner hjemlet i vannressursloven gis i dag normalt uten tidsbegrensning. I henhold til vannressursloven § 26 kan konsesjoner gitt etter nevnte lov tidsbegrenses, eller revideres etter en viss tid. Det vurderes foreløpig ikke som aktuelt å endre gjeldende forvaltningspraksis på området, men bruk av bestemmelsene kan bli tatt opp til vurdering på et senere tidspunkt dersom virkningene av klimaendringene tilsier at tidsbegrensning kan være et egnet virkemiddel for tilpasning. Vilkår om tidsbegrensning og revidering av konsesjoner hjemlet i andre lover, er nærmere beskrevet nedenfor.
- *Manøvrering av magasiner – flomdemping.* Reguleringsmagasiner kan nyttes til flomdempning og gir mulighet for å redusere skaderisiko i forbindelse med økte flommer og andre klimarelaterte naturhendelser. Hyppigere og kraftigere flomepisoder vil stille nye krav til tilgjengelig magasinkapasitet og manøvrering av magasinene. Det kan derfor i enkelte manøvreringsreglement være aktuelt å fastsette restriksjoner på fyllingen av magasinene i perioder av året hvor det er fare for flom slik at magasinene har nødvendig buffervolum. Krav om økt

avledningskapasitet for å ivareta damsikkerhet og tilatelse til å overføre flomvannføring mellom vassdrag, kan også bli aktuelt å vurdere.

Økt nedbør som en følge av klimaendringene, kan gi vannkraftverkene en utfordring der de må håndtere økte vannmengder. Dette kan føre til at magasin-kapasiteten blir overskredet hyppigere enn i dag. Konsesjons-myndigheten har hjemmel til når som helst å fastsette nødvendige endringer i manøvreringsreglementet, dersom det viser seg at manøvreringen medfører skadelige virkninger av omfang for allmenne interesser.

- Hydrologiske observasjoner. I følge standardvilkårene som beskrevet over, er konsesjonæren pålagt å utføre nødvendige hydrologiske observasjoner etter at kraftverket er satt i drift. Her kan det være behov for mer spesifiserte krav slik at det er mulig å overvåke virkninger av klimaendringer.

NVE kan på eget initiativ etablere hydrologiske målestasjoner, jf. blant annet bestemmelser om oppsetting av måleapparater i vannressursloven § 56.

REVISJON AV VILKÅR I VASSDRAGSKONSESJONER

Vassdragsreguleringsloven og industrikonsesjonsloven oppgir at vilkår i konsesjoner gitt etter disse lovene kan tas opp til alminnelig revisjon etter 30 år. Denne revisjonsadgangen

stadfestes også i ett av standardvilkårene som NVE nå benytter.

Hovedformålet med en vilkårsrevisjon er å bedre miljøtilstanden i det regulerte vassdraget gjennom en oppdatering og modernisering av konsesjonsvilkårene. Dette må avveies mot formålet med selve konsesjonen, som er kraftproduksjon.

Olje- og energidepartementet fremla i 2012 nye retningslinjer for revisjon av konsesjonsvilkår for vassdragsreguleringer. Typiske tema som kan tas opp ved revisjon av konsesjonsvilkår er fyllingsrestriksjoner i magasiner, minstevannføring på tørrlagte strekninger, biotopjusterende tiltak, naturfaglige undersøkelser, og erosjonssikring. Minstevannføring er ofte det viktigste temaet.

NVE og Miljødirektoratet har sammen laget en utredning om ca. 395 vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022. De fleste er reguleringskonsesjoner. Utredningen er fremlagt i rapport nr. 49/2013. Konsesjonene er fordelt på 187 vassdrag eller vassdragsavsnitt. Det foreslås at 50 av vassdragene gis høy prioritet ved revisjon.

I årene frem mot 2020 vil antall revisjonssaker øke, og NVE vil benytte standardvilkår i alle saker. Dette innebærer at man får inn klimarelaterte vilkår og hjemler knyttet til flom, erosjon, isgang etc. i konsesjoner som tidligere ikke var tilpasset klimaendringer.

(damsikkerhetsforskriften av 1.1.2010), forskrift om internkontroll etter vannressursloven (IK-vassdrag), samt i vilkårene i den enkelte konsesjon. Miljøtilsyn og beredskapsarbeidet ved energianlegg og innen kraftforsyningen, er hjemlet i energiloven, energilovforskriften og forskrift om forebyggende sikkerhet og beredskap i kraftforsyningen (beredskapsforskriften).

4.4 TILSYN OG BEREDSKAP

4.4.1 FORVALTNINGSOMRÅDE

NVE følger opp at bygging, vedlikehold og drift av vassdrags- og energianlegg skjer i henhold til krav fastsatt i eller i medhold av vassdrags- og energilovgivningen. NVEs oppfølging av vassdragsanlegg er hjemlet i vannressursloven, vassdragsreguleringsloven, industrikonsesjonsloven, forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg



FOTOGRAFI (VENSTRE):

Dokkfløydammen, Torpa, Nordre Land kommune.
© Arne T. Hamarsland/NVE

FOTOGRAFI (UNDER):

22 kV-linje ved Reimegrend, Voss kommune.
© Tor Ivar Døssland/Voss Energi

ny veileder for flomberegninger for dammer.^{19, 32} Det er også utført et PhD-studium på virkninger av klimaendringer på damsikkerhet³³ og et FoU- prosjekt om behov for å legge på klimapåslag på påregnelige maksimale flommer for kontroll av dammers sikkerhet mot brudd.³⁴ FoU-prosjektet ble avsluttet i 2014 og konkluderer med at det foreløpig ikke er grunnlag for å legge på klimapåslag på påregnelige maksimale flommer pga. store usikkerheter i beregningsmetodikken for denne flomstørrelsen, men at praksisen med å anbefale klimapåslag på dimensjonerende flom bør fortsette.

I tillegg til økning i flommer i deler av Norge, vil også endringer i andre miljølaster kunne påvirke damsikkerheten. Det er så langt gjort studier av istrykk på dammer og studier av skredgenererte bølger.³⁵ For disse temaene er det foreløpig ikke grunnlag for å trekke noen klare konklusjoner om effekten på damsikkerhet. FoU på skredgenererte bølger og overtopping av dammer vil fortsette i 2015.

NVE har gjennomført en generell kartlegging og analyse av hvilke dammer som er mest sårbare for økte flommer, som grunnlag for å kunne prioritere sitt tilsynsarbeid. Kartleggingen viser at 39 % av de ca. 450 dammene i klasse 3 og 4 (de høyeste konsekvensklassene) kan være spesielt sårbare for økte flommer pga. beliggenhet, damtype/fundament og/eller flomløpstype. Disse dammene

32 Midttømme, G.H., Pettersson, L.E. (Red.) (2011) Retningslinjer for flomberegninger. NVE Retningslinjer 4-2011

33 Chernet, H.H. (2013).The Impact of Climate Change on Dam Safety and Hydropower. Doctoral theses at NTNU, 2013:351

34 Lawrence, D., Holmqvist, E., Midttømme, G.H. (2014) Klimaendringer og damsikkerhet: En pilotstudie av 24 dammer. NVE-rapport 89-2014

35 Petrich, C. et.al. (2014). Preliminary Results From Two Years of Ice Stress Measurements in a Small Reservoir. Proceedings of the 22nd IAHR international symposium on ice.

NVE skal påse at vassdragsanlegg ikke innebærer fare for skade på mennesker, miljø og eiendom (tredjeperson) uavhengig av om vassdragsanlegget er konsesjonsgitt eller konsesjonsfritt. Den sikkerhetsmessige oppfølgingen består i hovedsak av kontroll og godkjenning av konsekvensklasser, tekniske planer og revurderinger (sikkerhetsvurderinger), kontroll med bygging av anlegg, og tilsyn med eksisterende anlegg og anleggseiere i form av inspeksjoner, internkontrollrevisjoner og innrapportering. Mange vassdragsanlegg er underlagt kontroll og tilsyn både etter damsikkerhetsforskriften og konsesjonsvilkår.

Miljøtilsyn omfatter godkjenning og oppfølging av detaljerte planer (miljø/landskap) for vassdragsanlegg, og av miljø-, transport- og anleggsplaner for energianlegg både i bygge- og driftsfasen. Ved vassdragsanlegg er pålegg og kontroll av hydrologiske undersøkelser samt oppfølging av vilkår som minstevannføring og manøvrering av reguleringsmagasin sentrale arbeidsområder. Det føres også tilsyn etter IK-Vassdrag.

NVE har ansvar for å samordne kraftforsyningens beredskapsplanlegging og lede kraftforsyningen i ekstraordinære situasjoner. Kraftforsyningen skal effektivt kunne forebygge og håndtere ulike typer krisesituasjoner. Energilovens virkeområde i forhold til kraftforsyningen omfatter både naturgitt skade, teknisk svikt og bevisst skadeverk. Forsyningssikkerhet er et grunnleggende krav og det er en forutsetning at kraftforsyningen også skal fungere under ekstreme klimapåkjenninger. Ved skader og havarier stilles

det krav til at selskapene raskt skal kunne gjenopprette normal forsyning.

Virksomheter som er kritisk avhengig av kontinuerlig kraftforsyning, må sikre seg med en egenberedskap (nødstrøm), slik at avbrudd ikke resulterer i uønskede hendelser.

4.4.2 STATUS

De viktigste virkemidlene i arbeidet med klimatilpasning er normative virkemidler (lover, forskrifter og vedtak), aktivt tilsyn samt informasjon, kunnskapsutvikling (FoU), rådgivning og opplysningsarbeid f.eks. ved veiledere.

DAMTILSYN

Flom er en avgjørende last for dimensjonering og kontroll av damsikkerhet. Siden 2010 har det vært krav om å gjøre nye flomberegninger hvert 15.-20. år i forbindelse med pålagte sikkerhetsrevurderinger av dammer i konsekvensklasse 1-4. Dette skal fange opp endringer i flomstørrelser over tid, og sørge for at dammenes sikkerhet opprettholdes i et endret klima. NVE anbefaler også at det eventuelt legges på et klimapåslag på dimensjonerende flommer, som en sikkerhetsmargin for fremtidige endringer, ved utarbeidelse av tekniske planer for nye dammer eller fornyelse av eksisterende dammer. Denne forvaltningspraksisen ble innført i 2011 da vi fikk vurdert hvilke deler av Norge som må forvente økninger i dimensjonerende flommer og vi fikk

vil bli prioritert i NVEs oppfølging av flomberegninger, revurderinger mv. NVE inkluderer også dammer som tema i pågående nasjonal skredfarekartlegging for å skaffe et bedre grunnlag for å vurdere mulig økt fare for skred mot dammer og skredgenererte bølger. For noen få dammer kan også flom pga jøkulhlaup fra bredemte sjøer utgjøre en spesiell fare og en nylig gjennomført kartlegging kan her være til hjelp.³⁶

I NVEs informasjonsansvar om damsikkerhet, ligger bevisstgjøring hos dameierne om klimaendringseffektene og hvordan disse ivaretas i kravene i regelverket. Dette er, og vil fortsatt bli, ivaretatt gjennom etablerte informasjonskanaler som Produksjonsteknisk konferanse (PTK),

36 Jackson, M. og Ragulina, G. (2014). Inventory of glacier-related hazardous events in Norway. NVE-rapport 83-2014





FOTOGRAFI (VENSTRE):

Svortungsvann i Jørpelandsvassdraget.
© Arvid Knudsen/Lyse

FOTOGRAFI (HØYRE):

Glomma ved Kongsvinger, under flommen 2008.
© Arne T. Hamarsland/NVE



Vassdragsteknisk forum (VTF) og informasjonsskriv. Når damsikkerhet og klima er tema i mediene, vil NVE informere om at regelverkets sikkerhetskrav til dammer ivaretar klimaendringseffektene, at NVE følger opp disse kravene og at damsikkerheten dermed blir ivarettatt.

MILJØTILSYN

Miljøtilsyn på anleggene skjer i henhold til de klimatilpassede rammene som konsesjonsbehandlingen har satt. Når vannkraft-, vindkraft- eller kraftledningskonsesjoner er gitt, skal konsesjonær før byggestart legge frem detaljerte miljø- og landskapsplaner for NVE. I byggefasen vektlegges å finne gode anleggstekniske løsninger for miljø og landskap innenfor konsesjonens rammer. I driftsfasen er fokus at anlegget drives og vedlikeholdes i tråd med gitte tillatelser, dette gjøres gjennom aktivt tilsyn og systemrevisjon.

BEREDSKAP

I 2013 hadde over 80% av all ikke-levert-energi i regional- og sentralnettet klimapåkjenninger og lignende som utløsende årsak.^{37 38} I dette kan mye tilbakeføres til trefall, lyn, vind og ising. Hvis det ikke gjøres forsterkninger, vil sårbarheten kunne øke ved de forventede klimaendringer. Sårbarheten må også reduseres ved at det tas høyde for endrede klimapåkjenninger ved fremtidige utbygginger,

oppgraderinger av eksisterende anlegg og i løpende vedlikehold.

Beredskapsseksjonen har løpende tilsyn og oppfølging ovenfor norsk energiforsyning på området beredskap, herunder forhold knyttet til naturhendelser som kan påvirke evne til å produsere og distribuere energi. Dette gjelder landets nettselskap, kraftforsyningsprodusenter og fjernvarmeselskap. Oppfølgingen har innbefattet følgende:

- En rekke seminar og konferanser med klimatilpassning og beredskap som tema
- Utredninger om trefall (stormskader) og skogrydding langs kraftlinjer³⁹
- Veiledning til energibransjen om skogrydding
- Havnivå og stormfloprosjektet (med bakgrunn i klimamodeller)⁴⁰
- Lynstudien, om lyn i fremtidens klima og mulige konsekvenser for energiforsyning (utredning i samarbeid med Met.no)¹⁸

39 Løchen, L. A: (Red.) (2012) Trær til besvær. Lærdommer om skogrydding i etterkant av ekstremværet Dagmar. NVE-Rapport 45-2012

40 Løchen, L. A, Nilsen, S. (Red.) (2015) Mulige effekter av havnivåstigning og stormflo på norsk energiforsyning. NVE-Rapport 3-2015

- Isstorm – ising langs kraftnettet (utredning i samarbeid med Met.no)⁴¹

NVE har under arbeid en sammenstilling av de mest sentrale funnene i disse utredningene. Dette vil gi en lett tilgjengelig og samlet introduksjon til utredningene. Slike utredninger er viktige virkemidler for å sikre økt kunnskap og økt bevissthet om klimatilpassning for energisektoren. Hensyn til klimapåkjenninger som denne infrastrukturen må kunne påregne å bli eksponert for er innarbeidet. NVE har gjennomført en spørreundersøkelse for å måle status i bevissthet og tilpassningsfokus i energisektoren for 2012 som ble publisert i en statusrapport i 2013.⁴²

NVE har utarbeidet storskala øvingsscenario og ledet sektorovergripende øvelser som f.eks. Øvelse Østlandet i 2013 og Øvelse Lofoten 2014. I tillegg har NVE i etterkant av ekstremvær som for eksempel «Dagmar», «Hilde» og «Ivar» utarbeidet evalueringsrapporter for å dokumentere læring og identifisere forbedringspunkter.

4.4.3 BEHOV FOR FOU

DAMTILSYN

Det er behov for å videreføre FoU om istrykk på dammer og skredgenerte bølger. Prosjekter er gjennomført, men

41 Steen, R. (Red.) (2012) Isstorm - Ising på kraftforsyningsnettet. NVE-Rapport 44-2012

42 Steen, R. (2013) Klimatilpassning i kraftforsyningen - Status 2012 - Hvor står vi nå? NVE-Rapport 15-2013

det mangler konklusjoner som kan danne grunnlag for endringer i regelverk og/eller anbefalinger til anleggseierne i forbindelse med planlegging av nye/fornyelse av vassdragsanlegg. Kunnskapen på dette området er begrenset og det er behov for videre FoU-virksomhet.

Videre er det behov for å se nærmere på lastsituasjoner som har betydning for damsikkerheten, men som ikke er utredet til nå, slik som vind og vindgenererte bølger, snø, lynfrekvens mv. Noen laster virker direkte på vassdragsanleggenes stabilitet, mens andre laster har en indirekte virkning på sikkerheten ved at de påvirker påliteligheten av kommunikasjonslinjer og strømforsyning for lukemanøvrering og overvåking av vannstand, lekkasjer mv.

Flom er en avgjørende last for dimensjonering og kontroll av damsikkerhet. En forutsetning for riktig laststørrelse, er riktige og oppdaterte flomberegninger. Virkninger på påregnelig maksimal flom og dimensjonerende flommer beregnet ved hjelp av nedbør-/avløpsmodeller bør utredes videre, og eventuelle nye fremskrivninger av dimensjonerende flommer pga oppdaterte klimascenarier kan være nødvendig. Generell FoU på usikkerhet i flomberegninger (metodikk og datagrunnlag) slik som FlomQ – prosjektet (pågå) vil være nyttig som utgangspunkt for å få sikrere vurdering av klimaendringenes virkninger på flommer.

BEREDSKAP

Det er behov for å utrede og kartlegge endringer i vedlikeholdsbehov knyttet til mulig økt saltinnhold og forurensning i luft på distribusjonsnettet (saltkrystallisering, forvitring, slagregn) som følge av endringer i klimaet, og om dette bør påvirke hvor og hvordan vi bygger.



FOTOGRAFI (VENSTRE):

Vannføringsmåling med StreamPro.
©NVE

FOTOGRAFI (HØYRE):

Sprengsteinsfylling ved Kvernfall kraftverk,
Åmot kommune
© Arne T. Hamarsland



Videre er det behov for å utrede muligheter for og konsekvenser av, sammenfallende hendelser på produksjons- og distribusjonsnettet, f.eks. mye snø/is kombinert med mye vind. Atmosfærisk ising er en av de enkeltfaktorer som har størst økonomisk konsekvens for investeringskostnadene ved nye kraftledninger, uansett spenningsnivå. I tillegg har ising, gjerne sammen med vind, betydelige konsekvenser for driften av hele kraftforsyningsnettet i Norge.⁴¹ Et nasjonalt isingskart vil være et viktig verktøy for planlegging og beredskap innen energiforsyningen.

4.4.4 TILPASNING TIL ET ENDRET KLIMA

DAMTILSYN

Dammer dimensjoneres og kontrolleres for normale laster generert av nedbør, temperatur og vind samt unormale laster generert av sjeldne/ekstreme hendelser. Normale laster opptrer i form av flomvannstand/flomvannføring, istrykk, teletrykk og bølgepåkjenning. Skred mot dam eller ned i magasin er eksempler på sjeldne/ekstreme hendelser som genererer unormale laster.

Endringer i klima vil påvirke sikkerhetsvurderinger av eksisterende dammer og dimensjonering av nye/ombygging av eksisterende dammer:

- Større og hyppigere flommer, kan resultere i behov for ombygging av flomløp, forhøyelse/forsterking av dammer eller etablering av flomdempningsmagasin.
- Større snømengder i høyereliggende områder, kan gi pakking av snø i flomløp. Særlig der det er lukkede flomløp (sjakt/tunnel) kan dette kreve tiltak for å

unngå problemer med flomavledning.

- Økt fare for skred mot dam eller ned i magasin kan innebære behov for tiltak for å unngå direkte skader på dammer eller indirekte skader på grunn av overtopping av dam. Skred kan også resultere i mer drivgods med fare for tilstopping av flomløp, noe som kan kreve ombygging ved de aktuelle dammene.
- Nedsmelting av breer kan gi fare for jøkulhlaup (utbrudd fra bredemte sjøer), i områder som i dag ikke er påvirket slik, og påfølgende store ulykkesflommer som kan ramme nedenforliggende dammer. Dette vil kreve økt overvåking for å kunne forhåndstappe magasiner.
- Hyppigere perioder med temperatur rundt 0 grader i områder som i dag har få slike, vil innebære flere fryse-/tinesykluser med økt forvitring/nedbryting av betong- og steinmaterialer. Dette kan gi behov for raskere fornyelse av dammer.
- Dersom klimaendringene skulle føre til hyppigere og raskere temperaturendringer om vinteren, vil det gi både flere lastsituasjoner med istrykk og muligens også økte ekstremelaster. Istrykk er ofte den klart dominerende enkeltlasten på små og middelstore betongdammer, som vi i Norge har svært mange av. Dette vil kunne resultere i behov for forsterking av disse dammene.
- Eventuelle sterkere og hyppigere stormer, kan gi større bølgepåkjenninger, økt fare for tilstopping av flomløp pga. drivgods og problemer med

kommunikasjon/adkomst på enkelte damanlegg. Dette vil kreve ulike former for tiltak.

- Økt temperatur, fuktighet og uværshetsfrekvens kan påvirke lynfrekvensen og gi økt fare for utfall av strømforsyning til lukemanøvrering og til kontroll- og overvåkingssystemer.
- De ulike klimatiske endringene kan gi nye utfordringer for sikringstiltak for allmennheten, overvåking av og beredskap for dammer. Eksempler kan være utfordringer i forbindelse med ferdsel på is og flere vinterflommer.

Dimensjonering av nye og kontroll (revurdering) av bestående dammer, skal gjøres i henhold til gjeldende forskrifter. I revurderinger av bestående dammer hvert 15.-20. år skal reelle endringer i laster fanges opp. Intervallet på revurderingene forventes å dekke behovet for å fange opp klimaendringenes effekt på både flommer og øvrige laster. NVE påser at endrede laster og usikkerheter pga. reelle klimaendringer blir tatt hensyn til gjennom godkjenning av flomberegninger, revurderinger og tekniske planer for nybygging og ombygging. Når det gjelder usikkerhet i beregnede flomverdier pga. fremtidige klimaendringer, gir NVE *anbefalinger* om å ta høyde for økte flommer, men klimaendringer brukes ikke som grunnlag for å gi pålegg. NVE Report no. 5-2011¹⁹ er grunnlag for NVEs anbefalinger om å ta høyde for eventuelle klimaendringer.

Noen dammer vil være spesielt sårbare for klimaendringer avhengig av bl.a. beliggenhet, alder/byggeår, damtype, fundamentforhold og flomløpstype. For disse dammene vil behovet for forsterking/ombygging av selve dammen og/

eller flomløpet øke. Dersom flomstørrelsene skulle øke så raskt at damkonstruksjonene med flomløp ennå ikke er tilpasset endringene, har NVE hjemmel i vannressursloven § 40 til å pålegge tapping i en uforutsett fare- eller ulykkesituasjon. Selv om det i dagens regelverk ligger inne sikkerhetsmarginer i fastsettelse av laster og fribord, kan effekten av klimaendringene innebære behov for å skjerpe dagens krav til teknisk standard. Det kan for eksempel være nærliggende å vurdere strengere krav til fribord og til plastring av vannsiden på fyllingsdammer. Planlegging og gjennomføring av nødvendig vedlikehold og fornyelse må også tilpasses klimaendringene.

Generelt må det stilles krav til at overvåking og tilsyn med damanleggene under normal drift og i krisesituasjoner tilpasses klimaendringer. Det kan avdekkes behov for flere målinger og nye typer målinger for eksempel andre klimadata enn det som er nevnt i dagens veiledere, eller mer vannføringsdata for flomberegninger. Dameiernes overvåking må også tilpasses i nødvendig grad for eksempel ved at det tas hensyn til hyppigere forekomster av flommer på vinteren.

Damsikkerhetsforskriften setter krav til dameiernes beredskap mot situasjoner som kan innebære fare for skader. Dersom risiko øker som følge av klimaendringer, må dette gjenspeiles i dameiers beredskapsplanlegging.

NVE har gjort en kartlegging og grovanalyse av hvilke dammer i de høyeste konsekvensklassene (klasse 3 og 4) som er mest sårbare for økte flommer per 2014. Det er pr dato ca. 3300 registrerte dammer underlagt tilsyn, hvorav ca. 450 dammer i klasse 3 og 4, og det er derfor behov for å prioritere NVEs tilsyn og oppfølging med hensyn til risiko



FOTOGRAFI (VENSTRE):

50 kV linje ved Bulken, Voss kommune.

© *Tor Ivar Døssland/Voss Energi*

FOTOGRAFI (HØYRE):

Bodø by nyttårsaften.

© *Arne T. Hamarsland*



og sårbarhet. Kartleggingen/analysen bør revideres etter hvert som datagrunnlaget endrer seg, og kan bli utvidet til å dekke andre effekter av klimaendringer (økt skredfare mv) og eventuelt også anlegg i konsekvensklasse 2.

MILJØTILSYN

I bygge- og driftsfasen skal tiltakshaver for vannkraftanlegg ha et operativt internkontrollsystem. Kravet om internkontroll gjelder foreløpig ikke for tiltak etter energiloven. Ved revisjon av dette internkontrollsystemet, bør det være fokus på forhold som påvirkes av endret klima f.eks. økt erosjonsfare og begroing/gjengroing av tørrlagte elveløp/flomløp.

En generelt lengre vekstsesong, vil gjøre arbeidet med å etablere og vedlikeholde vegetasjon på anleggsområder enklere. Samtidig kan tørkeepisoder sommerstid og endret snødekke vinterstid medføre økt stress for vegetasjonen. Økt nedbør og flere intense nedbørepisoder, øker erosjons- og rasfaren. Dette medfører at det blir viktig raskt å etablere og eventuelt vedlikeholde vegetasjonsdekke, på erosjonsutsatte areal. Det kan også være aktuelt å vurdere andre erosjonshindrende tiltak i anleggsperioden.

Det vil sannsynligvis bli flere isganger i vassdragsavsnitt som i dag har stabilt isdekke. Dette kan medføre økt skadefrekvens på konsesjonspålagte tiltak som f.eks. terskler. Det bør ved revisjon av internkontrollsystemene, ses til at konsesjonær rutinemessig etterser disse tiltakene etter isganger og flommer.

NVE nedsatte i 2014 en tverrfaglig arbeidsgruppe som skulle se på problematikken rundt strømutfall som følge av

trefall og uvær. Dialog med bransjen og andre myndigheter, tekniske krav og tilsyn ble foreslått som tiltak. Det skal også utarbeides en veileder for skogrydding i kraftledningstraseer for bransjen.

Med hjemmel i vassdragslovgivingen og gitte konsesjoner, kan NVE pålegge konsesjonærer å utføre hydrologiske undersøkelser. Dette kan omfatte måling av vannføring, vannstand i magasin, grunnvann, vanntemperatur, isforhold, sedimenttransport, snø- og breforhold. NVEs interne retningslinjer for utarbeidelse av vedtak om hydrologiske undersøkelser skal revideres i 2015. Det vil da være naturlig å se på om de forventede endringer i klima bør medføre endringer i praksis for utforming av påleggene (for eksempel det å skaffe mer data for økt sikkerhet og beredskap i vassdraget knyttet til flom).

Vassdragsanlegg med krav om minstevannføring, er fra 01.01.2010 pålagt å ha godkjent, automatisk registrering av dette. Ved økt fare for tørke, blir kontroll og tilsyn med pålagte minstevannføringer viktig. Fokus på oppfølging av pålegg om automatisk logging av minstevannføring vil opprettholdes i årene som kommer.

BEREDSKAP

Det er særlig kraftforsyningsnettet med tilhørende anlegg som det er viktig å ha oppmerksomhet rundt når det gjelder sårbarhet og tilpasningsbehov knyttet til klimaendringer. Kraftforsyningen har alltid vært dimensjonert for å tåle klimapåkjenninger, samtidig som disse påkjenningene også er en betydelig årsak til de feil og avbrudd som skjer i distribusjons-, regional- og sentralnettet.

Det stilles krav gjennom konsesjonsbehandling og direkte regulering. NVEs tilsyn følger opp at disse kravene etterleves. Kraftforsyningen skal kontinuerlig tilpasse seg til endrede klimapåkjenninger. Det er samtidig behov for bedre kunnskap om bestemte utfordringer og nærmere vurdering av hvilke tilpasningsbehov dette medfører.

NVE vurderer klimapåkjenninger som en integrert og viktig del av energiselskapenes risikostyring. Samtidig er endrede klimapåkjenninger med aktuelle tilpasningsbehov noe som vil kreve betydelig oppmerksomhet hos myndigheten og bransjen. Dette ikke minst fordi planlegging og utbygging av nettforsterkninger har et langsiktig tidsperspektiv og betinger rimelig robusthet i forhold til endrede rammebetingelser.

NVE rår over en rekke virkemidler for å sikre at kraftforsyningens infrastruktur dimensjoneres for relevante klimabelastninger. Disse virkemidlene anses som tilstrekkelige for å sørge for at det blir tatt høyde for fremtidige endringer i klimaet. Grovt sett kan virkemidlene deles inn i direkte regulering og tilsyn (normative virkemidler), økonomisk regulering og informasjonsarbeid.

En undersøkelse i regi av NVE i 2009⁴³ og 2012⁴² bekrefter at klimatilpasning er på dagsorden hos energiselskapene.

43 Steen, R. (2009) Klimatilpasning i kraftforsyningen i 2009. NVE-Rapport 16-2009

4.5 ENERGIFORSYNING

4.5.1 FORVALTNINGSOMRÅDE

NVE skal bidra til en sikker og forutsigbar kraftforsyning. NVEs forvaltningsområder er innen nett, produksjon og energibruk (kapittel 4.6). Fastsetting av rammebetingelser basert på grundige analyser er et viktig virkemiddel.

I henhold til Energilovforskriften, er det et vilkår for konsesjon på elektriske anlegg, at den som får konsesjon til enhver tid plikter å holde anlegget i tilfredsstillende driftssikker stand, herunder sørge for vedlikehold og modernisering som sikrer en tilfredsstillende leveringskvalitet. Tilnærmet samme krav gjelder for konsesjon på fjernvarmeanlegg.

Konsesjonsbehandlingen omfatter tekniske og økonomiske analyser av prosjektene og det systemet de skal fases inn i. Nødvendig klimatilpasning er en del av denne vurderingen. NVE må se produksjon, overføring og bruk av energi i sammenheng for å sikre best mulig ressursutnyttelse som ivaretar hensynet til forsyningssikkerhet, miljø og andre allmenne og private interesser.

Ut fra kjente klimautfordringer, vurderes det at krav og forventninger nedfelt i lover og forskrifter, gir tilfredsstillende hjemmelsgrunnlag for en kontinuerlig tilpasning av sektoren. For NVE som tilsynsmyndighet, vil det være viktig å påse at bransjen setter seg inn i og etterlever regelverket.



FOTOGRAFI:

Kraftlinjer i Tyssedal, Odda kommune
© Arne T. Hamarsland/NVE

4.5.2.STATUS

Stabil kraftforsyning er viktig for hele samfunnet. Det er særlig kraftforsyningsnettet med tilhørende anlegg som det er viktig å ha oppmerksomhet rundt når det gjelder sårbarhet og tilpasningsbehov knyttet til klimaendringer. NVEs tilsynsvirksomhet er økende, og klimatilpasning vektlegges i økende grad.

Investeringer i kraftsystemet er langsiktige med tidshorisonter opp mot 100 år. Forventede klimaendringer medfører at NVE må gjøre utvidede analyser for å sikre at kommende investeringer resulterer i robuste og driftssikre løsninger også i et endret klima. Uten tilpasninger, vil sårbarheten øke ved de forventede klimaendringer.

Undersøkelser i 2010/2011 dokumenterte at 50 prosent av kraftverkene som ble analysert hadde problemer på grunn av ising og sedimenter. Klimaendringer vil sannsynligvis forsterke dette og kan medføre alvorlige lokale problemer i kraftforsyningen.

Selv om kraftforsyningen er dimensjonert for å tåle klimapåkjenninger er disse påkjenningene også en betydelig årsak til feil og avbrudd i distribusjons-, regional- og sentralnettet. Det er behov for at NVE følger opp med krav om nødvendige fysiske tilpasninger for å kompensere for endringer i klimaet.

Det er behov for bedre kunnskap om bestemte utfordringer og nærmere vurdering av hvilke tilpasningsbehov disse medfører. Krav om forutsigbarhet i et klima i endring, kan medføre sterkere føringer for prosjekter som får konsesjon.

Klimaendringene påvirker hele kraftsystemet og energibruken. Utfordringene for nettet vil være geografisk betinget da det særlig i høyereliggende strøk kan utsettes for økte snømengder og mer ising. Kombinasjoner av dette kan få betydning for dimensjoneringskriterierene. I tillegg vil både forbruk og kraftproduksjon påvirkes og gi behov for tilpasninger til økte temperaturer og avløp vinterstid og redusert avløp sommerstid.

4.5.3.BEHOV FOR FOU

NVE trenger oppdatert kunnskap om fremtidens klima og hvordan dette kan påvirke kraftforsyningen. Det vil bli tatt

initiativ til nødvendige utredninger med fokus på klimaendringers effekt på energisektoren som helhet. Dette innbefatter forskning på økt- og redusert energiproduksjon samt risiko- og sårbarhetsvurderinger som tar hensyn til mulige direkte og indirekte konsekvenser for kraftforsyningen. Dette arbeidet vil blant annet fokusere på tydeligere krav til å utrede mulige effekter av klimaendringer og ta hensyn til dette gjennom konsesjonsprosesser, konsekvensutredninger og i kraftsystemutredninger.

Det er behov for å vurdere kraftforsyningens risiko og sårbarhet i forhold til en rekke tema, slik som lyn, flom, stormflo, ising, snølast, skogrydding, skred med flere. Regionale klimaufordringer bør synliggjøres i den grad dette er mulig.

Det er stor usikkerhet i hvordan klimaendringer påvirker vindregimet. Dagens modeller viser ikke vesentlige endringer når det gjelder vind. Vindfarmer er slitbare konstruksjoner med ca. 20 års teknisk levetid. Dersom det i fremtiden blir flere perioder med sterk eller svak vind, kan det få store negative økonomiske følger. Bedret kunnskap om fremtidens vindregime er nødvendig i lys av at vi står ovenfor store investeringer i nett, vindfarmer og solanlegg. Dette er alle konstruksjoner som kan påvirkes dramatisk av kortvarig sterk vind. Kombineres sterk vind med økt frekvens av ising, kan konstruksjoner som nett og vindkraftverk bli utsatt for belastninger de ikke er dimensjonert for.

Konsekvenser av økt bretilsig må analyseres i forhold til kraftverk som berøres. Konsekvenser av økt tørke må analyseres i forhold til vassdragets økologiske bæreevne og muligheten for bruk av eksisterende og/eller nye reguleringsmagasiner og hvordan dette kan påvirke kraftproduksjonen over året og i sesongen.

Med nye data om fremtidig tilsig vil mange viktige vannkraftvassdrag få betydelig endret produksjonsevne. Det er nødvendig å analysere dette i kort og langsiktig perspektiv og vurdere endringene mot endringer i forbruk.

NVE vil bruke tilgjengelige nye data og antatt utbygd kraftsystem i 2020 for å få frem mulige virkninger av klimaendringer med bakgrunn i antatt situasjon i 2030 og 2050. Analysene vil ta for seg det nordiske systemet. Noen utvalgte vassdrag med ulik geografisk beliggenhet med og



FOTOGRAFI:
Foss i Tesse, Vågåå/Lom
© Arne T. Hamarsland/NVE

PRODUKSJON

- Temperaturøkning
 - Selv om det blir generelt økt nedbør vil også fordampning øke og kan noen steder bidra til redusert tilsig. Effekten av økt nedbør i høyereliggende strøk og mer fordampning i lavereliggende strøk må studeres nøye da det kan gi betydelige utfordringer.
 - Temperaturstigning øker avsmelting av breer.
 - For kraftverk i elver med bretilsig gir dette økt sommerproduksjon, men det er nødvendig med forståelse av tidshorisont.
 - Det er nødvendig å gjøre analyse av situasjonen når bretilsiget avtar/opphører og identifisere de kraftverk som påvirkes.
 - Fare for økt frekvens av fryse/tinevekslinger kan gi økt problem med frostsprengning i de deler av landet som i dag har stabilt vinterklima.
 - Økt belastning på dammer og inntak
 - Inntak og rørgater ved uregulerte små kraftverk kan få problemer
- Nedbør
 - Økt nedbør vil normalt gi økt tilsig og produksjonsøkning, men er økningen forbundet med mye styrtregn, kan kraftverk uten evne til magasinering få redusert produksjon. Her er det behov for bedre data og analyser. Dagens planer for nye målestasjoner må vurderes i lys av å få frem bedre volumberegninger av tilsig samt sanntidsvariasjonene. Bruk av data fra kontinuerlig avlesning, krever også investeringer i bedret modellverktøy for best mulig analyser. Høyere luftfuktighet og mer nedbør, vil gi økt forvitring på betong- og steinkonstruksjoner og kan øke korrosjonsfaren i kraftverk/linjenett.

- Økt nedbør kan øke risikoen for flom, oversvømmelser og skred. Dette kan øke risikoen for skader på kraftanlegg som demninger, kraftstasjoner, transformatorer og kraftlinjer. Behovet for ombygging av dammer, luker og flomløp kan øke.
 - Mer intens nedbør vil bidra til endringer i skredfrekvenser, gi skred i nye områder og dermed gjøre tidligere lite utsatt infrastruktur, mer utsatt. Økt skredfrekvens kan også bidra til økt sedimenttransport som påvirker drift av vannkraftverk negativt.
 - Økt nedbør i form av regn på vinteren i lavere-liggende strøk gir høyere avløp i vassdragene og større vinterkraftproduksjon. Dersom behov for vinterkraft er stort (for eksempel pga eksport) og bruk av magasinert vann i fjellet er nødvendig, kan dette gi avløp som overstiger slukevnen i elvekraftverkene. Dette kan påvirke konstruksjoner for elvekraftverk og medføre behov for raskere ombygging både av hensyn til sikkerhet og økt produksjon vinterstid.
 - Redusert avrenning sommerstid
 - kan gi redusert produksjon fra vannkraftsystemet i denne perioden
 - kan øke behovet for å bruke deler av magasiner gjennom sommeren for å opprettholde en akseptabel vannføring i berørte vassdrag
 - Med nedbør følger skyer. I forbindelse med mulig solkraft, er det nødvendig å forstå om et fremtidig klima gir skysystemer som kan påvirke produksjon/økonomi.
- Tørke
 - Økning av tørke og tørkeperioder
 - kan gi behov for å bruke magasin vann strategisk for å unngå utradering av biologisk liv i elver i tørkeperioder (sommer og vinter)

uten bretilsig bør vurderes nærmere. Tanken er å gjøre mer detaljerte simuleringer i samarbeid med analysemiljøer i kraftselskapene for bedre å få frem detaljer i nedbør i form av regn og snø, fordampning, ising og flom.

4.5.4 TILPASNING TIL ET ENDRET KLIMA

NVE skal formidle krav i regelverk og bruke tilsynet til å bevisstgjøre om myndighetenes forventninger til klimatilpasning på eksisterende og nye anlegg. NVE vil bruke virkemidler som direkte regulering og tilsyn (normative virkemidler), økonomisk regulering og informasjonsarbeid for å sikre at kraftforsyningsinfrastruktur dimensjoneres for relevante klimabelastninger. Innen direkte regulering, er konsesjonsbehandlingen et viktig instrument for å sikre god tilpasning.

NVE stiller allerede i dag strenge krav til konsekvensutredninger, men vil øke fokus på klimaendringer i forhold til konsesjonssøknader, konsekvensutredninger og kraftsystemutredninger.

Investeringskostnadene ved å bygge kraftforsyningsanlegg er høye og det å gjøre bygningstekniske eller arealmessige endringer i ettertid, kan være både vanskelig og kostnadskrevende. Tilpasningsbehov bør derfor vurderes allerede i planfasen. Klimatilpasning innebærer å ta høyde for usikkerhet, og det vil være viktig at vurderinger rundt aktuelle klimaendringer innarbeides i alle planer, prosesser og vurderinger av fysiske anlegg som på kortere eller lengre sikt kan bli påvirket av et endret klima.

Det er krevende å ha god informasjon om alle forhold som bør tas hensyn til ved planlegging og drift av kraftsystemet. For å bedre informasjonstilgangen er nettselskapene pålagt å gjennomføre kraftsystemutredninger (KSU). Formålet med utredningene er å tilrettelegge for samordning av planleggingen mellom produksjon og nett, og mellom konsesjonsområdene. Et viktig resultat av KSUene er scenario-beskrivelser hvor mulig utvikling i produksjon, forbruksetterspørsel og nettkapasitet frem i tid vurderes. Det er også aktuelt å vurdere om NVE bør skaffe seg/MET tilgang til klimadata som energiselskapene samler inn.

Videreutvikling av tekniske normer for anlegg er også sentralt. På enkelte områder er det etablert normkomiteer (standardiseringskomiteer) for utarbeidelse av sikkerhetskrav som skal være gjeldende for ulike komponenter og konstruksjoner. Som myndighet må NVE sikre at myndighetskravene blir godt dekket innenfor disse normene.

Under følger en stikkordsmessig beskrivelse av ulike effekter av klimaendringer som påvirker produksjon, nett og energibruk. Tilleggsutfordringer vil være at andre deler av de fysiske installasjoner kan bli mer berørt enn de som er mest utsatt i dag og at ekstremværlastene kan bli større. Et bredt samarbeid med aktørene gjennom egne studier og deltakelse i relevante forskningsprosjekter som delfinansieres av Forskningsrådet, vil være viktig for å utvikle forståelsen av hva klimaendringer kan bety. Dokumentasjon av ny kunnskap kan således medføre justeringer av forskrifter for f.eks. konsesjonsbehandlingen.

FOTOGRAFI:
Bodø by.
© Arne T. Hamarsland



- Vind
 - Det er behov for bedre kunnskap om vindforhold selv om dagens fremskrivninger ikke tilsier store endringer. En potensiell vesentlig dreining av rådende vindretning og endret intensitet vil påvirke produksjonsevnen i vindparkene.
 - Vindkraftproduksjon er generelt bedre om vinteren enn sommeren i dag. Det kan oppstå betydelig kraftoverskudd om vinteren dersom temperatur og nedbør øker vinterstid med økt vannkraftproduksjon som følge. For sommeren vil det motsatte kunne skje da vindkraft har lavere produksjonsvolum i denne perioden og analyser viser redusert vanntilsig til kraftverk. Det er derfor behov for økt kunnskap om fremtidig vindregime.
 - Dersom villere vær fremover gir vindkast med svært høye hastigheter, kan solanlegg med stor flate påvirkes sterkt. Bedret forståelse av fremtidens vindregime kan avklare om dette kan bli et problem eller ikke.
- Luftfuktighet
 - Kombinasjonen økt luftfuktighet og økt temperatur, kan gi økende problem med råte i treverk (strømmaster, bygninger), samt akselerere saltkrystallisering i murkonstruksjoner og trevirke.
 - Økt luftfuktighet kan påvirke brennverdien i biomasse negativt.
 - Økt luftfuktighet kan også gi mer tåke med konsekvens for solanlegg.
- Havnivåstigning og økt stormflonivå
 - Vannkraftverk med utløp i sjø
 - får marginalt redusert fallhøyde med redusert produksjon som følge der det er Francis- og Kaplan-turbiner.
 - kan få problemer med drift under stormflo der Peltonturbiner er i bruk.
- Vegetasjon
 - Økt vegetasjonsvekst kan øke behovet for rensk ved kraftverksinntak og påvirke drift og økonomi negativ
- Temperaturøkning/tørke
 - Mulighet for ising/snø på linjer i deler av landet som i dag ikke har dette problemet.
 - Økt sommertemperatur medfører at metallet i linjene utvider seg og gir «linjesig». Linjene kommer da lavere og kan komme i berøring med vegetasjonen og forårsake jordfeil.
 - Økt temperatur og lenger vekstsesong kan gi større tilvekst i kraftlinjetraseene og øke utfordringene knyttet til vegetasjon og linjer.
 - Økt sommertemperatur, mer tørke og mer vegetasjon kan medføre flere avbrudd forårsaket av skogbrann.
- Tordenvær
 - Med økt frekvens av tordenvær/lyn, vil problemene med avbrudd øke.

NETT

Store deler av nettet ble bygget på 1960-, 70- og 80-tallet. Levetiden for anleggene, tilsier at det fremover er behov for store reinvesteringer og oppgraderinger. Her vil klimatilpassning bli et sentralt tema da investeringer som planlegges i dag kan ha et perspektiv på 60-80 år. Kraftledninger skal dimensjoneres for å tåle forventede laster i ulike typer ekstremvær.

For å forhindre at nettselskapene utnytter sin monopol-situasjon, gis de gjennom den økonomiske reguleringen bedriftsøkonomiske insentiver til å opptre samfunnsøkonomisk rasjonelt. Den økonomiske reguleringen legger til grunn at nettselskapene oppfyller de krav og vilkår som følger av den direkte reguleringen. Behov for klimatilpassning av nettet og økte kostnader i den forbindelse må hensyntas ved NVEs inntektsrammeregulering.

- Grunnforhold
 - Mindre tele i områder som i dag har stabil tele, kan medføre svekket vindstabilitet for maste-punkt og skog (langs linjenett).
 - Mer fukt og perioder med langvarig tørke kan medføre bevegelser i grunnen. Dette vil forårsake press på rør og kabler som ligger nedgravd i bakken, noe som igjen kan påvirke livslengde og vedlikeholdsbehov på kabler og rør.
- Vind
 - Dersom klimaendringen gir dreining av rådende vindretninger vil dette kunne by på utfordringer på linjestrekk og bygninger som i dag ikke er spesielt utsatt for vind.
- Luftfuktighet
 - Kombinasjonen økt luftfuktighet og økt temperatur, kan gi økende problem med råte i treverk (strømmaster, bygninger), samt akselerere saltkrystallisering i murkonstruksjoner og trevirke.
- Salt og forurensning
 - Mulig økt problem med nedslag av salt og dermed økt risiko for overslag knyttet til saltbelegg på isolatorer og gjennomføringer.
- Havnivåstigning fører til økt stormflonivå
 - Effekten av havnivåstigning på stormflo/springflo kan gi økte utfordringer knyttet til lavtliggende kraftforsyningsanlegg.
- Vegetasjon
 - Temperatur og fukt vil gi økt vegetasjons-tilvekst, noe som medfører økt ryddebe-
hov i kraftgater. Dette vil kunne påvirke forsyningssikkerheten
 - Vegetasjonstilvekst kan øke mengden brenn-
bart materiale og dermed skadeomfanget i forbindelse med eventuell skogbrann.

4.6 ENERGIETTERSSPØRSEL

4.6.1 FORVALTNINGSOMRÅDE

NVE skal ha god innsikt i hvordan energibruken for ulike energibærere utvikler seg, og hvilke faktorer som påvirker utviklingen. NVE skal legge særlig vekt på studier av

effekten av klimaendringer på blant annet energibruk. Dette innebærer å gjennomføre analyser knyttet til energibruk, videreutvikle og oppdatere statistikk for stasjonær energibruk og bistå i utviklingen av virkemidler.

4.6.2 STATUS

Endringer i klimaet kan føre til at energibruken endres. Endringer i utetemperaturen fører til endringer i den temperaturavhengige delen av energibruken. Endringer i vindforhold kan gi endring i varmebehov, mer nedbør kan gi økt behov for avfukting, og endringer i skyforhold kan påvirke varmeavgivelse fra solinnstråling.

Klimaendringer som det er viktig for NVE å holde god oversikt over er endringer i vinter- og sommertemperatur, nedbør, skyforhold/solinnstråling og vindforhold.

Økt temperatur i den kjølig årstiden reduserer oppvarmingsbehovet i bygninger. I tillegg reduseres oppvarmingssesongens lengde. En meget stor andel av energibruken i bygninger går til oppvarming. Både oppvarming med elektrisitet og andre energivarer vil reduseres, men det er vanskelig å anslå om noen energivarer vil reduseres mer enn andre. I bygningssektoren ser vi en generell overgang fra olje/parafin til varmepumper. Dette gir en økning i relativ andel elektrisitet i oppvarmingen, men er ikke drevet av klimaendringer.

Økt temperatur om sommeren gir økt kjølebehov i bygninger. Behovet for komfortkjøling vil trolig øke fordi antallet timer der romtemperaturen stiger over forskriftskravene øker. Vi ser blant annet en økning i bruken av varmepumper i husholdninger til kjøling om sommeren. Økning i energibruk som følge av kjøling forventes å være mindre enn reduksjon i energibruk som følge av økt utetemperatur. Det er i hovedsak to grunner til dette: Kjølesesongen er kortere enn oppvarmingssesongen, og kjøleutstyr er generelt mindre utbredt enn oppvarmingsutstyr.

Endring i vindforhold kan gi endringer i energibruk. Økt vindpåvirkning vil øke varmegjennomgangen i byggets konstruksjoner og påvirke energibruken.

Økt nedbør kan gi høyere luftfuktighet og økt energibruk til luftavfukting. Denne effekten er usikker.

Endring i skyforholdene kan gi endring i solinnstråling. Redusert solinnstråling om vinteren vil gi økt oppvarmingsbehov, mens økt solinnstråling om sommeren vil gi økt kjølebehov. Det er usikkert hvor store disse effektene er.

4.6.3 BEHOV FOR FOU

Det finnes relativt gode metoder for å korrigerer virkning av økt temperatur på energibruk. Det er behov for bedre underlag med hensyn til:

- Hvor mye reduseres oppvarmingsbehov som følge av økt temperatur vinter?
- Hvor mye øker kjølebehov som følge av økt temperatur sommer?
- Hvor stor påvirkning har endrede vindforhold på energibruk?

4.6.4 PÅVIRKNING FRA ET ENDRET KLIMA

- Mildere vintre og varmere somre:
 - Kan jevne ut energiforbruket over året i forhold til i dag, ved at oppvarmingsbehov blir lavere om vinteren og kjølebehov høyere om sommeren.
 - Kan bety økt bruk av elektrisitet fordi det er mer fleksibelt og lettere å regulere.
- Vind
 - Klimafremskrivningene tilsier ikke vesentlig endring av rådende vindretning eller styrke.



EKSEMPEL PÅ ENDRING I ENERGIBRUK I 2030 SOM FØLGE AV ØKT UTETEMPERATUR, REDUSERT OPPVARMINGSBEHOV OG ØKT KJØLEBEHOV.

Følgende forutsetninger legges til grunn for beregningene:

- Utetemperaturene øker med 1°C.
- En økning på 1°C i utetemperatur i oppvarmings-sesongen vil kunne redusere energibehovet til oppvarming med 5 %.
- En økning på 1°C i utetemperatur på sommeren vil kunne øke energibehovet til kjøling med 5%.
- Det er tatt hensyn til nybygging fra 2014 til 2030. Nye bygg forutsettes å ha et lavere oppvarmingsbehov og kjølebehov enn eksisterende bygg.

Arealet for nybygg og rehabiliterte bygg er relativt økende, mens areal for eksisterende bygningsmasse er relativt synkende. Beregningen vurderer ikke hvilke energikilder og -bærere energibehovet dekkes opp av. Virkningsgrader er dermed ikke tatt i betraktning.

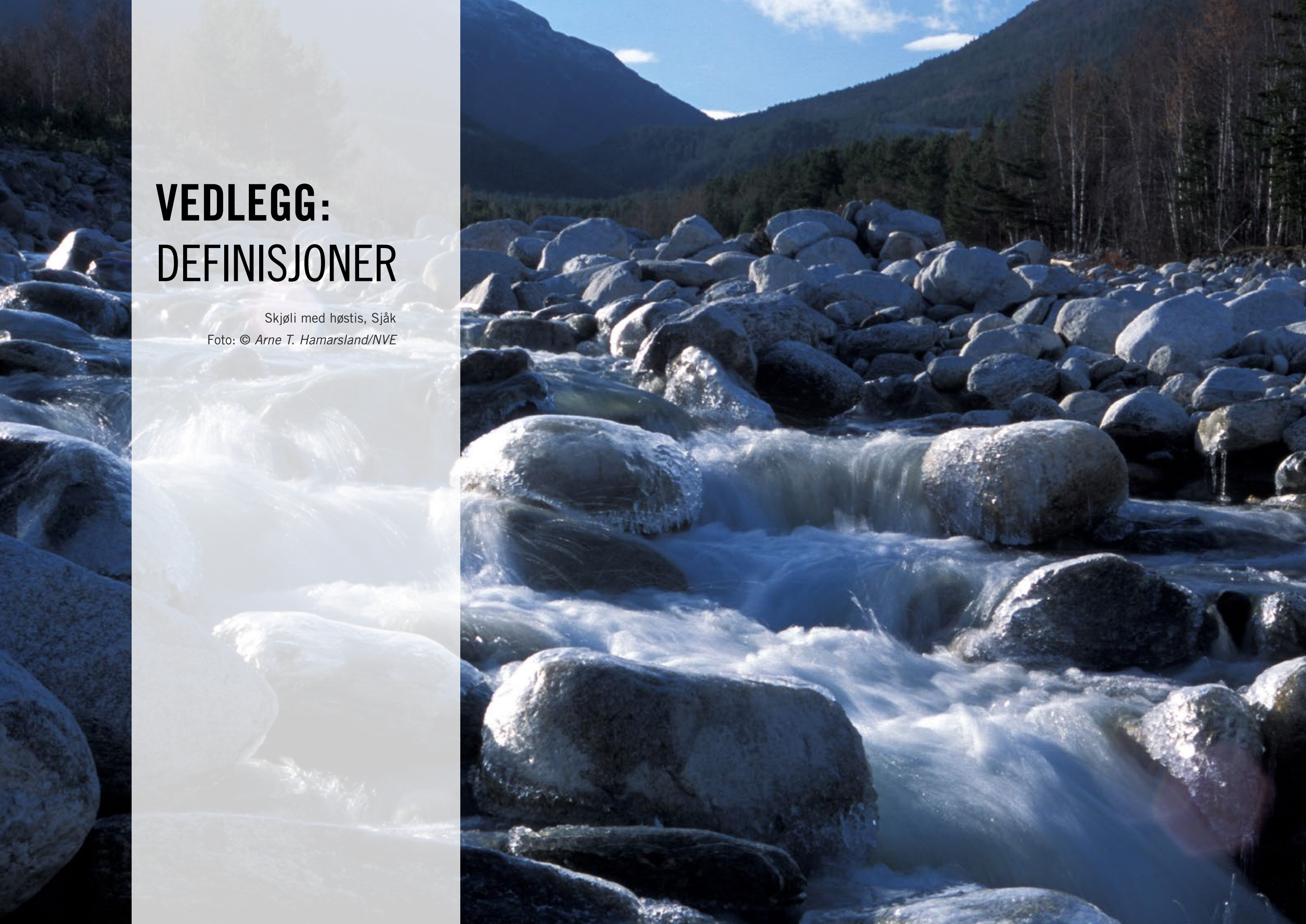
En økning på 1 °C utetemperatur gjør at energibruken i bygninger i 2030 vil være ca. 2 TWh lavere enn hva den ville vært ved samme temperaturer som i dag. Fordelingen på oppvarming og kjøling, samt boliger og næringsbygg er vist i tabellen under. Merk at beregningene bygger på usikre forutsetninger, men anslagene peker likevel på en utviklingsretning.

TABELL 1 ENDRING I ENERGIBEHOV I 2030 SOM FØLGE AV 1°C ØKNING I UTETEMPERATUR

	OPPVARMING [TWH]	KJØLING [TWH]
BOLIGER	-1,4	0
NÆRINGSBYGG	-0,8	+0,1

VEDLEGG: DEFINISJONER

Skjøli med høstis, Sjøk
Foto: © Arne T. Hamarsland/NVE



ORD	FORKLARING
ALLUVIALE	Alluvial, om løse elveavleiringer som er dannet relativt nylig, og under samme forhold som i nåtiden. Alluviale malmer er malmer som opptrer i løs sand og grus avsatt av en elv. Alluvial flate, liten elveslette langs en elv, bygd opp av flomavleiringer.
AVRENNING	Den delen av nedbøren som renner mot bekker eller elver på overflaten (overflate-avrenning) eller i via jorda og grunnen (interflow). Vanlige måleenheter er mm eller ls ⁻¹ km ⁻²
ENERGIFORSYNING	I denne rapporten omfatter dette kraftforsyning med tillegg av fjernvarmeproduksjon og -distribusjon
EUS FLOMDIREKTIV	Direktivet (2007/60/EF) har som formål å håndtere risikoen flom representerer for mennesker, miljø, kulturarv og økonomi med sikte på å redusere skader ved flom. Direktivet dekker alle varianter av flom, også oversvømmelse fra sjø (stormflo). Direktivet stiller krav om risikokartlegging og en nedbørfeltvis, helhetlig planlegging av skadeforebyggende tiltak
EUS RAMMEDIREKTIV FOR VANN (VANNRAMMEDIREKTIVET)	Et sentralt miljødirektiv i EU (2000/60/EF). Hovedmålet er å sikre god miljøtilstand (tilnærmet naturtilstand) i vann, både vassdrag, grunnvann og kystvann. Det ble innlemmet i EØS avtalen i 2008. Direktivet skal sikre en helhetlig og økosystembasert forvaltning av alt vann i Europa
FLOM	Svært stor vannføring i vassdrag som da gjerne går ut over elvebredden og fører til oversvømmelser
FYRINGSGRADDAGER	Differansen mellom døgnmiddeltemperatur og en terskelverdi på 17 °C. Dvs. at en dag med døgnmiddeltemperatur på -10 °C vil bidra med et fyringsgraddagstall på 17-(-10)=27. Summen av fyringsgraddager gjennom fyringssesongen er høyt korrelert med energibehovet knyttet til boligoppvarming
FYRINGSSESONGEN	Den delen av året der bygninger trenger oppvarming, definert som den delen av året da døgnmiddeltemperaturen er under 10 °C.
HRV/LRV	Angir Høyeste/Laveste Regulerte Vannstand i et magasin. HRV/LRV står i konsesjonsvilkårene
HYDROLOGI	Vitenskapen som omhandler prosessene som fører til uttømming og oppfylling av vannressursene på jordas landområder, og behandler de ulike delene av det hydrologiske kretsløpet

HYDROLOGISK KRETSLØP	Stadiene vannet gjennomgår fra atmosfæren til jorda og tilbake til atmosfæren igjen: fordampning fra landjorda, elver, innsjøer og hav, kondensasjon og skydannelse, nedbør, akkumulering og transport av vann i jorda, grunnvann, elver og innsjøer og igjen fordampning
IK-VASSDRAG	Forskrift om internkontroll etter vassdragslovgivningen (FOR 2011-10-28 nr 1058)
JØKULHLAUP	Jøkulhlaup skyldes uttappinger av bredemte sjøer, som inntreffer når bredemningen smelter eller gir etter for vannmassene. Enkelte ganger kan det være vulkansk virk-somhet som smelter bre-isen.
KLIMA	Beskrivelse av gjennomsnittsværet på et sted eller i et større område. Klimaet fremkommer når enkeltobservasjoner bearbeides statistisk etter internasjonale retningslinjer. Statistikken baseres vanligvis på en 30-års serie
KLIMAENDRINGER	Systematiske endringer i klimaet som skyldes ytre klimapådriv. De ytre påvirkningene kan være menneskeskapte som f.eks. utslipp av drivhusgasser eller partikler. De kan også være naturlige slik som ved systematiske endringer i solinnstrålingen. Vårt fremtidige klima vil være summen av naturlige og menneskeskapte endringer og klimavariasjoner
KLIMAFREMSKRIVNINGER	Kalles også ofte klimaproeksjoner eller klimascenarioer. Dette er fremskrivninger av klimaet under gitte rammebetingelser. Uttrykket er her relatert til menneskeskapte klimaendringer. Rammebetingelsene gis da i form av utslippsscenarioer for klimagasser og partikler. Usikkerheten knyttet til klimafremskrivninger skyldes usikre rammebe-tingelser, at naturlige klimaendringer kommer i tillegg og at beregningsmetodene er usikre
KLIMAMODELLER	Modeller som beregner hvordan klimaet har vært, er eller vil bli ved å bruke likninger som beskriver prosessene i klimasystemet
KLIMAPÅDRIV	Beskriver en vedvarende forskjell mellom den energien som stråles inn mot jorda og den energien som stråler ut mot verdensrommet. Pådrivet fører til at klimaet endrer seg mot en ny balanse i innstrålt og utstrålt energi. Pådrivet reduseres etter hvert som klimaet innstiller seg på den nye balansen
KLIMAVARIASJONER	Variasjonene skiller seg fra klimaendringer ved at de ikke går systematisk en vei. De er ofte av regional karakter, men kan også opptre på global skala
KLIMAVARIABLER	Målbare størrelser som beskriver klimaet. Eksempler er temperatur, nedbør, fuktighet, vindhastighet og lufttrykk

KORTTIDSNEDBØR	Nedbørssummer over perioder inntil noen timer
KRAFTFORSYNING	Produksjon, overføring og distribusjon av elektrisitet
KRYOSFÆRE	Ordet kryosfære kommer fra det greske ordet kryos som betyr kald. Kryosfæren kan enkelt defineres som alt frossent vann og mark på overflaten av jorda. Kryosfæren inkluderer sjøis, ferskvannsis, snø, breer, frossen mark og permafrost.
KVIKKLEIRESKRED	Kvikkleireskred utløses vanligvis av terrenginngrep eller som følge av erosjon i elver og bekker, gjerne i perioder med høyt poretrykk. Langvarige perioder med intensiv nedbør og stor vannføring øker faren for kvikkleireskred både som følge av økt poretrykk og økt erosjon. Også brå senkning av vannstanden langs skråninger med kvikkleire kan gi økt skredfare fordi poretrykket er høyt og motvekten som vannet utenfor skråningen gir blir redusert.
LØSMASSESKRED	Løsmasseskred omfatter kvikkleireskred og jordskred/flomskred. Grunne jordskred i bratt terreng kan utløses av store nedbørsmengder og/eller snøsmelting. Dette medfører høyt porevannstrykk som reduserer styrken i løsmassene.
MARIN GRENSE	Det høyeste nivået havet har stått på et gitt sted etter siste isavsmeltning
MILJØLASTER	Påkjenninger forårsaket av klimatiske, mikroklimatiske, mikroklimatiske og topografiske påvirkninger. Dette omfatter påkjenninger som følge av flomstigning, bølger, islast, snølast, tele m. fl.
NIFS	Prosjektet Naturfare, Infrastruktur, Flom og Skred
PARAMETER	Kommer fra gresk para, ved siden av, og meter, måling. I matematikken omtales en parameter som en «variabel konstant». I dette ligger det at en parameter er en variabel, men at den får en konstant verdi. En hydrologisk modell kan for eksempel ha parameteren «skilleteperatur snø/regn» som settes til en konstant verdi, for eksempel 0 grader.
OVERVANN	Overvann er her brukt som en samlebetegnelse på nedbør og smeltevann som renner av på tette overflater.
PERSENTIL	Persentil (prosentil) deler et datamateriale inn i 100 like store deler. p-persentilen er den verdien p % av observasjonene har lavere verdi enn. Eksempler: 10 % persentilen – 10 % av datamaterialet (her klimafremskrivningene) er mindre 90 % persentilen – 90 % av datamaterialet er mindre 50 % persentilen (medianen) – halvparten av datamaterialet er mindre

RAVINE	En liten dal, hovedsakelig dannet som følge av erosjon av bekker og mindre elver.
SKRED	Skred forekommer særlig i bratt terreng, med unntak av leirskred i lavlandsområder under marin grense. Det skilles gjerne mellom snøskred, løsmasseskred og fjellskred/steinsprang. Skred skjer ofte overraskende og skadene kan bli store. Er det bebyggelse eller infrastruktur i området, kan skred gi omfattende materielle skader og også tap av menneskeliv. Været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred.
SNØSKRED	Avhengig av vanninnholdet i snøen, skiller man mellom tørrsnøskred, våtsnøskred og sørpeskred. Snøskred forårsakes av ekstreme værforhold. Det er nedbør, temperatur og vindforhold som styrer utløsningsmekanismene
STEINSPRANG	Steinsprang løses ofte ut av fryse/tineprosesser.
STORMFLO	Havvannstand over normalt høyvannsnivå forårsaket av passasjer av lavtrykk. Forårsaker ofte oversvømmelser
SÅRBARHET	Et systems evne til å fungere når det utsettes for en uønsket hendelse, samt de problemer systemet får med å gjenoppta sin virksomhet etter at hendelsen har inntruffet
TEK 10	Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) FOR-2010-03-26-489
URBANFLOM	Flom i byer og tettsteder, forårsaket av intens nedbør som gir stor overflateavrenning dersom overvannssystemene ikke greier å ta unna.
UTSLIPPSFREMSKRIVNINGER	Fremskrivninger av menneskeskapte utslipp av klimagasser og partikler som påvirker klimaet. Disse bygger på antagelser om demografisk, økonomisk og teknologisk utvikling
VANNFORVALTNINGSFORSKRIFTEN	Forskrift av 15. desember 2006 nr. 1446. Forskriften gjennomfører EUs rammedirektiv for vann i norsk rett. Forskriften er fastsatt av Olje- og energidepartementet og Klima- og miljøverndepartementet
VANNFØRING	Vannet som renner i en elv eller bekk, definert som volumet av vann som renner forbi et tverrsnitt av en elv per tidsenhet. Vanlige måleenheter er m³s ⁻¹ eller ls ⁻¹
VASSDRAG	Alt stillestående eller rennende overflatevann med årssikker vannføring inkludert tilhørende bunn og bredder inntil høyeste normale flomvannstand. Vassdrag som renner under jorden eller isbreer regnes i sin helhet som vassdrag. Vannløp uten årssikker vannføring regnes også som vassdrag dersom de tydelig skiller seg ut fra omgivelsene.



Atnbrufoss, Elvdal kommune
Foto: © Arne T. Hamarsland/NVE



**Norges
vassdrags- og
energidirektorat**

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 OSLO

TELEFON: 22 95 95 95
INTERNETT: www.nve.no