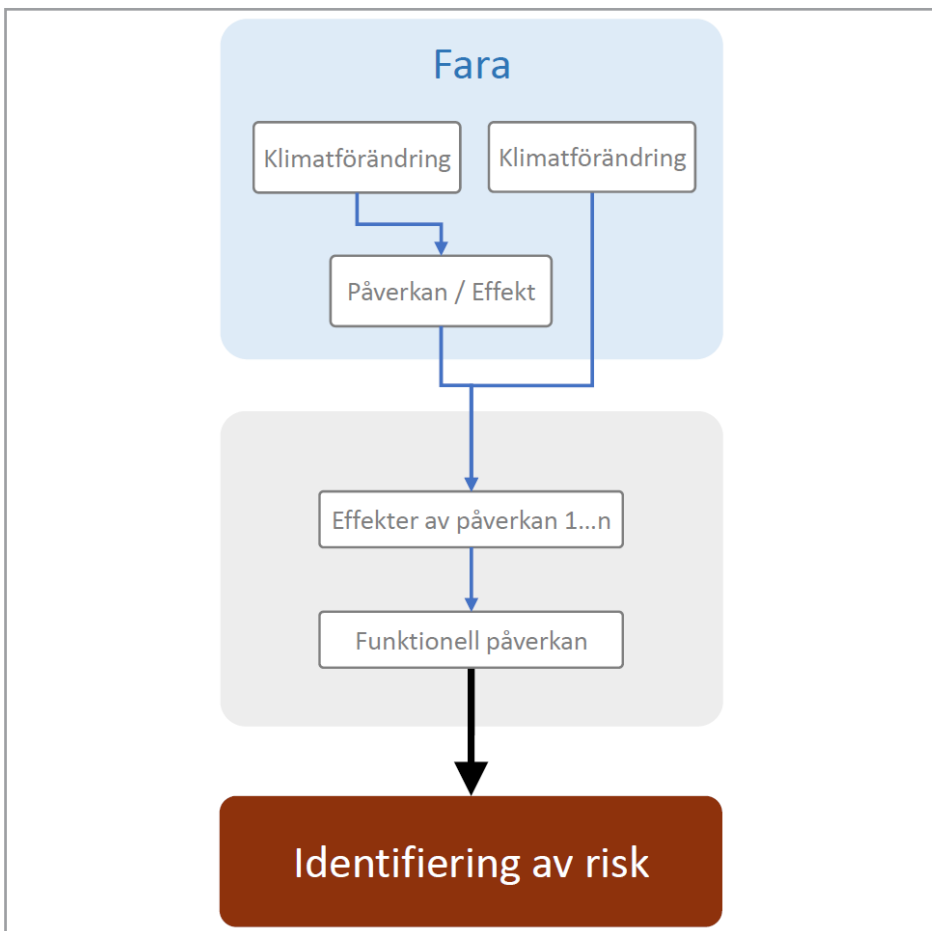
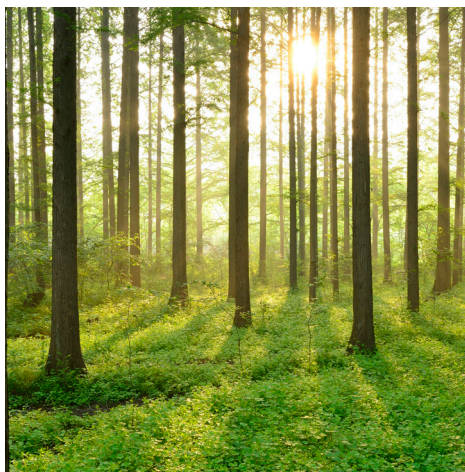


KLIMATFÖRÄNDRINGARNAS PÅVERKAN PÅ DAMMSÄKERHETEN

RAPPORT 2022:908



KLIMATFÖRÄNDRINGARNAS PÅVERKAN PÅ DAMMSÄKERHETEN

Litteraturgenomgång och inledande analys

CLAES-OLOF BRANDESTEN

ISBN 978-91-7673-908-2 | © Energiforsk Maj 2023

Rättelser införda jämfört med publicering i december 2022.

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Kunskapen om klimatet och dess förändringar är i stark utveckling och effekter av ett förändrat klimat är relevant ur ett dammsäkerhetsperspektiv, med avbördningskapacitet och avbördnings säkerhet i särskilt fokus. I detta projekt har aktuell och relevant information tillgängliggjorts för att lägga grunden till ett strategiskt klimatanpassningsarbete gällande dammar.

Projektet har genomförts av Brandesten Consulting med Claes-Olof Brandesten som projektledare. Projektets referensgrupp har utgjorts av Klimatkommittén - en kommitté för dammsäkerhet i ett klimat i förändring som har tillsatts gemensamt av Affärsverket svenska kraftnät, Energiföretagen Sverige, SveMin och SMHI (Svenska kraftnät, Energiföretagen, SveMin och SMHI, 2021-05-06).

Klimatkommittén består av:

- Maria Bartsch och Anna Engström Meyer (Svenska kraftnät),
- Hans Häggström och Sara Töyrä (SveMin),
- Peter Lindström, Agne Lärke, Björn Norell, Romanas Wolfsborg, Katarina Funning, Anders Frisk och Emma Wikner (Energiföretagen),
- Niclas Hjerdt och Jonas German (SMHI).

Projektet har genomförts inom Energiforsks dammsäkerhetstekniska utvecklingsprogram med medverkan från vattenkraftindustrin och Svenska kraftnät. Författaren ansvarar för rapportens innehåll.

Sammanfattning

Samhällets utsläpp av växthusgaser har redan påverkat klimatet och ytterligare förändringar är att vänta. Dessa förändringar kommer att påverka dammsäkerheten och ställa krav på anpassningsåtgärder.

I denna rapport redovisas projektet "Klimatförändringars påverkan på dammsäkerheten – En kunskapsammanställning" vars syfte var att:

- Sammanställa och tillgängliggöra aktuell kunskap om klimatrelaterade effekter som är relevant ur dammsäkerhetssynpunkt.
- Utgöra underlag för arbete vad avser strategiskt klimatanpassningsarbete rörande dammar och dammsäkerhet.

I rapporten redovisas en litteraturgenomgång som omfattar metodik för analys av och anpassning till klimatförändringar, samt identifiering av sådana förändringar som kan påverka dammsäkerheten.

Med användning av resultaten från litteraturgenomgången genomförs en analys av klimatförändringar som kan leda till risker för dammsäkerheten. Analysen utgår från de fyra drivande klimatparametrarna temperatur, nederbörd, vind med deras kombinationer, samt havsnivå. Dessa kommer generellt att öka med undantag för vind där bilden ännu så länge är oklar. Ett sjuttital effektkedjor redovisas som används för att identifiera risker som kan påverka dammsäkerheten.

Resultaten visar inte på några nya risker utan i första hand är det redan kända risker som kan komma att förvärras av klimatförändringar som är aktuella för dammsäkerheten.

Myndigheter och branschorganisationer rekommenderas att fortsatt följa klimatförändringarna och att underlätta för dammägarna genom att beakta klimatfrågan i sina vägledningar och riktlinjer.

Nyckelord

Dammsäkerhet – Klimatförändring – Klimatindikator – Effektkedja – Riskanalys.

Summary

Society's greenhouse gas emissions have already affected the climate and further changes are expected. These changes will affect dam safety and require adaptation measures.

This report presents the project "The impact of climate change on dam safety – A compilation of knowledge" whose purpose was to:

1. Compile and make available current knowledge about climate-related effects that is relevant from a dam safety point of view.
2. Form the basis for work regarding strategic climate adaptation work regarding dams and dam safety.

The report presents a literature review that includes methodology for analysis of and adaptation to climate change, as well as the identification of changes that may affect dam safety.

Using the results of the literature review, an analysis of climate change is carried out, which may lead to risks to dam safety. The analysis is based on the four driving climate parameters temperature, precipitation, wind with their combinations, and sea level. These will generally increase with the exception of wind where the picture is so far unclear. About seventy impact chains are reported that are used to identify risks that can affect dam safety.

The results do not show any new risks, but primarily they are already known risks that may be exacerbated by climate change that is relevant to dam safety.

Authorities and industry associations are advised to continue to monitor climate change and to make it easier for dam owners by taking the climate issue into account in their guides and guidelines.

Innehåll

1	Inledning	8
2	Projektets genomförande	9
2.1	Litteraturgenomgång	9
2.2	Workshop	10
2.3	Diskussioner med Klimatkommittén	10
2.4	Analys	10
2.5	Rapportskrivning	10
2.6	Spridning av projektets resultat	10
3	Litteraturgenomgång av metodik för analys av och anpassning till klimatförändringar	11
3.1	Svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden och olika kommittéarbeten	11
3.2	Storbritannien – Vägledning för klimatförändringar – 2013	12
3.3	IPCC – Ramverk för klimatrisker – 2014	13
3.4	ICOLD – Bulletin 169 om klimatförändring – 2016	13
3.5	GIZ & EURAC – Guide för analys av klimatrisker – 2017	14
3.6	Sveriges nationella strategi för klimatanpassning – 2018	15
3.7	SGI – Klimatparametrar för dimensionering av geo-konstruktioner – 2018 – och skredriskkartering – 2022	16
3.8	IHA – Guide för anpassning – 2019	17
3.9	CEA – Guide för anpassning – 2020	17
3.10	SIS – Standarder för anpassning till klimatförändringar – 2019 & 2021	18
3.11	ICMM – 2020 & 2021	19
3.12	SMHI – Klimatindikatorer & klimatscenariotjänst – 2022	20
4	Identifiering av klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten	21
4.1	Några inledande ord om klimat och klimatförändringar	22
4.2	Temperatur – T	22
4.3	Nederbörd – N	24
4.4	Vind – V	25
4.5	Kombinationer av T, N, och V med åska, snö och is	26
4.6	Flöden	28
4.7	Havsnivå	29
5	Inledande analys av klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten	30
5.1	Metodik	30
5.2	Beskrivning av effektkedjor	31
5.3	Beskrivning av effekter och risker som identifierats	32

6	Diskussion, slutsatser och rekommendationer	34
6.1	Några rektioner om effekter, indikatorer och Effektkedjor	34
6.2	Metodik för analys och anpassning	35
6.3	Innebär klimatförändringar några nya risker?	36
6.4	Slutsatser och rekommendationer	37
7	Referenslista	38
Bilaga A:	Terminologi	41
Bilaga B:	Lista över potentiell klimatpåverkan enligt CEA	42
Bilaga C:	Effektkedjor för klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten	46

1 Inledning

Samhällets utsläpp av växthusgaser har redan påverkat klimatet och ytterligare förändringar är att vänta. Dessa förändringar kommer att inträffa inom den tekniska livslängden för dammanläggningar, vilket redan har och i ökad utsträckning kommer att ställa krav på anpassningsåtgärder.

Förändringar i driftsmönster och omvärldsfaktorer som beror av klimatförändringar eller utvecklingen av energisystemet kan innebära förändrade säkerhetsmarginaler. Effekter av ett förändrat klimat är därför relevant ur ett dammsäkerhetsperspektiv, med avbördningskapacitet och avbördnings säkerhet i särskilt fokus. Antalet dammanläggningar som kan beröras är stort och tidsperspektivet för anpassningsåtgärder relativt långt. För att kartlägga risker och sårbarheter och möta behov på regional eller nationell skala behöver klimatfrågan behandlas löpande och strukturerat.

Med sådana utgångspunkter bildades "Kommittén för dammsäkerhet i ett klimat i förändring", fortsatt benämnd Klimatkommittén, gemensamt av Svenska kraftnät, Energiföretagen, SveMin (huvudmännen för riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöde för dammanläggningar) samt SMHI. Klimatkommittén har som syfte att värdera klimatfrågans betydelse för dammsäkerheten och stärka utvecklingen vad gäller avbördnings säkerhet och klimatanpassning av dammanläggningar. Kommittén har initierat flera olika aktiviteter med detta syfte, där projektet som ligger till grund för denna rapport var en. Klimatkommittén har också utgjort referensgrupp för projektet.

Rapporten är en redovisning av utvecklingsprojektet "Klimatförändringars påverkan på dammsäkerheten – En kunskapssammanställning" vars syfte var att:

- Sammanställa och tillgängliggöra aktuell kunskap om klimatrelaterade effekter som är relevant ur dammsäkerhetssynpunkt.
- Utgöra underlag för klimatkommitténs arbete vad avser strategiskt klimatanpassningsarbete rörande dammar och dammsäkerhet.

Den inledande litteraturgenomgången omfattade metodik för analys av och anpassning till klimatförändringar, som redovisas i avsnitt 3, och identifiering av klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten, som redovisas i avsnitt 4.

Resultat från avsnitt 3 tillämpades för redovisningen av aktuell kunskap i avsnitt 4 och med de två avsnitten som grund utökades projektet med en analys av klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten, vilket redovisas i avsnitt 5.

2 Projektets genomförande

Projektet har omfattat litteraturgenomgång, workshop, avstämningar med Klimatkommittén, analys och rapportskrivning, vilket beskrivs nedan.

2.1 LITTERATURGENOMGÅNG

Litteraturgenomgången omfattade två delar

- Metodik för analys av och anpassning till klimätförändringar.
- Identifiering av klimätförändringar som kan påverka dammsäkerheten.

Identifiering av rapporter och artiklar som beskriver metodik gjordes genom sökningar på internet och genomgång av referenslistor för att finna ytterligare rapporter. Arbetet redovisas i avsnitt 3.

Identifiering av rapporter och artiklar som beskriver klimätförändringar som kan påverka dammsäkerheten gjordes inledningsvis genom sökningar hos Energiforsk, NVE och i databaser för olika tidskrifter. Ytterligare rapporter identifierades genom att gå igenom referenslistor. Arbetet redovisas i avsnitt 4.

Sökning genomfördes på Energiforsks hemsida med sökord "Dammsäkerhet" samt filtrerat på vattenkraft med sökord "Klimat". Resultat redovisas i Tabell 1. Manuell sökning genomfördes också på NVE's¹ hemsida med stöd av sökord "Klima". Härutöver genomfördes inledningsvis med hjälp av SMHI sökning bland tidskrifter som inte är öppet tillgängliga.

Efter denna början gjordes sedan sökning fortsatt på internet med ledning av funna referenser i ovanstående resultat och vad som funnits därefter. Antal funna referenser med mera framgår av Tabell 1. Ett 50-tal av dessa refererades slutligen i rapporten.

Tabell 1 Genomförd litteratursökning med ungefärligt antal funna referenser

Källa	Sökord	Antal referenser
Energiforsk	Dammsäkerhet	230
Energiforsk	Klimat / Vattenkraft	28
NVE	Klima etc. (2015-2022)	20
Tidskrifter*	Dam safety & climate change	35
Internet**	Climate change dam safety, mm. mot länder och organ.	Ca 50

* Urval av databaser med tidskrifter med hjälp av SMHI finansierat av SVK.

** Sökning gjordes mot Norge, Finland, Canada (CEA, CDA) och generellt.

¹ NVE – Norges Vassdrags- og Energidirektorat – www.nve.no.

2.2 WORKSHOP

En workshop genomfördes 18 maj med ca 15 personer från branschen varav flera ingår i Klimatkommittén. Workshopen genomfördes med utgångspunkt från den metodik som föreslagits av CEA (CEA, 2020) för energiföretag i Canada (se avsnitt 3.9). Diskussionerna fokuserade på de fyra första stegen av metodiken och omfattade formulering av mål och engagemang för klimatanpassning, kritiska och sårbara anläggningar, samt, potentiella klimateffekter och risker för dammsäkerheten. Workshopen dokumenterades i en särskild rapport (Brandesten, 2022).

2.3 DISKUSSIONER MED KLIMATKOMMITTÉN

Redovisningar för och diskussioner med Klimatkommittén som utgjort projektets referensgrupp hölls vid fyra tillfällen utöver workshopen – 19 januari, 28 april, 20 september och 5 december. Härutöver redovisades arbetet för Flödeskonferensen² 17 november, då också återkoppling erhöles.

2.4 ANALYS

I analyskedet av projektet reviderades de inledande sammanställningarna i Excelblad som användes under workshopen till att motsvara effektkedjor enligt SS-EN ISO 14091 (SIS, 2021) och som de ytterligare beskrivs av GIZ & EURAC (GIZ & EURAC, 2017). Men i stället för att genomföra en fullständig riskanalys fokuserades på att identifiera potentiella risker för dammsäkerheten enligt den revidering av metodiken gjordes och som redovisas i avsnitt 5.1.

2.5 RAPPORTSKRIVNING

En granskningsutgåva av rapporten skickades till Klimatkommittén för synpunkter i slutet av november. Erhållna granskningskommentarer och förslag beaktades i den första versionen av rapporten.

I rapporten användes den terminologi som föreslås av SS-EN ISO 14090 (SIS, 2019a) och SS-EN ISO 14091 (SIS, 2021).

I maj 2023 översattes rapporten till engelska och en andra svensk version med rättelser publicerades.

2.6 SPRIDNING AV PROJEKTETS RESULTAT

Som en del av resultatspridningen planeras ett webinarium under inledningen av 2023. Därutöver kommer arbetet att användas som underlag för Klimatkommitténs fortsatta arbete. Rapporten publiceras på Energiforsks hemsida.

² Flödeskonferensen – en kommitté bestående av Svenska kraftnät, Energiföretagen, SveMin – huvudmännen av "Riktlinjer för beräkning av dimensionerande flöden för dammanläggningar" – samt SMHI, som följer upp riktlinjerna tillämpning och tar initiativ till utveckling av dessa när så är lämpligt.

3 Litteraturgenomgång av metodik för analys av och anpassning till klimatförändringar

En litteraturgenomgång av metodik för analys av och anpassning till klimatförändringar genomfördes i projektet. I litteraturgenomgången identifierades flera olika initiativ att beskriva hur analys av och anpassning till klimatförändringar kan genomföras. Initiativ har tagits både på nationell och internationell nivå samt inom olika institut och branschorganisationer med anknytning till vattenkraft, gruvverksamhet och även särskilt dammsäkerhet.

I det följande redovisas ett urval som bedömts vara av särskilt värde för detta utvecklingsprojekt. Redovisningen görs huvudsakligen i tidsordning och beskriver därför drag i den utveckling som ägt rum.

3.1 SVENSKA RIKTLINJER FÖR BESTÄMNING AV DIMENSIONERANDE FLÖDEN OCH OLIKA KOMMITTÉARBETEN

För Sverige gemensamma riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar utgavs 1990 (Flödeskommittén, 1990). Dessa riktlinjer innehöll inte någon direkt referens till ett klimat i förändring, utan en allmän formulering om att en revidering av riktlinjerna kan bli aktuell till följd av ny meteorologisk och hydrologisk kunskap.

Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer, KFR, bildades år 2002 på initiativ av Svensk Energi, SveMin och Svenska Kraftnät. Ett av kommitténs uppdrag var att diskutera en övergripande strategi för hur klimatfrågan bör hanteras, även om det ännu inte bedömdes vara realistiskt att fastställa riktlinjer i detta avseende. Resultaten presenterades i en rapport 2005 (KFR, 2005) och låg till grund för riktlinjernas revidering 2007.

I den andra utgåvan av de svenska riktlinjerna (Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin, 2007) infördes en utvecklad metodik för att beräkna mycket extrema flöden utifrån klimatscenarier baserad på modellering och utvecklade anvisningar för tillämpning mot bakgrund av de osäkerheter som ett förändrat klimat tillför:

- Beräkningarna bör ses över regelbundet.
- Jämförelser mellan inträffade flödessituationer och beräknade dimensionerande flöden bör utföras fortlöpande.
- Systemets känslighet för klimatförändringar bör analyseras genom utnyttjande av klimatscenarier.
- Nya förutsättningar kan leda till att dimensioneringsberäkningarna behöver revideras.
- Osäkerheter kring det framtida klimatet får dock inte hindra att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas.
- På grund av dessa osäkerheter bör dessutom flexibilitet och marginaler skapas där så är lämpligt.

Kommittén för dimensionerande flöden för dammanläggningar i ett klimatförändringsperspektiv bildades 2008 genom en överenskommelse mellan

Svenska Kraftnät, Svensk Energi, SveMin och SMHI. Kommitténs uppdrag var att leda ett program för att analysera och värdera klimatfrågans betydelse för dammsäkerheten med avseende på flödesdimensionering och ta initiativ till att erforderliga studier kommer till stånd. Resultaten presenterades i en rapport 2011 (Kommittén för dimensionerande flöden för dammanläggningar i ett klimatförändringsperspektiv, 2011) och låg till grund för riktlinjernas revidering 2015.

Den tredje utgåvan av de svenska riktlinjerna (Svensk Energi, Svenska kraftnät och SveMin, 2015) kompletterades angående analys av systemets känslighet för klimatförändringar med följande:

- Härvid bör alternativa klimatscenarier som beskriver höga respektive mindre höga antaganden om framtidens utsläpp av växthusgaser användas.
- Vidare bör minst tre olika globala klimatmodeller utnyttjas, för vart och ett av de olika antagandena om framtida utsläpp av växthusgaser.
- För nedskalning till den regionala skalan bör en vetenskapligt förankrad och dokumenterad metod användas.
- För närvarande rekommenderas dynamisk nedskalning.

Under perioden efter den tredje utgåvan framfördes allt tydligare från IPCC att klimatet är i förändring (IPCC, 2019) (IPCC, 2021). Detta togs in i den fjärde utgåvan av riktlinjerna (Svenska kraftnät, Energiföretagen, SveMin, 2022) där det konstateras att klimatet är i förändring och att detta bör beaktas vid beslut av dimensionerande flöde. Riktlinjerna beskriver vidare att en översyn av beräkningsförutsättningarna bör genomföras vart tionde år. I övrigt behålls huvuddragen av vägledningen som gavs i 2011 och 2015 års utgåvor.

3.2 STORBRIANNIEN – VÄGLEDDNING FÖR KLIMATFÖRÄNDRINGAR – 2013

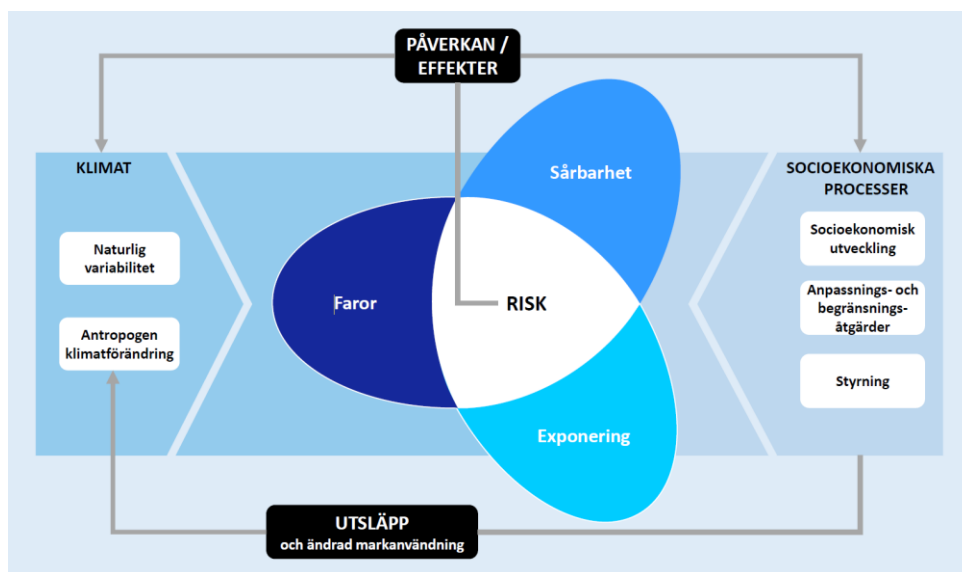
I Storbritannien togs tidigt fram en rapport som innehåller både klimatförändringars potentiella effekter på reservoarer och dammar, och en vägledning för en robust och granskningsbar bedömning av riskerna med klimatförändringar och de konsekvenser de kan ha (Atkins, 2013). I rapporten sammanfattas ett 30-tal potentiella klimatförändringar som kan ha direkt eller indirekt påverkan på reservoarer och dammar.

Metodiken bygger på en sårbarhetsbedömning utifrån anläggningarnas form och funktion, väderpåverkan, nuvarande sårbarhet, klimatförändringar som leder till förändringar i exponering, samt framtida sårbarhet. Form avser dammens övergripande tekniska utformning avseende dammar och avbördningsanordningar. Funktion avser den primära och huvudsakliga användningen av anläggningen, där vattenkraft, vattenförsörjning, rekreation, flödesdämpning och miljööändamål utgör kategorier.

3.3 IPCC – RAMVERK FÖR KLIMATRISKER – 2014

IPCC – Intergovernmental Panel of Climate Change – är FN:s mellanstatliga klimatpanel som sammanställer det rådande vetenskapliga kunskapsläget kring klimatförändringar, konsekvenser, sårbarhet och möjliga lösningar.

Inom ramen för sitt arbete beskriver IPCC metodik att analysera klimatrisker för att ge underlag för anpassningsåtgärder, vilket utvecklats efterhand. Det nu gällande konceptuella ramverket för denna metodik förändrades 2014 (IPCC, 2014) genom att sätta risk i centrum mot tidigare sårbarhet, vilket Figur 1 nedan visar.



Figur 1. IPCC AR5:s konceptuella ramverk med risk i centrum (IPCC, 2014) översatt till svenska.

Enligt detta synsätt är risk en produkt av sannolikhet för faran, exponeringen och sårbarheten, vilket kan uttryckas som

$$\text{Risk} = f(\text{Sannolikhet för faran} \times \text{Exponering} \times \text{Sårbarhet})$$

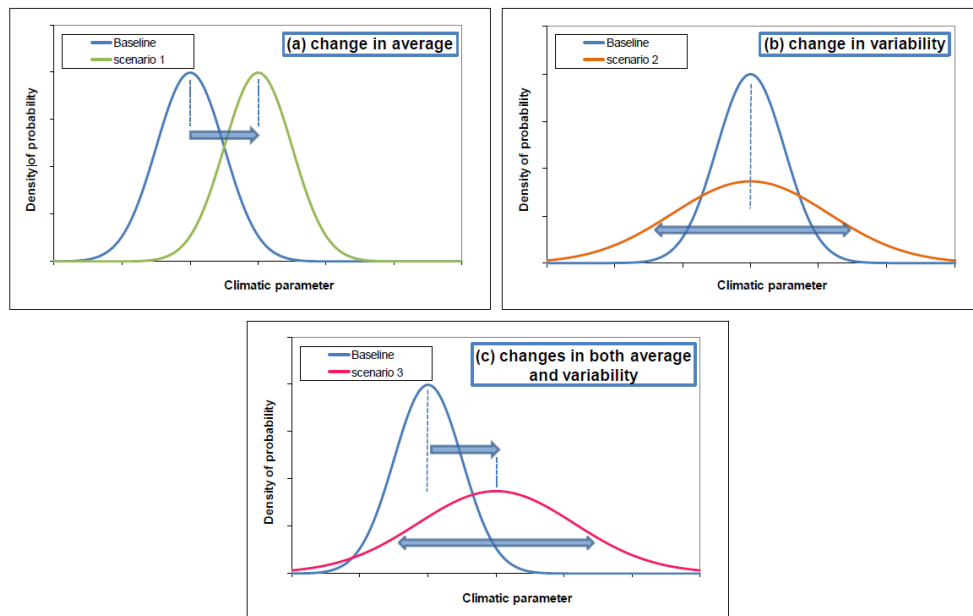
Sannolikheten hänför sig till faran; eller "sannolikheten för att farliga händelser/trender inträffar" medan exponering och sårbarhet kombineras som konsekvenserna, eller "effekterna, om dessa [farliga] händelser/trender inträffar".

3.4 ICOLD – BULLETIN 169 OM KLIMATFÖRÄNDRING – 2016

ICOLD Bulletin 169 om global klimatförändring, dammar, reservoarer och relaterade vattenresurser (ICOLD, 2016) syftar till att göra en bedömning av:

- Risken för dammar och reservoarer till följd av klimatförändring.
- Dammar och reservoarnas roll för anpassning till klimatförändring.

Vad avser klimatförändringars karaktär framhålls att utifrån ett givet utgångsläge kan de omfatta förändringar i medelvärden, förändringar i variabiliteten, eller båda dessa i enlighet med Figur 2.



Figur 2. Klimatparametrar förändras genom (a) förskjutning av medelvärdet, (b) förändring i variationen och (c) kombination av båda (ICOLD, 2016).

Det noteras också att klimatet bara är en av drivkrafterna för förändring av världens vattenresurser. Socioekonomiska drivkrafter kommer att ha lika stor om inte större inverkan på vattenresurserna än klimatförändringarna. Den viktigaste socioekonomiska drivkraften bedöms en växande världsbefolkning vara.

Bulletinen avslutas med tre generella rekommendationer:

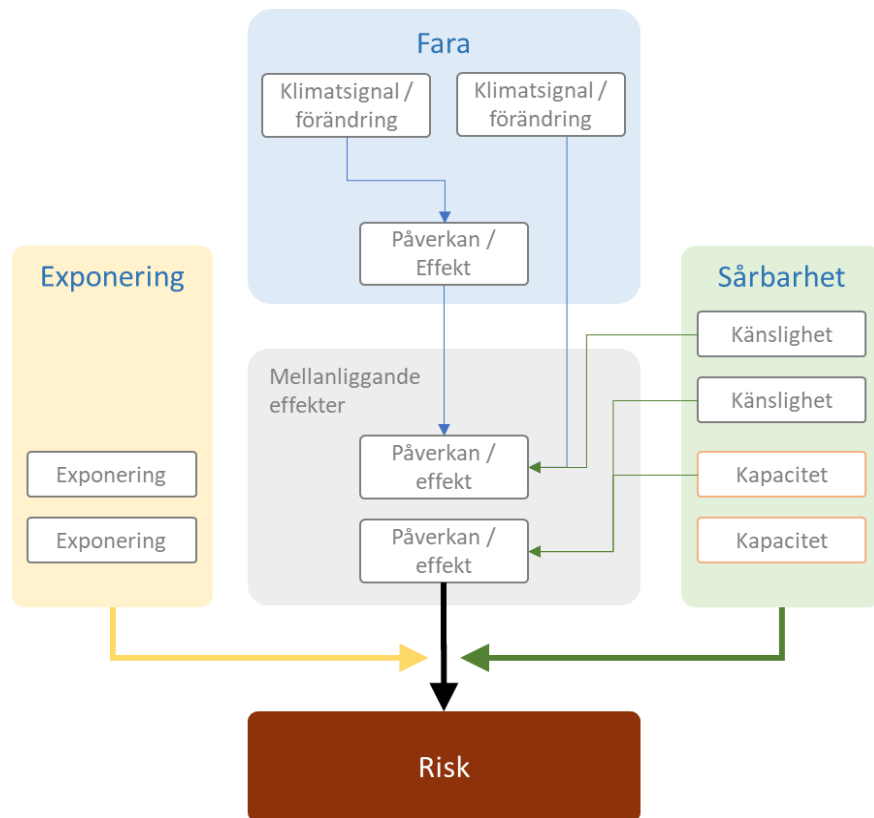
- Anta en helhetssyn på det system som analyseras.
- Tillämpa en hanteringsprocess för successiv anpassning.
- Samarbeta med ett brett spektrum av discipliner, intressen och intressenter.

3.5 GIZ & EURAC – GUIDE FÖR ANALYS AV KLIMATRISKER – 2017

Den tyska biståndsorganisationen GIZ har tillsammans med det privata forskningsinstitutet EURAC arbetat fram vägledningar om klimatanpassning. De publicerade 2014 en vägledning för standardiserade sårbarhetsbedömningar (GIZ and EURAC, 2014) som baserades på IPCC dåvarande konceptuella ramverk (jämför avsnitt 3.3). Efter att IPCC ändrade detta gjordes ett supplement som utgår från att risk utgör det centrala konceptet (GIZ & EURAC, 2017).

Utifrån grundfrågan "Vad bidrar till risken?" utvecklas effektkedjor enligt en stegvis metodik. Effektkedja ses som ett analytiskt verktyg som hjälper att bättre förstå, systematisera och prioritera de faktorer som driver risker i ett system.

Strukturen av en effektkedja framgår av Figur 3, där de tre delarna fara, exponering och sårbarhet som bidrar till risk framgår, tillsammans med den tänkta kedjan från klimatsignal/förändring med olika steg av påverkan och effekter.



Figur 3. Struktur av en effektkedja enligt IPCC AR5-konceptuella ramverk (GIZ & EURAC, 2017) översatt till svenska.

En effektkedjas delar kan enligt GIZ & EURAC beskrivas som: En klimatsignal, till exempel ett kraftigt regn, kan leda till en direkt fysisk påverkan, till exempel en översvämning, som orsakar en sekvens av mellanliggande effekter, som slutligen leder till en risk. Ytterligare detaljer och exempel beskrivs vad avser tillämpning av metodiken.

3.6 SVERIGES NATIONELLA STRATEGI FÖR KLIMATANPASSNING – 2018

Riksdagen antog 2018 Sveriges nationella strategi för klimatanpassning. Strategins övergripande syfte är att stärka det långsiktiga klimatanpassningsarbetet i Sverige och den nationella samordningen av klimatanpassning. Fyra mål är formulerade för arbetet med klimatanpassning (Proposition 2017/18:163):

- Regeringens mål för samhällets anpassning till ett förändrat klimat är att utveckla ett långsiktigt hållbart och robust samhälle som aktivt möter klimatförändringar genom att minska sårbarheter och ta tillvara möjligheter.
- Målsättningarna om klimatanpassning i Parisavtalet och Agenda 2030 med de globala målen för hållbar utveckling ska också uppnås.
- Målen bör beaktas i politik, strategier och planering på nationell nivå och integreras i ordinarie verksamhet och ansvar.
- Ytterligare behov av mål eller förtydliganden av regeringens mål för klimatanpassning för olika politikområden, sektorer eller identifierade sårbarheter bör analyseras.

Genom strategin har ett nationellt expertråd för klimatanpassning tillsatts för att följa upp och utvärdera klimatanpassningsarbetet i Sverige. Strategin omfattar 10 principer för arbetet med klimatanpassning (Proposition 2017/18:163):

- Hållbar utveckling – befintliga och kommande generationers intressen beaktas.
- Ömsesidigt stödande – mellan åtgärder för klimatanpassning och minskad klimatpåverkan.
- Vetenskaplig grund – åtgärder ska bygga på vetenskaplig grund inkl. kunskap från IPCC.
- Försiktighetsprincipen – potentiella påvisade risker hanteras även om tillgänglig vetenskaplig kunskap är otillräcklig för en säker slutsats.
- Integrering av åtgärder – alla samhällsaktörer integrerar om möjligt åtgärder i existerande strategier och planer.
- Flexibilitet – åtgärder utformas för att vara flexibla och robusta för olika handlingsalternativ i framtiden.
- Hantering av osäkerhet – åtgärder analyseras utifrån flera möjliga utfall av utsläppsscenarior.
- Hantering av risk – sannolika risker med allvarliga konsekvenser ska åtgärdas.
- Tidsperspektiv – åtgärder anpassas med hänsyn livslängd för aktuella anläggningar.
- Transparens – tillämpas avseende osäkerheter, val av scenarier, risker och tidsperspektiv.

3.7 SGI – KLIMATPARAMETRAR FÖR DIMENSIONERING AV GEO-KONSTRUKTIONER – 2018 – OCH SKREDRISKKARTERING – 2022

Som en del i Statens Geotekniska Institutets (SGI) handlingsplan för hållbart markbyggande togs 2018 en rapport fram som beskriver olika klimatlasters effekter på naturlig mark och geokonstruktioner (Lundström, Dehlbom, Löfroth, & Vesterberg, 2018).

Rapporten visar på kopplingen mellan klimatlast, markförhållanden, geokonstruktioner och klimatförändringen samt behovet av ny kunskap. Sådan information är viktig för att myndigheter och branschen ska kunna ställa de krav och utföra de arbeten som behövs för att klimatsäkra anläggningar och byggnader. Rapporten omfattar inte förorenade områden, kraftverks- och gruvdammar.

Utifrån de generella klimatparametrarna nederbörd i form av regn och snö, temperatur och vind, identifieras klimatlast som är tillämpliga vid dimensionering av naturlig mark och geokonstruktioner. Klimatlast som är aktuella att beakta utifrån framtida klimatförändringar omfattar följande:

- Vattennivåer, vattentryck, vattenflöde, vattenhastighet, vågkrafter, strömtryck och istryck.
- Grundvattennivå, portryck och grundvattenflöde (påverkar även jordens egentyngd och jordtryck).
- Temperatur inklusive köldmängd, nollgenomgångar och snötäcke.
- Snölast inklusive snötäckets tjocklek.
- Vindlast.

I rapporten görs en systematisk genomgång av vilka underlag som används som indata till dimensionerande laster och hur klimatlaster tillämpas i gällande normer och föreskrifter.

Under 2022 publicerade SGI en skredriskkartering för Ångermanälven i flera olika delrapporter. I den första sammanfattas arbetet och redovisas kartor med en beskrivning hur resultaten kan användas i arbetet med klimatanpassning i kommuner och län (SGI, 2022a). I den andra rapporten beskrivs metodik och analys med en mer utförlig beskrivning av utredningens metoder, inventeringar, undersökningar, beräkningar och analyser (SGI, 2022b).

3.8 IHA – GUIDE FÖR ANPASSNING – 2019

För att underlätta utvecklingen av vattenkraftsinfrastruktur som tål risker med varierande klimathållanden utarbetade IHA 2018 tillsammans med en rad partners en guide med målet att ge praktisk och systematisk vägledning för vattenkraftingenjörer, operatörer och projektägare för att utveckla klimattåliga projekt (IHA 2019).

Vägledningen omfattar följande faser, som också indelas ytterligare:

- Preliminära krav.
- Fas 1 - Granskning av klimatrisker för aktuellt projekt.
- Fas 2 - Inledande analys.
- Fas 3 - Stresstest för klimat.
- Fas 4 - Hantering av klimatrisker.
- Fas 5 - Övervakning, utvärdering och rapportering.

I Annex A sammanfattas exempel på effekter på vattenkraftsprojekt från olika klimatstressfaktorer. I Annex C av vägledningen redovisas för olika klimatvariabler exempel på strukturella och funktionella anpassningsåtgärder för nya och befintliga vattenkraftsprojekt.

3.9 CEA – GUIDE FÖR ANPASSNING – 2020

Canadian Electricity Association (CEA) konstaterar att klimathändringar påverkar organisationer på olika sätt och därför krävs anpassning för att minska hoten och maximera möjligheterna. De har därför tagit fram en guide för sina medlemsföretag för anpassning till klimathändringar och extremt väder (CEA, 2020). Guiden täcker frågeställningar som berör hela elbranschen avseende produktion, transmission och distribution. Guiden omfattar ett ramverk som består av en 8-stepsprocess enligt Figur 4.

CEA för fram att organisationer kan välja att införliva riskhanteringen i befintliga processer för riskhantering, i ledningssystem för anläggningstillgångar eller i andra riskbaserade ledningssystem som ISO 14001 om miljöledning (CEA, 2020).

Till guiden hör ett flertal appendix med listor över olika tillgångar och verksamheter, potentiell klimatpåverkan, anpassningsåtgärder, mm. I sitt appendix 3 redovisar CEA en lista över potentiell klimatpåverkan som kan vara aktuell för sina medlemsföretag. Listan och de delar som berör elproduktion med vattenkraft och dammsäkerhet har översatts och presenteras i Bilaga B:



Figur 4. CEAs metodik för klimatanpassning för energiföretag (CEA, 2020) översatt till svenska.

3.10 SIS – STANDARDER FÖR ANPASSNING TILL KLIMATFÖRÄNDRINGAR – 2019 & 2021

Svenska institutet för standarder (SIS) har genom sin kommitté om miljöledning (SIS/TK 207) översatt standarder för styrning av arbete avseende anpassning till klimatförändringar, med SS-EN ISO 14090 om Principer, krav och riktlinjer (SIS, 2019a) och SS-EN ISO 14091 om riktlinjer för sårbarhet, effekter och riskbedömning (SIS, 2021). Tillgång till dessa standarder för läsning på bildskärm ges av ett särskilt avtal mellan SIS och SMHI för 2022.

SS-EN ISO 14090 har som huvudsyfte att förse organisationer med en konsekvent, strukturerad och pragmatisk metod för att förebygga eller minimera de skador som klimatförändringarna skulle kunna orsaka och utnyttja möjligheterna. Metoden gör det möjligt för organisationer att beakta klimatanpassning i tillräcklig utsträckning när de utvecklar, genomför, förbättrar och uppdaterar sina policyer, strategier, planer och verksamheter.

SS-EN ISO 14091 innehåller riktlinjer om olika metoder för att bedöma riskerna i samband med klimatförändringar. SS-ISO 31000 om riskhantering (SIS, 2018) förs fram som ett utmärkt komplement eftersom den kan hjälpa organisationer att hantera de risker som identifieras och bedöms i SS-EN ISO 14091.

Både SS-EN ISO 14090 och 14091 innehåller termer och definitioner som varit vägledande i arbetet. Flera av dessa redovisas i Bilaga A:.

SS-EN ISO 14091 refererar till GIZ och EURAC (GIZ & EURAC, 2017), se avsnitt 3.5.

3.11 ICMM – 2020 & 2021

International Council on Mining and Metals (ICMM) beskriver sig på sin hemsida som "en ledarskapsorganisation som arbetar för en säker, rättvis och hållbar värld som möjliggörs av ansvarsfullt producerade mineraler och metaller" (ICMM, 2022). ICMM samlar en tredjedel av den globala metall- och gruvindustrin, tillsammans med viktiga partners. För Sveriges del kan noteras att Boliden Mineral AB är medlem i ICMM.

I sitt ställningstagande om klimatförändringar har ICMM gjort tio uttalanden för sina medlemmar att erkänna för sin verksamhet (ICMM, 2021):

1. Behovet av ett snabbt globalt svar på klimathotet, inom alla samhällsområden och ekonomin.
2. Behovet av att stödja målen i Parisavtalet om att begränsa ökningen av den globala medeltemperaturen till 2 °C och fortsätta ansträngningarna för att begränsa ökningen till 1,5 °C.
3. Den avgörande roll som gruv- och metallsektorn spelar för att stödja den globala övergången till en koldioxidsnål ekonomi genom att fortsätta att bidra till hållbar produktion av råvaror som är viktiga för energi- och mobilitetsomställningen, i samarbete med våra partner och viktiga leverantörer längs våra värdekedjor.
4. Behovet av att minska utsläppen från utvinning och användning av gruvprodukter och stödja gemensamma marknadsbaserade strategier för att påskynda användningen av utsläppssnål teknik som en del av en övergång till en koldioxidsnål energimix. Samtidigt erkänner vi också de praktiska utmaningar som vissa mindre utvecklade länder med inhemska leveranser av fossila bränslen kommer att ställas inför när det gäller att genomföra denna omställning.
5. Att klimat- och energipolitiken bör vara teknikneutral och förlita sig på marknadsbaserade strategier för att möjliggöra lösningar för att minska lägsta möjliga kostnad
6. Den viktiga roll som ett brett, förutsägbart och långsiktigt koldioxidpris kan spela, tillsammans med andra marknadsmekanismer för att driva på minskningen av utsläppen av växthusgaser och stimulera innovation.
7. Vikten av att tillhandahålla klimatrelaterad information så att alla berörda parter kan mäta och reagera på risker och möjligheter med klimatförändringar.
8. Naturbaserade lösningars roll för begränsning av och anpassning till klimatförändringarna.
9. Prioritering av initiativ och teknik för utsläppsminskning, med tanke på koldioxidkompensationens roll för utsläpp som är svåra att minska.
10. Den cirkulära ekonomins roll när det gäller att minska utsläppen i samband med utvinning och användning av gruvprodukter genom att öka resurseffektiviteten i produktionen och främja återanvändning och återvinning.

ICMM är en av tre initiativtagare till Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM) som publicerades 2020 (Global Tailings Review, 2020).

Frågan om klimatförändring är inarbetade i sex av de krav som ställs för hantering av anrikningsand. Dessa krav är 2.1 och 2.2 – om integrerad kunskapsdatabas, 3.1 – om resiliens med hänsyn till klimatförändringar, 3.3 – om hänsyn till klimatförändringar i planering av nya anläggningar, 3.4 – om hänsyn till klimatförändringar i hanteringen av anläggningar och 5.3 – om vattenbalansmodell.

GISTM har kompletterats med en guide, som är anpassad till standarden, med fokus främst på tekniska frågor och rekommenderar god praxis för design, konstruktion, drift och stängning (ICMM, 2021b) samt med protokoll om överensstämmelse för att bedöma uppfyllanden mot standarden (ICMM, 2021a).

Överensstämmelseprotokollet innehåller referenser till olika standarder för att stödja en bedömning av uppfyllnad där särskilt kan nämnas ISO standarden från 2019 (SIS, 2019a), ICMM's ställningstagande om klimatförändringar (ICMM, 2021), samt ett verktyg för förståelse av klimatförändringar som är tillgängligt för ICMM's medlemmar (Mining Climate Assessment Tool - MICA).

3.12 SMHI – KLIMATINDIKATORER & KLIMATSCENARIOTJÄNST – 2022

Baserat på tillgänglig klimatinformation för Sverige har SMHI tagit fram 11 klimatindikatorer för att löpande kunna följa klimatets utveckling över tid (Kjellström, o.a., 2022). Indikatorerna beskrivs avseende vilka geografiska områden som de omfattar, startår för tidserien, med mera. De är:

- Temperatur (års- samt säsongmedelvärden för landet)
- Nederbörd (års- samt säsongmedelvärden för landet)
- Extrem nederbörd (medeltal och antal fall för landet och årshögsta på stationsnivå)
- Havsvattenstånd (medelvärde för 14 stationer)
- Havsis (maximal utbredning för Östersjön och Kattegatt)
- Antal dagar med snötäcke (för landet och landsdelar)
- Vinterns största snödjup (för landet och landsdelar)
- Vårflodsstart (medelvärde för norra delen av landet)
- Vegetationsperiodens längd (södra och norra landet)
- Globalstrålning (års- samt säsongmedelvärden för landet)
- Geostrofisk vind (medeltal, maxvärde, antal dagar, vindenergi för 9 trianglar över landet).

SMHI har också utvecklat en fördjupad klimatscenariotjänst (SMHI, 2022a) inom vilken meteorologiska, hydrologiska och oceanografiska klimatindikatorer kan väljas för att få underlag för framtida förändringar. Förändringar redovisas för hela år, årstider eller månader, både för olika utsläppsscenarior och för olika perioder. För de meteorologiska klimatindikatorerna kan väljas om absolut- eller avvikelsevärden presenteras. För de hydrologiska klimatindikatorerna har beräkningar gjorts för 40 000 delavrinningsområden i landet, vilka redovisas per biflödesavrinningsområde.

SMHI redovisar också framtida medelvattenstånd för Sveriges kustkommuner (SMHI, 2022b).

4 Identifiering av klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten

En litteraturgenomgång genomfördes för att identifiera klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten. Ansatsen var bred för att täcka in förändringar som kan påverka olika aspekter på dammsäkerhet. Ibland beskriver de identifierade klimatförändringarna en hel orsak- och verkan kedja ända fram till påverkan på dammsäkerheten och ibland inte.

En systematisk genomgång och beskrivning av vilka förändringar som redan inträffat eller vilka som kan förväntas inträffa gjordes inte inom ramen för projektet, men viss information om detta har infogats.

Identifieringen kan likställas med vad som i SS-EN ISO14091 (SIS, 2021) kallas screening, men har redovisats på en kvalitativ och övergripande nivå och inte för någon speciell anläggning eller verksamhet.

Redovisningen strukturerades med utgångspunkt från klimatparametrar enligt SS-EN ISO 14090 (SIS, 2019a) som reviderats för studiens syfte i enlighet med Tabell 2.

Tabell 2 Val och indelning av klimatparametrar

Klimatparametrar enligt SS-EN ISO 14090 (SIS, 2019a)	Klimatparametrar i denna studie
• Temperatur	• Temperatur (T)
• Nederbörd	• Nederbörd (N)
• Vindhastighet och vindriktning	• Vind (V)
• Stigande havsnivåer	• Havsnivå (H)
• Frys-tö-cykler	• Kombinationer av T, N, V och H med åska, snö och is (K)
• Luftfuktighet	

Som framgår av tabellen valdes klimatparametrarna temperatur, nederbörd, vind och havsnivå i enlighet med SS-EN ISO 14090. I denna studie infördes en särskild klimatparameter för att beskriva olika kombinationer av temperatur, nederbörd, vind och havsnivå vilket inkluderar även åska, snö och is. Snö till exempel kräver en kombination av både nederbörd och en låg temperatur för att falla ut. De av SS-EN ISO 14090 nämnda parametrarna frys-tö-cykler och luftfuktighet hänfördes till kombinationer av nämnda klimatparametrar. Flöden, som är centrala för vattenkraft och dammsäkerhet, kan också anses höra till kombinationer av klimatparametrar.

Effekter av förändringar hos de olika klimatparametrarna redovisas i tabeller med referenser där aktuellt. Referens görs ofta till UK (Atkins, 2013), IHA (IHA, 2019) och CEA (CEA, 2020) som innehåller checklistor, men också till specifika rapporter där effekten beskrivits i närmare detalj.

För de olika klimatparametrarna redovisas likaså i tabeller grupper av möjliga klimatindikatorer med referens till SMHI:s fördjupade klimatscenariotjänst (SMHI, 2022a), se avsnitt 3.12, med flera källor.

4.1 NÅGRA INLEDANDE ORD OM KLIMAT OCH KLIMATFÖRÄNDRINGAR

Med klimat menas vädrets långsiktiga egenskaper observerade över tid. Klimatet omfattar temperatur, nederbörd och vind, men också lufttryck, luftfuktighet och atmosfäriska partiklar.

Klimatet påverkas av strålning från solen, cirkulation i atmosfären och i havet samt topografi på land och i hav. Även mänsklig aktivitet påverkar klimatet genom frigörande och utsläpp av växthusgaser som leder till ökad temperatur i atmosfären.

Klimatet driver flera olika processer där de som har den starkaste kopplingen till vattenkraft är de hydrologiska. Till hydrologiska processer hör nederbörd, avdunstning, avrinning, magasinering, kondensation, frysning och smältning. Andra processer som klimatet påverkar är vittring, korrosion, fotosyntes och andra biologiska processer.

Sveriges klimat är präglad av hög variabilitet på tidsskalor från enstaka dagar, via månader och år, till flera decennier. Enligt alla klimatscenarier kommer vi ha den typen av variabilitet även i framtiden. För Sveriges del handlar detta särskilt om fortsatt förskjutning av säsongerna, gradvis allt högre temperaturer och generellt mer nederbörd, som i allt mindre utsträckning faller som snö. Det handlar också om ändringar i extremer, med mer intensiva värmeböljor och mindre frekventa köldknäppar som inte blir lika kalla som tidigare. Scenarierna pekar också på mer intensiv nederbörd men också viss ökad risk för torka under nederbördsfattiga år. (Kjellström, Strandberg, & Lin, 2021).

En belysning av aspekter av klimatförändringar ur ett dammsäkerhetsperspektiv ges i en Energiforskrapport (Holst & Danke Wiberg, 2019).

4.2 TEMPERATUR – T

Klimatförändringar med avseende på ökande temperatur omfattar både förändring av varaktiga och tillfälliga förhållanden, som kan innebära både direkt och indirekt påverkan på dammsäkerheten. Förändringar i temperatur avseende högre medelvärde, ökad variation och värre extremer med potentiella effekter av dessa redovisas i Tabell 3.

Som framgår av tabellen är det i första hand temperaturförändringar i form av ökade variationer och högre extremer som kan ha en direkt påverkan på dammsäkerheten. I flertalet fall innebär temperaturförändringar effekter som indirekt kan leda till påverkan på dammsäkerheten. Beskrivning av sådana orsakssamband ges i avsnitt 5, där så kallade effektkedjor redovisas.

Temperaturen i Sverige ökar och kommer att öka i framtiden. Ökningen förväntas bli större i de norra delarna av landet än i de södra. (Kjellström, o.a., 2022).

Tabell 3 Temperaturförändringar – potentiella direkta och indirekta effekter

Temperaturförändring	Effekt	Referens
Ökning	Varmare vatten i sjöar och vattendrag	UK, IHA, CEA
	Längre vegetationsperiod	UK, CEA
	Senare isläggning & mindre istjocklek	Se avsnitt 4.5
	Minskat snötäcke & tidigare snösmältning	Se avsnitt 4.5
	Minskat tjäldjup & kortare tjälperiod	IHA, a)
	Glaciäravsmältning	b), c)
	Ökat energibehov	UK, CEA
Ökning – variation – extremer	Påverkan elektriska komponenter	IHA, CEA
	Värmeutvidgning betongkonstruktioner	IHA, d)
	Värmeutvidgning mekaniska konstruktioner	
	Svårare arbetsförhållanden	UK, CEA
	Fler nollgenomgångar med fler frys / tö cykler	CEA
	Svällande istäcken	
	Extrem snösmältning & fler smältperioder	
	Ökat effektbehov	UK
	Frysning i rör och pumpsystem	e)

Not: UK = (Atkins, 2013), IHA = (IHA, 2019), CEA = (CEA, 2020)

- Tjälning och tining kan påverka stabiliteten för gruvdammar (Reynier, 2018)
- I en studie av alla svenska glaciärer – 294 – har visats att sedan ca 1916 till 2008 har volymen av dessa minskat med 41 % från 19,4 till 11,5 km³. Om de accelererade minsknings-takten sedan 2002 fortsätter kommer de flesta glaciärerna försvinna till 2070 (Hamré, 2015).
- I en studie av norska glaciärer redovisas att deras areal har minskat med 15% mellan 1999-2006 och fram till 2018-2019 (Andreassen, 2022).
- I en spansk studie av påverkan av ökande temperaturer på betongkonstruktioner anges att termiska belastningar är den mest signifikanta faktorn för sprickbildning i valvdammar (Santillán, E. Salete, & Toledo, 2015).
- Erfarenheter från drift av ett sandmagasin visar att låga temperaturer tillsammans med en optimerad vattenhantering som leder till små volymer i systemet ökar risken för frysning och driftproblem (Töyrä, Lundell, & Bjelkevik, 2017).

I Tabell 4 redovisas grupper av potentiella klimatindikatorer. De flesta av dessa redovisas av SMHI (SMHI, 2022a), jämför avsnitt 3.12. Men tabellen innehåller också klimatindikatorer som inte omfattas av SMHI:s fördjupade klimatscenariotjänst.

Tabell 4 Potentiella klimatindikatorer avseende temperatur

Nr	Klimatindikator	Källa
T-1	Medel-, min- och maxvärden för år, säsonger och månader	SMHI
T-2	Dygns- och säsongsamplituder	SMHI
T-3	Antal dygn med frost, kyla, nollgenomgångar, högsommarvärme och tropisk värme	SMHI
T-4	Längsta värmeböljan i dygn	SMHI
T-5	Vegetationsperiodens början, <i>slut</i> och längd	SMHI
T-6	Graddagar under året för kylning och uppvärmning	SMHI
T-7	<i>Avdunstning</i> och effektiv nederbörd	SMHI
T-8	Om nederbörd faller som regn eller snö	
T-9	Snötäckets <i>utbredning, varaktighet, mäktighet</i> och vatteninnehåll	FLK, SMHI
T-10	Vårflodens start	FLK
T-11	Tjälperiodens längd och tjäldjup	
T-12	Isläggningens start, istjocklek och istäckets varaktighet	
T-13	Vattentemperatur i sjöar och vattendrag	

Not: SMHI = (SMHI, 2022a), FLK = Flödeskonferensen. *Kursiverat* – indikator som inte redovisas av SMHI.

4.3 NEDERBÖRD – N

Klimatförändringar avseende nederbörd omfattar både förändring av varaktiga och tillfälliga förhållanden, som kan innebära både direkt och indirekt påverkan på dammsäkerheten. Förändringar i nederbörd avseende högre medelvärde, ökad variation och värre extremer med potentiella effekter av dessa redovisas i Tabell 5.

Nederbörden förväntas öka i framtiden även om signalen inte är lika tydlig som för temperaturen. Den inledande ökningen är mindre i södra delarna av landet för att sedan troligen gå mot en minskning. (Kjellström, o.a., 2022). En större del av nederbörden förväntas falla som regn och en mindre andel som snö (Kjellström, Strandberg, & Lin, 2021).

Tabell 5 Ökad nederbörd, ökad variation och värre extremer med potentiella effekter

Nederbördsförändring	Effekt	Referens
Ökning	Mättad mark <i>och fyllningsmaterial i dammar</i>	UK, IHA
	Ökade flöden i vattendrag	UK,
Ökning – variation – extremer	Fler och kraftigare skyfall	UK, IHA, CEA, f)
	Ökade extremflöden	UK, IHA
	Översvämningar längs vattendrag	
	Översvämning lokalt, i tunnlar och i kraftstationer	IHA
	Skador på vägar, dammar och elutrustning	IHA
	Erosion och skred längs stränder och på mark	IHA, g)
	Ökad mängd flytgods och sediment	IHA
	Försämrade framkomlighet	

Not: UK = (Atkins, 2013), IHA = (IHA, 2019). *Kursiverat* – nämns inte specifikt av UK eller IHA.

- f) Under perioden 1996-2017 finns inga tydliga tidsmässiga tendenser vad gäller skyfallens storlek och frekvens i Sverige, utan dessa ligger över lag på en konstant nivå. Inte heller extrem dygnsnederbörd sedan 1900 uppvisar några tydliga tendenser på regional nivå. På nationell nivå indikeras en svag ökning av dels landets högsta årliga nederbörd sedan 1881, dels förekomsten av stora, utbredda 2-dygnsregn sedan 1961. (Olsson, o.a., 2017).
- g) SGI har börjat publicera underlag för bedömning av skredrisker längs vattendragen i dagens och framtida klimat (SGI, 2022a) som kan ligga till grund för bedömning av risker som skulle kunna påverka dammsäkerheten.

I Tabell 6 redovisas grupper av potentiella klimatindikatorer. Flera av dessa redovisas av SMHI (SMHI, 2022a), jämför avsnitt 3.12. Men tabellen innehåller också klimatindikatorer som inte redovisas av SMHI.

Tabell 6 Potentiella klimatindikatorer avseende nederbörd

Nr	Klimatindikator	Källa
N-1	Medel-, min- och maxvärden för år, säsonger, månader, <i>14 dagar, vecka</i>	SMHI
N-2	Antal dygn utan, med kraftig och extrem nederbörd	SMHI
N-3	Frekvens 1, 2, 4, 6, 12, 24, 48 timmars nederbörd	
N-4	Frekvens Haldoregn ³	FLK
N-5	Längsta torrperiod i dygn	SMHI

Not: SMHI = (SMHI, 2022a), FLK = Flödeskonferensen. *Kursiverat* – indikator som inte redovisas av SMHI.

4.4 VIND – V

Klimatförändringar avseende vind kan omfatta både förändring av varaktiga och tillfälliga förhållanden, som kan innebära både direkt och indirekt påverkan på dammsäkerheten. Förändringar i vind avseende vindriktning, ökad variation och värre extremer med potentiella effekter av dessa redovisas i Tabell 7.

Förändringar i det framtida vindklimatet är som regel små och olika modeller ger olika resultat (Kjellström, Strandberg, & Lin, 2021).

³ Haldø Vedin var en meteorolog vid SMHI som har givit namn till Haldøregn, som är nederbördstillfällen som uppgår till minst 120 mm på 24 timmar.

Tabell 7 Ökad vind, ökad variation och värre extremer med potentiella effekter

Vindförändringar	Effekt	Referens
Ändrad vindriktning	Skador på slänter magasin och dammar Påverkan avdunstning	IHA
Ökning – variation – extremer	Skador på dammarnas erosionsskydd Snedställning av magasin och vågbildning Skador på byggnader, master och stolpar Vindfällan Snödrev	CEA CEA

Not: IHA = (IHA, 2019), CEA = (CEA, 2020)

I Tabell 8 redovisas grupper av potentiella klimatindikatorer. SMHI:s fördjupade klimatscenariotjänst innehåller inte någon klimatindikator avseende vind (SMHI, 2022a). Några andra källor har heller inte identifierats.

Tabell 8 Potentiella klimatindikatorer avseende vind

Nr	Klimatindikator	Källa
V-1	Medel-, min- och maxvärden för år, säsonger och månader 10 m nivå	
V-2	Frekvens storm och orkan	
V-3	Förhärskande vindriktning	

4.5 KOMBINATIONER AV T, N, OCH V MED ÅSKA, SNÖ OCH IS

Klimatförändringar med avseende på kombinationer av temperatur, nederbörd, vind och havsnivå inkluderar åska, snö, och is med mera. Dessa kan omfatta både förändring av varaktiga och tillfälliga förhållanden, som kan innebära både direkt och indirekt påverkan på dammsäkerheten.

Förändringar i kombinationer av olika klimatparametrar med potentiella effekter av dessa redovisas i Tabell 9.

Tabell 9 Kombinationer av olika klimatparametrar med potentiella effekter

Kombinationer av T, N & V	Effekt	Referens
Ökad luftfuktighet	Ökad degradering, korrosion och ruttning	IHA, CEA
Längre torrperioder och värmeböljor	Fler skogsbränder	CEA, h)
Ökad avdunstning	Lägre flöden	
Åskväder med blixtnedslag oftare	Fler skogsbränder och skador på utrustning	UK, IHA, CEA
Underkyllt regn / isstormar oftare	Isbildning på utrustning, ledningar	
Ökade snölast	Snölast på byggnader, ledningar, skog	UK
Ökade islast	Fastfrysning, ispåväxt, svällande istäcke	i), j), k)
Minskat snötäcke		l)
Minskat istäcke		m)

Not: UK = (Atkins, 2013), IHA = (IHA, 2019), CEA = (CEA, 2020)

- h) Erfarenheter av skogsbranden 2018 i Ljusnan pekar på ett antal faktorer som kan påverka dammsäkerheten; tillträde till dammanläggningarna försvåras, elförsörjningen bryts, reservkraftaggregat är efter en tid beroende av tillförsel av drivmedel längs vägnätet, elektroniska kommunikationer för övervakning, fjärrdrift störs och talkommunikation för samordning av åtgärder vid anläggningarna försvåras (Jenvald & Morin, 2019).
- i) Några av dammsäkerhetsaspekterna att beakta är islast, fastfrysning mot istäcket i magasinet, fastfrysning mot närliggande betongkonstruktioner, isvallning / ispåväxt nedströms utskovsluckan, kravis och låga temperaturer som påverkar elektriska, mekaniska och hydrauliska system. (Bennerstedt, Åberg, & Halvarsson, 2021).
- j) Islast mot dammar kan delas upp i islast på grund av termisk utvidgning och islast på grund av korttidsreglering. Islast på grund av termisk utvidgning kan tänkas påverkas av ett förändrat klimat med snabbare temperaturvariationer och fler och hastigare 0-genomgångar (Holst & Thanke Wiberg, 2019).
- k) I en norsk studie av tre vattenkraft reservoarer visas att varaktigheten för istäcke kommer att reduceras kraftigt (Gebre, Boissy, & Alfredsen, 2013).
- l) I en norsk studie konstaterades att snötäckets utbredning minskade 1961 till 2010, särskilt i slutet av snösäsongen, med en motsvarande minskning av snövatteninnehållet utom på höga höjder. En jämförelse mellan perioderna 1961-1990 och 1981-2010 visade att snötäckets utbredning minskat med mer än 20 000 km² huvudsakligen norr om 63 breddgraden. (Rizzi, Brox, Howard, Gislén, & Tallaksen, 2018).
- m) I en finsk studie av ett par områden indikeras att snötillgången i Finland har minskat betydligt under de senaste 100 åren på grund av klimatvariationer och klimatförändringar (Irannezhad, Ronkanen, & Kløve, 2015).

I Tabell 10 redovisas grupper av potentiella klimatindikatorer. De som angivits redovisas av SMHI (SMHI, 2022a), jämför avsnitt 3.12.

Tabell 10 Potentiella klimatindikatorer avseende kombinationer av temperatur, nederbörd och vind

Nr	Klimatindikator	Källa
K-1	Medel-, min- och maxvärden för år, säsonger och månader (jfr. T-1)	SMHI
K-2	Medel-, min- och maxvärden för år, säsonger och månader (jfr. N-1)	SMHI
K-3	Antal dygn utan nederbörd (jfr. N-2)	SMHI
K-4	Längsta torrperiod i dygn (jfr. N-5)	SMHI
K-5	Längsta värmebölja i dygn	SMHI
K-6	Effektiv nederbörd, medel	SMHI
K-7	Markfuktighet, medel	SMHI

Not: SMHI = (SMHI, 2022a)

4.6 FLÖDEN

För flöden görs en separat redovisning i detta avsnitt även om flöden kan ses som resultatet av en kombination av olika klimatparametrar.

Klimatförändringar som avser flöden kan omfatta både förändring av varaktiga och tillfälliga förhållanden, som kan ha en direkt påverkan på dammsäkerheten. Förändringar i flöden med potentiella effekter av dessa redovisas i Tabell 11.

Tabell 11 Flödesförändringar med potentiella effekter

Flödesförändringar	Effekt	Referens
Ökning	Ökad magasinsfyllnad	IHA, n)
Ökning – variation – extremer	Förändrade säsongsmönster	UK, CEA, o)
	Ökat behov av höga spill	IHA, p)
	Ökat behov av vinterspill	q)
	Ökad erosion längs vattendragen	IHA, CEA
	Ökade mängder flytgoods	IHA, CEA

Not: UK = (Atkins, 2013), IHA = (IHA, 2019), CEA = (CEA, 2020)

- n) I framtiden väntas en ökning av vattentillgången sett över hela året i norra Sverige. I sydöstra Sverige väntas i stället en minskning vilket beror på ökad avdunstning. I övriga delar är förändringen av vattentillgång under ett år, svårare att bedöma. (SMHI, 2022c)
- o) I framtiden ökade temperaturer kommer att tidigarelägga vårfloden i de norra och centrala delarna av landet (Arheimer & Lindström, 2015).
- p) För Sverige kan inte urskiljas någon trend vad avser årshögsta flöden de senaste 100 åren (Arheimer & Lindström, 2015).
- q) Ökat behov av spill vintertid nämns som ett möjligt förändrat driftmönster till följd av klimatförändringar, som kan leda till svårigheter både att öppna fastfrusna luckor och att stänga öppna luckor (Holst & Danke Wiberg, 2019).

I Tabell 12 redovisas grupper av potentiella klimatindikatorer. De som angivits redovisas av SMHI (SMHI, 2022a), jämför avsnitt 3.12. Men tabellen innehåller också klimatindikatorer som inte omfattas av SMHI:s fördjupade klimatscenariotjänst.

Tabell 12 Potentiella klimatindikatorer avseende flöden

Nr	Klimatindikator	Källa
F-1	Medel-, min- och maxvärden för år, säsonger, månader, 14-dagar, vecka	SMHI
F-2	Frekvens 1, 2, 4, 7, 14, 30 dagars vattenföring - 50 - 10 000 ÅT	SMHI
F-3	Högvattenhändelser idag och i framtiden	FLK
F-4	Snövattneninnehåll – uppmätt, beräknat – medel och årshögsta	FLK
F-5	Magasinens fyllnadsgrad	FLK
F-6	Fler skyfall och extrema regnmängder (jfr. N-1 & N-3)	SMHI
F-7	Frekvens Haldoregn (jfr. N-4)	FLK

Not: SMHI = (SMHI, 2022a), FLK = Flödeskonferensen. *Kursiverat* – indikator som inte redovisas av SMHI.

4.7 HAVSNIVÅ

Klimatförändringar som avser havsnivå kan omfatta både förändring av varaktiga och tillfälliga förhållanden, som kan innebära både direkt och indirekt påverkan på dammsäkerheten. Förändringar i havsnivå med potentiella effekter av dessa redovisas i Tabell 13.

I samband med den globala uppvärmningen stiger havsnivån till följd av termisk expansion och ökande avsmältning av landisar och glaciärer. Enligt IPCC har den genomsnittliga havsnivån stigit med 0,16 m 1902 till 2015. Havsnivåerna kommer att fortsatt stiga fram till 2100 och lång tid därefter.

För norra Sverige kompenserar landhöjningen i stort höjningen av havsytan fram till 2100. Södra Sverige påverkas mycket mer av höjningen av havsytan och där kan medelvattenståndet öka med mer än 0,5 m fram till 2100. (Nerheim, Schöld, Persson, & Sjöström, 2018).

Tabell 13 Ökade havsnivåer med potentiella effekter

Havsnivåförändringar	Effekt	Referens
Ökning	Saltvatteninträning i älvmyrningar	CEA
	Kusterosion	CEA
Ökning – variation – extremer	Översvämningar runt älvmyrningar och kustområden	CEA
	Drivis och isvallar	CEA

Not: CEA = (CEA, 2020)

I Tabell 14 redovisas grupper av potentiella klimatindikatorer. En av dessa redovisas av SMHI (SMHI, 2022b), jämför avsnitt 3.12. Några andra källor har heller inte identifierats.

Tabell 14 Potentiella klimatindikatorer avseende havsnivå

Nr	Klimatindikator	Källa
H-1	Medel-, min- och maxvärden för år, säsonger och månader	
H-2	Högvattenhändelser idag och i framtiden	
H-3	Framtida medelvattenstånd	SMHI

Not: SMHI = (SMHI, 2022b)

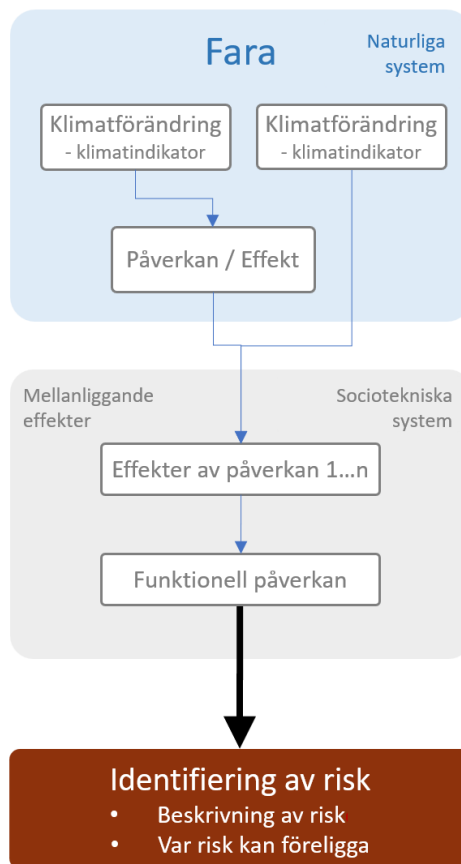
5 Inledande analys av klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten

Avsnitt 3 och 4 lade grunden för den inledande analys av klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten som genomfördes och som redovisas i detta avsnitt. Analysen kallas inledande eftersom den varit kvalitativ och övergripande och inte avser någon speciell anläggning eller verksamhet.

5.1 METODIK

Genom litteraturgenomgången identifierades den metodik för analys av klimatrisker som redovisas av GIZ & EURAC (GIZ & EURAC, 2017) (avsnitt 3.5).

Mot bakgrund av att det redan finns metodik framtagen för analys av risker som avser dammsäkerhet (Energiföretagen, 2022b) anpassades metodiken, som därmed också förenklades, för att identifiera sådana risker som har koppling till klimatförändringar. De risker som identifieras kan därefter föras över till det ordinarie arbetet med riskanalys avseende dammsäkerhet.



Figur 5. Effektkedja för identifiering av risker för dammsäkerheten som beror av klimatförändringar

Enligt Figur 5 betraktas identifierade klimatförändringar som faror (hot) som kan leda till direkt påverkan på dammsäkerheten, eller indirekt via påverkan på naturliga system som kan leda till påverkan på dammsäkerheten. Det kan också vara så att klimatförändringar indirekt påverkar dammsäkerheten via förändringar i sociotekniska system.

Exempel på indirekt påverkan på naturliga system är att en temperaturhöjning i atmosfären leder till varmare sjöar och vattendrag som leder till ökad tillväxt av vegetation eller alger som kan påverka möjligheterna till vattennivåmätning, vilket i sin tur kan påverka dammsäkerheten.

Exempel på indirekt påverkan på ett sociotekniskt system är att intensivare skyfall kan leda till lokal översvämning som kan leda till utsläpp av föroreningar i vattendrag som leder till akut behov att förändra flödet som kan stå i konflikt med dammsäkerheten.

Dessa två beskrivningar är exempel på två av de effektkedjor som sammanställts. De effektkedjor som tagits fram utgör samtidigt vad som beskrivs i RIDAS som orsak och verkan sammanhang (Energiföretagen, 2022b).

För de framtagna effektkedjorna listades även möjliga klimatindikatorer med deras källor som kan användas för att följa de identifierade förändringarna.

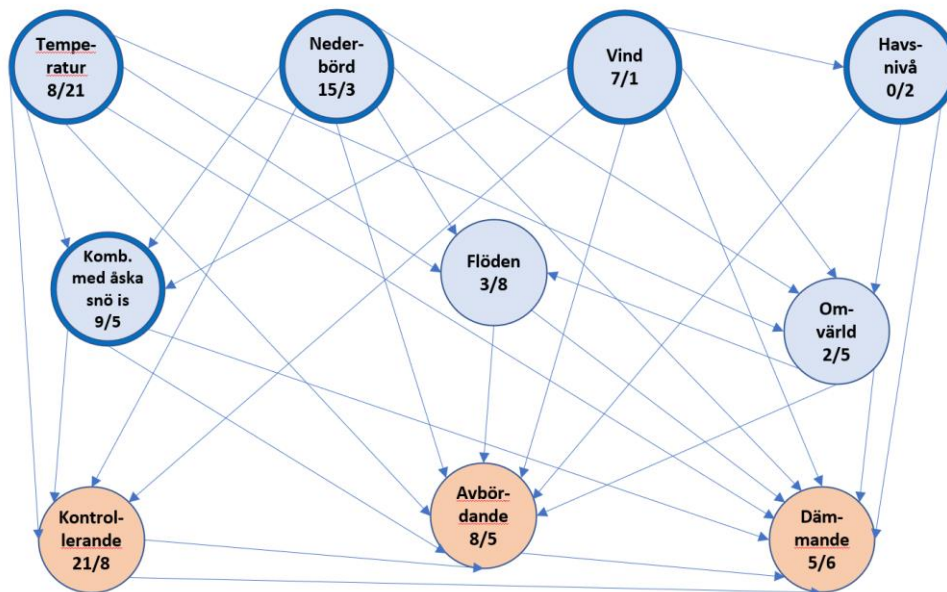
I effektkedjorna gjordes försök att beskriva den funktionella påverkan, vilket låg till grund för sortering av effektkedjorna på de huvudfunktioner som bidrar till dammsäkerheten, nämligen kontrollerande, avbördande och dämmande (Energiföretagen, 2022a), samt för omvärld och flöden.

Flöden som redovisades separat i avsnitt 4.6 betraktades här som en fara som påverkas av klimatförändringar i temperatur och nederbörd.

5.2 BESKRIVNING AV EFFEKTKEDJOR

I projektet upprättades och beskrevs ett sjuttital effektkedjor. Effektkedjorna utgick från vad som kan beskrivas som de drivande klimatparametrarna temperatur, nederbörd, vind med deras kombinationer, samt havsnivå. En del effektkedjor beskriver en direkt påverkan på dammsäkerhetens tre huvudfunktioner kontrollerande, avbördande och dämmande. Andra effektkedjor beskriver en indirekt påverkan på dammsäkerheten via förändringar i omvärld och flöden. Effektkedjorna grupperades i de fem områdena omvärld, flöden, kontrollerande, avbördande och dämmande funktionen.

Effektkedjorna redovisas i Bilaga C:-1 till C-6. Framtagna effektkedjor karakteriserades också med avseende på om klimatförändringen avser tillfälliga förhållanden som kan beskrivas med variation och extremvärden, eller varaktiga förhållanden som kan beskrivas med medelvärden. Sammanhangen mellan de effektkedjor som har upprättats beskrivs av Figur 6 och Bilaga C:-1.



Figur 6. De 71 effektkedjornas relationer – de fem drivande klimatparametrarna med mörkblå ring gentemot påverkan avseende omvärld och flöden, samt huvudfunktionerna för dammsäkerheten. Den första siffran avser tillfälliga förändringar och den andra varaktiga förändringar.

5.3 BESKRIVNING AV EFFEKTER OCH RISKER SOM IDENTIFIERATS

En beskrivning av identifierade effekter och risker görs i det följande under rubrikerna omvärld, flöden, kontrollerande, avbördande samt dämmande.

Omvärld

De sju effektkedjor som redovisades under rubriken omvärld avser sådana klimatförändringar som leder till en förändring i omvärlden som i sin tur kan påverka dammsäkerheten. Det kan noteras att framtagna effektkedjor har en påverkan på flöden som i sin tur kan påverka den avbördande och dämmande funktionen. Här återfinns effekter av klimatförändringar som:

- Översvämningar som kan leda till utsläpp av föroreningar i vattendrag.
- Hög produktion av vindkraft lokalt som kan leda till snabb nedreglering av vattenkraftproduktion lokalt till följd av nätbegränsningar.
- Minskad vattenföring som kan leda till ökad konkurrens om vattenresurser för fritidsändamål, bevattning mm.
- Varmare ytvatten som kan leda till påverkan på fiskpopulationer.
- Högre temperatur som leder till mindre behov av uppvärmning och elenergi.
- Högre temperatur under sommaren och fler värmeböljor som kan leda till behov av ökad kylning i samhället.

Gemensamt för dessa är att de kan leda till förändrade förutsättningar för drift av vattenkraften som omedelbart eller på sikt kan påverka de dämmande och avbördande funktionerna och därmed dammsäkerheten.

Flöden

De elva effektkedjor som redovisades under rubriken flöden avser sådana klimatförändringar som leder till påverkan på flödesförhållandena i vattendragen som i sin tur kan påverka dammsäkerheten. Här återfinns:

- Nederbörd i form av regn och värmeperioder med snösmältning under vintern kan leda till ökat behov av vinterspill.
- Ökad varaktig eller extrem tillrinning som leder till fulla magasin.
- Ökat varaktigt snötäcke eller extrem snösmältning som leder till kraftigare vårflood.

Här redovisades också några möjligheter ur dammsäkerhetssynpunkt som kopplar till minskande flöden.

Kontrollerande funktionen

För de effektkedjor – 29 – som redovisades under rubriken kontrollerande var tankegången att de i sin tur kan leda till sämre tillförlitlighet i den avbördande eller dämmande funktionen som i sin tur påverkar dammsäkerheten. Dessa effektkedjor handlar om:

- Effekter som leder till mer vegetation runt dammar och påväxt på utrustning för vattenståndsmätning.
- Effekter som leder till skador på kraftförsörjning, byggnader och utrustning.
- Effekter som leder till hinder och förlänger tiden att ta sig till anläggningarna på grund av lokala översvämningar, jordskred, vindfällan, snödrev och skogsbrand.
- Effekter som kan leda till ökad frånvaro av driftpersonal som sjukdom eller av andra skäl.

Avbördande funktionen

Det tretton effektkedjor som redovisades under rubriken avbördande funktion avser sådana klimatförändringar som kan påverka behovet av avbördning eller ha en direkt teknisk inverkan på den avbördande funktionen som:

- Effekter som kan leda till plötsligt stopp av aggregat som leder till akut behov av spill.
- Effekter som leder till ökad korrosion och värmeutvidgning i mekaniska system, inklusive saltvatteninträning.
- Effekter som leder till störningar i strömförsörjning till utskovsluckor.
- Effekter som leder till erosion i vattendrag, mer flytgods, ökat istryck eller ispåväxt.

Dämmande funktionen

De elva effektkedjor som redovisas under rubriken dämmande avser sådana klimatförändringar som kan påverka den dämmande funktionen som:

- Effekter som leder till skador på erosionskydd, dammkrön, trä-, betong- och mekaniska konstruktioner, inklusive skyfall, vindpåverkan, påväxt, frost, is och värmeutvidgning.

6 Diskussion, slutsatser och rekommendationer

I detta avslutande avsnitt redovisas en diskussion under de tre rubrikerna:

- Några reflektioner om effekter, indikatorer och effektkedjor.
- Metodik för analys och anpassning.
- Innebär klimatförändringar några nya risker?

Därefter presenteras projektets slutsatser och rekommendationer.

6.1 NÅGRA RELEKTIONER OM EFFEKTER, INDIKATORER OCH EFFEKTKEDJOR

Ett syfte med detta projekt har varit att identifiera klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten. Resultatet kommer att utgöra underlag för Klimatkommitténs fortsatta arbete. I vilken mån och hur snabbt som identifierade förändringar kan komma att realiseras analyseras i andra projekt kopplade till Klimatkommittén.

Som framgår av Tabell 3 är det ett femtontal effekter som identifierades till följd av temperaturförändringar. För dessa identifierades också enligt Tabell 4 ett stort antal potentiella klimatindikatorer som kan användas för att följa förändringar. För temperatur har enligt Figur 6 också det största antalet effektkedjor identifierats (29). Sammantaget kan konstateras att temperatur påverkar flera olika aspekter med koppling till dammsäkerhet. Temperatur visar också en tydlig signal om förändring i det framtida klimatet.

Enligt Tabell 5 är tio olika effekter redovisade med koppling till nederbörd och att flertalet av dessa avser flöden. För dessa identifierades en handfull grupper med potentiella klimatindikatorer (Tabell 6). Figur 6 visar emellertid att ett stort antal effektkedjor identifierats (18) och att en majoritet av dessa kopplar till variation och extremer, det vill säga till tillfälliga förändringar. Även för nederbörd finns relativt tydliga signaler om förändringar i framtiden och sammantaget kan konstateras att nederbörd har en stor betydelse för flöden i vattendragen och de effekter som dessa i sin tur föranleder.

Som framgår av Tabell 7 är de effekter av vind som identifierades inte särskilt många (7) och de potentiella klimatindikatorerna få och utan källa (Tabell 8). Likaså är antalet effektkedjor få (Figur 6). Det är framför allt extrema eller tillfälliga förhållanden – läs storm – som har betydelse i sammanhanget. För vind finns inga tydliga signaler om förändringar i framtiden. För förhållanden i Storbritannien bedöms förändringar avseende vind ha mindre betydelse för dammsäkerheten (Atkins, 2013).

Det finns flera (9) olika kombinationer av klimatparametrarna temperatur, nederbörd och vind som har potentiella effekter på dammsäkerheten (Tabell 9). De kan också leda till effekter av vitt skild art. I Tabell 10 hänvisas vad gäller indikatorer generellt till dem som avser temperatur och nederbörd men några specifika redovisas också.

Vad avser flöden redovisas i Tabell 11 en handfull effekter huvudsakligen kopplade till variationer och extremer. Det finns flera olika potentiella klimatindikatorer enligt Tabell 12. För flera av dessa har Flödeskonferensen angivits som källa, vilket ger underlag för en rekommendation att ta fram klimatindikatorer som har koppling till extrema flöden.

Identifierade klimatförändringar, deras effekter och funktionella påverkan kopplar slutligen till risker som avser dammsäkerhet. Ibland är kopplingen till dammsäkerhet tydlig i framtagna effektkedjor och ibland är den inte det. Effektkedjor bedöms trots allt ge en god grund för det arbete som kan göras för att identifiera risker med koppling till dammsäkerhet. Bland de effektkedjor som beskrivits är det troligen bara ett fåtal som kommer att kvalificera sig för fortsatt analys av risker för en specifik anläggning.

6.2 METODIK FÖR ANALYS OCH ANPASSNING

Flera olika initiativ som avser metodik för analys och anpassning till klimatförändringar har tagits fram under de senaste 10 åren.

Möjlighet att kunna hantera höga flöden är central för dammsäkerheten och den svenska vattenkraftindustrin var tidigt ute med att ta hänsyn till klimatförändring i riktlinjerna om dimensionerande flöden för dammanläggningar 2007 (se avsnitt 3.1).

Det finns en samsyn att klimatförändringar kan ses som faror som innebär eller kan leda till risker för olika verksamheter. IPCC:s konceptuella ramverk har numer risk i centrum (IPCC, 2014), GIZ & EURAC följer i detta spår (GIZ & EURAC, 2017) och SIS bygger sina standarder för klimatarbete på IPCC:s och GIZ & EURAC's utgångspunkter.

Det finns också en samsyn att analys av risker till följd av klimatförändringar kan integreras i företagets befintliga processer för riskhantering, vilket förs fram av CEA (CEA, 2020). British Standards Institution (Johnstone, 2014) framhåller att klimatanpassning kan göras inom ramen för ledningssystem för kontinuitet (SIS, 2019b), eller andra standardiserade arbetssätt som ISO 31000, ISO 14001 och ISO 9001. ICMM har nyligen lagt grunden för sina medlemmar att integrera klimatförändringar med koppling till dammsäkerhet i den ordinarie verksamheten enligt Global Industry Standard on Tailings Management (ICMM, 2021b).

Även om de svenska riktlinjerna för om dimensionerande flöden för dammanläggningar (Svenska kraftnät, Energiföretagen, SveMin, 2022) innehåller tydlig vägledning för ett klimat i förändring så saknas i allt väsentligt motsvarande i riktlinjerna för dammsäkerhet RIDAS (Energiföretagen, 2022a) och GruvRIDAS (SveMin, 2021). En allmän referens till klimatförändringar ges endast på ett ställe i samband med vägledning om dimensioneringsförutsättningar.

I detta projekt har en övergripande identifiering av risker för dammsäkerheten av ett ändrat klimat genomförts. De identifierade riskerna (effektkedjorna) kan förhoppningsvis tjäna som en checklista av potentiella klimatförändringar och inspiration för tankesätt för den som kommer att utföra analyser för specifika anläggningar och verksamheter. På så vis kan resultaten nyttjas i företagets eget arbete med riskanalys, oavsett om det gäller vattenkraft eller gruvverksamhet och oavsett vilket system för analys av risker som används. Den metodik som tagits fram av Energiföretagen för dammsäkerhetsutvärdering (Energiföretagen, 2022b) och som omfattar analys av dammsäkerhetsrisker bedöms vara lämplig att inrymma även de risker som identifieras avseende klimatförändring.

Effektkedjor bedöms främst ha sitt värde i inledande och översiktliga analyser av klimatförändringar, som i detta projekt. De innebär dock en stark förenkling av verkligheten och i den mån som modellering av motsvarande förhållanden som beskrivs i effektkedjorna är möjlig, så innebär det ofta ett bättre alternativ. Ett tydligt sådant exempel är den modelleringsmetodik som tillämpas i de svenska flödesriktlinjerna.

6.3 INNEBÄR KLIMATFÖRÄNDRINGAR NÅGRA NYA RISKER?

Statens Energimyndighet konstaterade redan 2009 (Statens energimyndighet, 2009) att utmaningar redan finns med dagens väder. Nuvarande årliga variationer hanteras av energisektorns aktörer inom ramen för de mål och medel som de förfogar över idag. Klimatförändringen förstärker hoten. När det gäller framtida extrema väderhändelser så är hoten inte nya, redan idag utsätts energiförsörjningen för prövningar i form av extremt väder.

Likande tankar förs fram av CEA som menar att de flesta risker som företagen kommer att identifiera genom sina anpassningsprocesser inte kommer att vara nya utan snarare befintliga risker som förvärras av klimatförändringarna (CEA, 2020).

I vägledningen för Storbritannien förs fram att inriktningen för aktuella anpassningsåtgärder i många fall innebär en upptrappning över tid där utökad övervakning, förebyggande eller avhjälpande underhåll, till ombyggnad och slutligen eventuell avveckling eller ändring av användning (Atkins, 2013).

En blick på de effektkedjor som tagits fram ger också vid handen att det inte är något avgörande nytt som kommit fram, utan att det snarare är hög grad av igenkänning av de effekter, den påverkan och de risker som identifierats.

En ytterligare aspekt som kan lyftas i detta sammanhang är att nya material och metoder kommer att anpassas för att ge ett mindre klimatavtryck. Risker som är förknippade med denna omvärldsfaktor är också värda att analysera vidare.

För att avsluta diskussionen om klimatförändringarna kommer att innebära några nya risker som kan påverka dammsäkerheten kan aspekten ökad osäkerhet tas upp. Klimatförändringar kommer att påverka olika sektorer inom samhället och energisystemet där vattenkraften ingår på ett sätt som vi inte vet idag och därmed tillföra osäkerheter som potentiellt kan påverka dammsäkerheten på olika sätt.

6.4 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Baserat på den redovisning som gjorts ovan kan följande slutsatser dras:

- Klimatförändringar avseende dammsäkerhet betraktas lämpligen som risker.
- I första hand är det redan kända risker som kan komma att förvärras av klimatförändringar som är aktuella för dammsäkerheten.
- Vad avser risken för extremflöden ger den utvecklade modelleringsmetodiken i de svenska flödesriktlinjerna en bättre grund än presenterade effektkedjor för analyser av förändringar som beror av klimatet.
- Effektkedjor bedöms vara värdefulla för att identifiera risker som avser dammsäkerhet i inledande och översiktliga analyser av klimatförändringar.

Följande rekommendationer är aktuella att göra:

- Myndigheter och branschorganisationer rekommenderas att fortsätta arbetet med att följa klimatförändringar och verka för att relevanta klimatindikatorer tas fram.
- Myndigheter och branschorganisationer rekommenderas att beakta klimatfrågan i sina vägledningar och riktlinjer så att den integreras så bra som möjligt i dammägarnas ordinarie dammsäkerhetsarbete.
- Dammägare rekommenderas att de risker som identifieras till följd av klimatförändringar analyseras inom ramen för de rutiner som etableras för det ordinarie dammsäkerhetsarbetet.
- För klimatindikatorer som är specifika för extrema flöden rekommenderas att Flödeskonferensen tar initiativ och etablerar arbetssätt för att ta fram sådana.

7 Referenslista

- Andreassen, L. M. (2022). *Beer og fonner i Norge*. NVE.
- Arheimer, B., & Lindström, G. (2015). Climate impact on floods: changes in high flows in Sweden in the past and the future (1911–2100). *Hydrology and Earth System Sciences*, 771–784.
- Atkins. (2013). *Impact of Climate Change on Dams & Reservoirs. Final Guidance Report*. Government of UK, Department of Environment, Food and Rural Affairs.
- Bennerstedt, P., Åberg, C., & Halvarsson, A. (2021). *Avbördningsanordningar i kallt klimat. Vinterspill och isfrikållningssystem*. Energiforsk.
- Brandesten, C.-O. (2022). *Klimatförändringarnas påverkan på dammsäkerheten - moteringar från workshop 18 maj*.
- CEA. (2020). *Climate Change & Extreme Weather. A Guide to Adaptation Planning for Electricity Companies in Canada*. Canadian Electricity Association - CEA.
- Energiföretagen. (2022a). *RIDAS - Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet, Reviderade april 2022*. Energiföretagen.
- Energiföretagen. (2022b). *Dammsäkerhetsutvärdering - Tillämpningsvägledning Kapitel 4 - RIDAS - Energiföretagens riktlinjer för dammsäkerhet*. Energiföretagen.
- Flödeskommittén. (1990). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar - Slutrapport från Flödeskommittén*. Statens Vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreningen & Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.
- Gebre, S., Boissy, T., & Alfredsen, K. (2013). Sensitivity to climate change of the thermal structure and ice cover regime of three hydropower reservoirs. *Journal of Hydrology*.
- GIZ & EURAC. (2017). *Risk Supplement to the Vulnerability Sourcebook. Guidance on how to apply the Vulnerability Sourcebook's approach with the new IPCC AR5 concept of climate risk*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- GIZ and EURAC. (2014). *The Vulnerability Sourcebook - Concept and guidelines for standardised vulnerability assessments*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Global Tailings Review. (2020). *Global Industry Standard on Tailings Management*. Global Tailings Review (co-convened by ICMM, UNEP, PRI).
- Hamré, M. (2015). *Mapping glacier change in Sweden between the end of 'Little Ice Age' and 2008 with orthophotos and a Digital Elevation Model*. Department of Physical Geography, Stockholm University.
- Holst, J., & Thanke Wiberg, J. (2019). *Dammsäkerhet i ett förändrat energisystem*. Energiforsk Rapport 2019:620.
- ICMM. (2021). *Climate Change Position Statement*. London: International Council on Mining and Metals.
- ICMM. (2021a). *Conformance Protocols - Global Industry Standard on Tailings Management*. London: International Council on Mining and Metals.
- ICMM. (2021b). *Tailings Management - Good practice guide*. London: International Council on Mining and Metals.
- ICMM. (den 24 8 2022). ICMM. Hämtat från <https://www.icmm.com/> den 24 8 2022
- ICOLD. (2016). *Global Climate Change, Dams, Reservoirs and Related Water Resources. Bulletin 169*. ICOLD.
- IHA. (2019). *Hydropower Sector Climate Resilience Guide*. London: IHA - International Hydropower Association Limited.

- IPCC. (2014). *Climate Change 2014 Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK; New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- IPCC. (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.
- IPCC. (2021). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan. Cambridge University Press.
- Irannezhad, M., Ronkanen, A.-K., & Kløve, B. (2015). Effects of climate variability and change on snowpack hydrological processes in Finland. *Cold Regions Science and Technology* 118 (ss. 14–29). Elsevier.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.coldregions.2015.06.009>
- Jenvald, J., & Morin, M. (2019). *Skogsbranden 2018 – erfarenheter ur ett dammsäkerhetsperspektiv*. Energiforsk.
- Johnstone, K. (2014). *Adapting to Climate Change using your Business Continuity Management System*. London: BSI.
- KFR. (2005). *Dimensionerande flöden för stora sjöar och små tillrinningsområden samt diskussion om klimatfrågan - Slutrapport från kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer*. Elforsk rapport 05:17.
- Kjellström, E., Andersson, L., Arneborg, L., Berg, P., Capell, R., Fredriksson, S., . . . Strandberg, G. (2022). *Klimatinformation som stöd för samhällets klimatanpassningsarbete*. Klimatologi Nr 64.
- Kjellström, E., Strandberg, G., & Lin, C. (2021). *Förändringar i klimatet som påverkar energisektorn i Sverige*. Energiforsk Rapport 2021:745.
- Kommittén för dimensionerande flöden för dammanläggningar i ett klimatförändringsperspektiv. (2011). *Slutrapport från Kommittén för dimensionerande flöden för dammanläggningar i ett klimatförändringsperspektiv*. Svenska kraftnät, Svensk Energi, SveMin och SMHI.
- Lundström, K., Dehlbom, B., Löfroth, H., & Vesterberg, B. (2018). *Klimatlasters effekter på naturlig mark och geokonstruktioner – geotekniska aspekter på klimatförändringen*. Linköping: Statens geotekniska Institut, SGI.
- Nationella expertrådet för klimatanpassning. (2022). *Första rapporten från Nationella expertrådet för klimatanpassning*.
- Nerheim, S., Schöld, S., Persson, G., & Sjöström, Å. (2018). *Framtida havsnivåer i Sverige*. Norrköping: SMHI Klimatologi Rapport Nr 48.
- Olsson, J., Berg, P., Eronn, A., Simonsson, L., Södling, J., Wern, L., & Yang, W. (2017). *Extremregn i nuvarande och framtida klimat. Analyser av observationer och framtidsscenarioer*. SMHI.
- Proposition 2017/18:163. (u.d.). *Nationell strategi för klimatanpassning*. Regeringen, Miljö- och energidepartementet.
- Reynier, N. (2018). Impact of climate change on mine waste management by water and saturated covers. *2018 Northern Latitudes Mining Reclamation Workshop, Whitehorse and Carcross, Yukon*.
- Rizzi, J., Brox, N. I., Howard, S. J., Gislås, K., & Tallaksen, L. M. (2018). Five decades of warming: impacts on snow cover in Norway. *Hydrology Research*, 670-688.

- Santillán, D., E. Saleté, & Toledo, M. (2015). A methodology for the assessment of the effect of climate change on the thermal-strain–stress behaviour of structures. *Engineering Structures* 92, 123–141.
- SGI. (2022a). *Skredrisker i ett förändrat klimat - Ångermanälven, Huvudrapport del 1: Sammanfattning och kartredovisning. SGI Vägledning 5-1*. Linköping: Statens geotekniska institut, SGI.
- SGI. (2022b). *Skredrisker i ett förändrat klimat - Ångermanälven, Huvudrapport del 2: Metodik och analys. SGI Vägledning 5-2*. Linköping: Statens geotekniska institut, SGI.
- SIS. (2018). *Riskhantering - Vägledning (ISO 31000:2018, IDT)*. Stockholm: Svenska Insitutet för Standarder.
- SIS. (2019a). *Anpassning till klimatförändringar - Principer, krav och riktlinjer (ISO 14090:2019)*. SIS.
- SIS. (2019b). *Säkerhet och resiliens - Ledningssystem för kontinuitetshantering - Krav (ISO 22301:2019)*. SIS.
- SIS. (2021). *Anpassning till klimatförändringar - Riktlinjer för sårbarhet, effekter och riskbedömning (ISO 14091:2021)*. SIS.
- SMHI. (2022a). *Fördjupad klimatscenariotjänst* (<https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/fordjupade-klimatscenarier>). Hämtat från <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/fordjupade-klimatscenarier>
- SMHI. (2022b). *Framtida medelvattensstånd*. SMHI (<https://www.smhi.se/klimat/stigande-havsnivaer/framtida-medelvattenstand-1.165493>).
- SMHI. (2022c). *Förändrade vattenförhållanden* (<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/klimat effekter-i-sjoar-och-vattendrag>).
- Statens energimyndighet. (2009). *Extrema väderhändelser och klimatförändringens effekter på energisystemet*. Statens energimyndighet.
- SveMin. (2021). *GruvRIDAS 2021 - Gruvbranschens riktlinjer för dammsäkerhet*. SveMin.
- Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin. (2007). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar - Nyutgåva 2007*.
- Svensk Energi, Svenska kraftnät och SveMin. (2015). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar - Utgåva 2015*.
- Svenska kraftnät, Energiföretagen, SveMin. (2022). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar, Utgåva 2022*.
- Svenska kraftnät, Energiföretagen, SveMin och SMHI. (2021-05-06). *Överenskommelse om kommitté för dammsäkerhet i ett klimat i förändring*.
- Töyrä, S., Lundell, D., & Bjelkevik, A. (2017). *Tailing management at the Kirunavaara iron ore mine*.

Bilaga A: Terminologi

Term	Förklaring
Effektkedja	Analytisk metod som ger en förståelse av hur en given fara leder till direkt eller indirekt påverkan som sprider sig genom ett system som är utsatt för risk (SIS, 2021).
Exponering	Förekomst av människor, verksamheter, arter eller ekosystem, miljöfunktioner, tjänster, resurser, infrastruktur eller ekonomiska, sociala eller kulturella tillgångar på platser och i situationer som skulle kunna påverkas (SIS, 2019a).
Fara	Potentiell källa till skada (SIS, 2019a).
Indikator	Kvantitativ, kvalitativ eller binär variabel som kan mätas eller beskrivas som svar på ett definierat kriterium (SIS, 2019a).
Klimatindikator	En klimatindikator är ett mått som används för att visa förändringar eller på ett enkelt sätt göra ganska komplexa fenomen tydliga. Det kan bestå av års-, säsongs- eller månadsvärden av olika parametrar som beskriver klimatet. Det kan även vara en kombination av flera parametrar som tillsammans är viktiga kopplat till exempelvis verksamhet inom en specifik sektor (Nationella expertrådet för klimatanpassning, 2022).
Klimat	Statistisk beskrivning av väder med hjälp av medelvärden och variabilitet för relevanta kvantiteter under en tidsrymd som varierar från några månader till tusentals eller miljontals år (SIS, 2019a).
Klimatanpassning	Anpassning till klimatförändringar. Process för att uppnå anpassning till ett faktiskt eller förväntat klimat och dess effekter (SIS, 2019a).
Klimatförändring	Förändring av klimatet som varierar under längre tid, vanligtvis några årtionden eller ännu längre (SIS, 2019a).
Klimatprojektion	Simulering av hur det klimatrelaterade systemet kan reagera i ett scenario med vissa framtida utsläpp eller koncentrationer av växthusgaser eller aerosoler, vanligtvis baserad på klimatmodeller (SIS, 2021).
Klimatrisk	Risker som uppkommer till följd av klimatförändringar är den potentiella påverkan som klimatförändringarna kan få på våra samhällen och ekonomier samt på miljön (SIS, 2021).
Känslighet	Den utsträckning i vilken ett system eller en art påverkas, antingen negativt eller positivt, av variabiliteten hos en eller flera förändringar av klimatet (SIS, 2021).
Påverkan	Effekt på naturliga och mänskliga system (SIS, 2019a).
Risk	Osäkerhetens effekt (SIS, 2019a).
System	Grupp av samverkande eller varandra påverkande element (SIS, 2021).
Sårbarhet	Tendens eller benägenhet att påverkas negativt (SIS, 2019a).

Bilaga B: Lista över potentiell klimatpåverkan enligt CEA

CEA (CEA, 2020) presenterar i sitt Appendix 3 en lista över potentiell klimatpåverkan för elbranschen med sektorerna produktion, transmission och distribution. I det följande presenteras den påverkan som berör elproduktion med vattenkraft och dammsäkerhet.

1. Förändringar i årliga och/eller säsongsmässiga mönster

a. Förändringar i medelårs- och/eller säsongstemperatur

- Högre omgivningstemperatur påverkar elbehovet och tillhörande belastningar på nätet
- Högre omgivningstemperatur kan medföra ökade underhållskrav
- Högre omgivningstemperatur kan ge upphov till arbetsmiljöfrågor (t.ex. komfortnivåer och humidex-avläsningar) för underhålls- och driftspersonal.
- När sommartopparna ökar i vissa jurisdiktioner kan balansen mellan långsiktiga energiavtal påverkas (t.ex. blandningen av "mångfaldsavtal" mellan vintertoppar och sommartoppar jurisdiktioner).

b. Förändringar i vattentillgången

- Cirka 60% av Kanadas elproduktion är vattenkraft, så stora förändringar i vattentillgången kan potentiellt ha betydande försörjning, tillförlitlighet, tilläggstjänster och planeringseffekter på elsystemet, särskilt i provinser där vattenkraftproduktion spelar en central roll.
- Vattenproduktion är beroende av en resurs med konkurrerande användningsområden: sjöar och floder används också för fiske, rekreation, transport, vattenförbrukning, bevattning etc. En förändring av vattentillgången (t.ex. en långvarig torka på sommaren) kan påverka flera användningsområden samtidigt, vilket skapar potential för spänningar och konflikter.
- Vattenkraftsverksamheten kan behöva ändras för att hantera ökad risk för översvämningar uppströms eller nedströms.

c. Förändringar i typ, tidpunkt och intensitet av nederbörd

- Vind / regn kombination kan orsaka skador på byggnadsverk.
- Kraftig nederbörd kan leda till översvämningar, vilket resulterar i olje- / kemikalieutsläpp.
- Potential att överbelasta stormdränering, vilket leder till översvämningar (översvämning av underjordiska valv och ytinfrastuktur) och relaterade skador och avbrott (se även översvämningar över land som diskuteras nedan)
- Potential att påskynda korrosion av stålkomponenter.

- Nederbörd kan orsaka förändringar i tillgångarnas underhålls- och rengöringsbehov (t.ex. korrosion av transformatorer tillverkade av vanligt stål, ruttning av träkonstruktioner på grund av ökad fukt etc.).
- Kan påverka reservoarhanteringen.
- Frysande regn kan orsaka ispåväxt på överliggande ledare.

d. Förändringar i avrinning och markförhållanden

- Erosion kan orsaka skador på infrastrukturen.
- Mättnad eller destabilisering av marken kan påverka släntstabiliteten och orsaka skredrisk.

e. Förändringar i snötäckets omfattning och varaktighet (t.ex. tidpunkt för vårmsmältning), permafrostsmältning och isförhållanden (t.ex. fördjupning av årlig upptining).

- Förändringar av vinterförhållandena på avlägsna platser, inklusive is-/upptiningsfrysningar, kan ge upphov till underhålls- och/eller säkerhetsproblem
- Tjällossning, t.ex. från upptiningskänslighet och sättning av permafrost, kan påverka marken och integriteten hos strukturer - t.ex. fysisk skada på asfalt och betong; misslyckande av fördämningar och inneslutning; och äventyrad stabilitet hos stolpfundament, kraftledningstorn, valv och kabelkammare.
- Kan påverka magasinsfyllnad och tidpunkt för fyllnad i förhållande till sommarens högsta efterfrågan.
- En ökning av cykler för frysning och tining accelererar nedbrytningen.

2. Ökande frekvens, intensitet och/eller varaktighet av extrema händelser

a. Värmeböljor

- Bulkraftsystem kan utmanas i sin förmåga att möta toppbelastning.
- Kan orsaka risker för arbetstagarnas säkerhet och komfort.
- Minskad kapacitet hos transformatorer kan leda till snabbare nedbrytning av transformatorisolering, ökade underhållsbehov och förkortade livslängder för krafttransformatorer och batterier.

b. Torka och skogsbrand

- Kan orsaka skador på infrastruktur från bränder och ökade underhållskostnader.
- Kan blockera åtkomst till utrustning som behöver åtgärd eller reparation.
- Kan hota anställdas och samhällets säkerhet, inklusive primärt hot från händelse och sekundära hot från evakuering.

c. Vind händelser

- Tornados kan skada betongstolpar och andra permanenta strukturer.

d. Stora nederbördshändelser, översvämningar över land och stormfloder

- Översvämningar kan äventyra reservkraftaggregat som ger nödkraft.
- Större nederbörd kan äventyra den effektiva inneslutningsvolymen.
- Potential för jordskred, erosion och ansamling av lera och flytgod, vilket leder till skador på infrastrukturen och påverkar släntstabiliteten.
- Kan orsaka vatteninträngning i elektriska kablar och sprickbildning av kabelisolering.
- Översvämningar kan leda till ansamling av gytta och skräp i damm reservoaren.
- Översvämmade källare eller installationer kan leda till skador på infrastrukturen, t.ex. översvämningar av underjordiska valv och ytinфраstruktur. skador på batterier, ställverk, underjordiska försörjningssystem och låglänta transformatorstationer; och relaterade skador och avbrott.
- Kan orsaka ökade risker för jordskred, kusterosion och infrastrukturskador.
- Kan äventyra stabiliteten i fundament för kraftledningsstolpar och orsaka skador på grund av landrörelse.
- Mättnad eller destabilisering av marken kan påverka lutningsstabiliteten och orsaka risk för jordskred.
- Kan orsaka svårigheter att komma åt utrustning och försämrade förmåga hos reparationspersonal att rycka ut och återställa service.
- Kan hämma akutteamens förmåga att reagera snabbt och effektivt.
- Kan påverka infrastrukturen, inklusive skador på dränerings- och avloppssystem.

e. Isstormar och underkylt regn

- Isbildning direkt på torn, isolatorer, kabelledningar och tornarmar kan orsaka att linjer faller eller stolpar bryts under isens vikt.
- Fallande träd och grenar på grund av is/snö kan leda till en betydande ökning av trädkontakter med ledningar, vilket orsakar strömavbrott genom kortslutning och brott på ledningsstolpar.
- Ökad saltanvändning gör att utrustningen korroderar snabbare, vilket leder till för tidigt åldrande och behovet av ytterligare rengöring och underhåll.
- Kan orsaka allvarliga serviceeffekter för kunderna.

f. Åskväder

- Ökad potential för blixtnedslag kan leda till skador på utrustning och / eller avbrott i leverans.

3. Förändringar i ekosystemet

a. Förändringar i artutbredningsområde eller reproduktionsmönster för växter och djur.

- Förändringar av vattentemperatur och vattennivåer kan också påverka fiskpopulationerna, vilket leder till regeländringar för vattenkraftverk.

b. Patogener, skadedjur och sjukdomar

- Vektorburna sjukdomar kan uppstå eller återuppstå, vilket ökar exponeringen av utomhusarbetare för West Nile-virus, borrelia etc.
- Zoonotiska (t.ex. gnagarburna) sjukdomar kan uppstå eller återuppstå.
- Vattenburna sjukdomar kan uppstå eller återuppstå.

c. Varaktighet av växtsäsongen

- Kan påverka vegetationshantering – underhåll, drift och tillförlitlighet.

d. Havsnivåhöjning

- Saltvatten har potential att orsaka skador.
- Ökad kusterosion och översvämningar har potential att orsaka storskalig förlust av kustnära egendom och infrastruktur. En höjning av havsnivån kan påverka anläggningar i kustområden.
- Kan påverka avståndet för rensning mellan vatten och ledningar.
- Ökad risk för översvämningar och erosion av kustområden kan förvärra andra faror, såsom drivis och isvallar.

Bilaga C: Effektkedjor för klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten

Bilaga C-1: Effektkedjor – antal / fördelning på de 5 klimatparametrarna av tillfällig / varaktig karaktär – 1 (1)

Klimatparameter Effektkedjor	Temperatur	Nederbörd	Vind	Kombination	Havsnivå	Totalt
	Tillfällig / Varaktig	Tillfällig / Varaktig	Tillfällig / Varaktig	Tillfällig / Varaktig	Tillfällig / Varaktig	Tillfällig / Varaktig
Omvärld	- / 4	1 / -	1 / -	- / 1	- / -	2 / 5
Flöden	1 / 4	2 / 2	- / -	- / 2	- / -	3 / 8
Kontrollerande	3 / 7	8 / 1	4 / -	6 / -	- / -	21 / 8
Avbördande	2 / 3	3 / -	- / -	3 / 1	- / 1	8 / 5
Dämmande	2 / 3	1 / -	2 / 1	- / 1	- / 1	5 / 6
Totalt	8 / 21	15 / 3	7 / 1	9 / 5	0 / 2	39 / 32

Bilaga C-2: Effektkedjor för klimatförändringar vars effekter på omvärlden kan påverka dammsäkerheten – 1 (1)

Klimatförändring	FARA		MELLANLIGGANDE EFFEKTER			IDENTIFIERING AV RISK	
	Klimatindikator (Källa)	Påverkan / effekt	Effekt av påverkan - 1	Effekt av påverkan - 2	Funktionell påverkan	Beskrivning av risken	Var risk kan föreligga
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - år/årstid (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Fler och intensivare skyfall leder till översvämningar >	> Översvämningar kan leda till utsläpp av föroreningar i vattendrag >	> Utsläpp i vattendrag kan leda till akut behov att förändra flödet >	> Akut förändring av flödet kan påverka både dämmande och avbördande funktionen >	> Påverkan på dämmande / avbördande funktionen kan öka risken för haveri >	> Vattendrag med närhet till potentiella utsläpp >
V > Långvarigt kraftig vind >	T - Ej identifierad	>>	> Hög produktion av vindkraft lokalt kan leda till snabb nedreglering av vattenproduktion lokalt till följd av nätbegränsningar >	> Snabb nedreglering kan leda till ökad magasinstrykning och/eller behov av spill >	> Snabb ökning av magasinstrykning / spill kan påverka dämmande / avbördande funktionen >	> Påverkan på dämmande / avbördande funktionen kan öka risken för haveri >	> Dammanläggningar i område med mycket vindkraft >
K > Minskad vattenföring >	V - Vattenföring (medel) - år/månad (SMHI klimatscenariotjänst - H)	>>	> Minskad vattenföring kan leda till ökad konkurrens om vattenresurser för fritidsändamål, bevattning mm >	> Ökad konkurrens om vattenresurser kan leda till ändrade förutsättningar för reglering >	> Förändrade förutsättningar kan påverka både dämmande och avbördande funktionen >	> Påverkan på dämmande / avbördande funktionen kan öka risken för haveri >	> Vattendrag med närhet till konkurrerande intressen >
T > Högre temperatur >	V - Lufttemperatur - år/månad (SMHI klimatscenariotjänst - H)	> Högre temperatur leder till varmare vatten i sjöar och vattendrag >	> Varmare ytvatten kan leda till påverkan på fiskpopulationer >	> Påverkan på fiskpopulationer kan leda till förändrade förutsättningar för reglering >	> Förändrade förutsättningar kan påverka både dämmande och avbördande funktionen >	> Påverkan på dämmande / avbördande funktionen kan öka risken för haveri >	> Vattendrag med låg regleringsgrad och värdefulla fiskpopulationer >
T > Högre temperatur >	V - Temperatur - år/årstid (SMHI klimatscenariotjänst - M)	>>	> Högre temperatur leder till mindre behov av uppvärmning och elenergi >	> Mindre behov av elenergi kan leda till ökad magasinstrykning >	> Förändrade förutsättningar kan påverka både dämmande och avbördande funktionen >	> Påverkan på dämmande / avbördande funktionen kan öka risken för haveri >	> Dammanläggningar generellt men särskilt dem med lägre krav på avbördningsförmåga >
T > Högre temperatur under sommaren > > Fler värmeböljor >	V - Temperatur - år/årstid Maxtemperatur - årstid Längsta värmeböljan - dygn > 25°C Tropiska dygn - år (SMHI klimatscenariotjänst - M)	>>	> Högre temperatur under sommaren och fler värmeböljor kan leda till behov av ökad kylning i samhället >	> Ökat behov av kylning under sommaren kan leda till behov av ökad effekt med fler aggregat i drift >	> Ökat behov av fler aggregat i drift under sommaren kan leda till behov av underhåll under andra årstider >	> Behov av underhåll under andra årstider påverkar underhållsverksamheten >	> Dammanläggningar generellt >
T > Högre temperatur under sommaren > > Fler värmeböljor >	V - Temperatur - år/årstid Maxtemperatur - årstid Längsta värmeböljan - dygn > 25°C Tropiska dygn - år (SMHI klimatscenariotjänst - M)	>>	> Högre temperatur under sommaren och fler värmeböljor kan leda till behov av ökad kylning i samhället >	> Ökat behov av kylning under sommaren kan leda till ökat energibehov >	> Ökat energibehov kan leda till minskad magasinstrykning >	Möjlighet för dammsäkerhet	> Magasin i hela landet >

Bilaga C-3: Effektkedjor för klimatförändringar vars effekter på flöden kan påverka dammsäkerheten – 1 (1)

Klimatförändring	FARA		MELLANLIGGANDE EFFEKTER			IDENTIFIERING AV RISK	
	Klimatindikator (Källa)	Påverkan / effekt	Effekt av påverkan - 1	Effekt av påverkan - 2	Funktionell påverkan	Beskrivning av risken	Var risk kan föreligga
P > Extrem nederbörd under vintern >	T - Nederbörd - månad (SMHI klimatscenariotjänst - H)	> Extrem nederbörd under vintern leder till ökat behov av spill under vintern >	> Behov av spill under vintern kan leda till behov av fler luckor än vad som är anpassade för vinterdrift >	> Behov att ta en lucka i drift snabbt kan leda till svårigheter >	> Svårigheter att spilla genom utskov kan leda till överdämning och överströmning >	> Överdämning och överströmning ökar risk för dammhaveri >	> Strömkräftverk >
P > Extrem nederbörd över stora områden >	T - Frekvens Haldoregn - dygn > 90 mm Volym 14-dagars nederbörd (Flödeskonferensen)	> Extrem nederbörd över stora områden leder till extrem tillrinning >	> Extrem tillrinning kan leda till fulla magasin och behov av spill >	> Behov av spill vid fulla magasin kan leda till att kapaciteten överskrids >	> Överskriden avbördningsförmåga kan leda till överdämning och överströmning >	> Överdämning och överströmning ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar generellt men särskilt dem med måttlig och liten betydelse från samhällelig synpunkt >
P > Ökad nederbörd >	V - Nederbörd - år/månad Effektiv nederbörd (SMHI klimatscenariotjänst - H)	> Ökad nederbörd leder till ökad tillrinning >	> Ökad tillrinning kan leda till ökad magasinssyffnad >	> Ökad magasinssyffnad kan leda till spill och överskriden avbördningsförmåga >	> Överskriden avbördningsförmåga kan leda till överdämning och överströmning >	> Överdämning och överströmning ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar generellt men särskilt dem med måttlig och liten betydelse från samhällelig synpunkt >
P > Ökad nederbörd under vintern >	V - Nederbörd - år/månad Effektiv nederbörd Snövattninnehåll (max) (SMHI klimatscenariotjänst - H) Uppföljning maximala snötäcknen (Flödeskonferensen ?)	> Ökad nederbörd under vintern leder till ökat snötäckne >	Ökat snötäckne kan leda till högre vårflod >	> Högre vårflod kan leda till ökad magasinssyffnad >	> Ökad magasinssyffnad ökar risk för spill och överskriden avbördningsförmåga >	> Överdämning och överströmning ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar generellt men särskilt dem med måttlig och liten betydelse från samhällelig synpunkt >
T > Högre temperatur under våren >	T - Lufttemperatur - år/månad Maxtemperatur - årstid (SMHI klimatscenariotjänst - H - M)	> Högre temperatur under våren leder till intensivare snösmältning >	> Intensivare snösmältning kan leda till intensivare vårflod >	> Intensivare vårflod kan leda till ökad magasinssyffnad, spill och överskriden avbördningsförmåga >	> Överskriden avbördningsförmåga kan leda till överdämning och överströmning >	> Överdämning och överströmning ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar generellt men särskilt dem med måttlig och liten betydelse från samhällelig synpunkt >
T > Högre temperatur >	V - Lufttemperatur - år/månad (SMHI klimatscenariotjänst - H)	> Högre temperatur leder till avsmältning av glaciärer som på kort sikt leder tillrinning till vattenmagasinen >	> Ökad tillrinning till vattenmagasinen kan leda till ökad magasinssyffnad på kort sikt >	> Ökad magasinssyffnad på kort sikt kan leda till spill och överskriden avbördningsförmåga >	> Överskriden avbördningsförmåga kan leda till överdämning och överströmning på kort sikt >	> Överdämning och överströmning ökar risk för dammhaveri på kort sikt >	> Dammanläggningar i Luleälven och Skellefteälven >
T > Högre temperatur >	V - Lufttemperatur - år/månad (SMHI klimatscenariotjänst - H)	> Högre temperatur leder till avsmältning av glaciärer som på längre sikt leder till lägre basflöden >	> Minskad tillrinning till vattenmagasinen kan leda till minskad magasinssyffnad på längre sikt >	> Minskad magasinssyffnad på längre sikt kan leda till mindre spill och mindre risk för överskriden avbördningsförmåga >	>>	> Mindre spill och mindre risk för överskriden avbördningsförmåga minskar risk för dammhaveri på längre sikt >	> Dammanläggningar i Luleälven och Skellefteälven >
T > Högre temperatur under våren >	V - Lufttemperatur - år/månad Maxtemperatur - årstid (SMHI klimatscenariotjänst - H - M) Vårflodens start (Flödeskonferensen ?)	> Högre temperatur under våren leder till tidigare snösmältning >	> Tidigare snösmältning kan leda till tidigare vårflod >	Tidigare vårflod kan leda till tidigare magasinssyffnad >	>>	> Tidigare vårflod innebär varken en risk eller möjlighet >	>>
T > Högre temperatur under våren >	V - Lufttemperatur - år/månad Maxtemperatur - årstid (SMHI klimatscenariotjänst - H - M)	> Högre temperatur under våren leder till tidigare snösmältning >	> Tidigare snösmältning leder till minskat maximalt snötäckne >	> Minskat maximalt snötäckne kan leda till minskad vårflod >	> Minskad vårflod kan leda till minskad magasinssyffnad >	> Minskad magasinssyffnad minskar risken för dammhaveri >	> Dammanläggningar i mindre vattendrag >
K > Längre och fler torrperioder med värmeböljor >	V - Längsta torrperiod - dygn Antal torra dagar - dygn Längsta värmeböljan - dygn > 25°C (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Längre torrperioder och värmeböljor leder till ökad avdunstning och låg tillrinning >	> Låg tillrinning under längre tid kan leda till minskad magasinssyffnad >	>>	>>	> Minskad magasinssyffnad minskar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar i mindre vattendrag >
K > Minskad vattenföring >	V - Vattenföring (medel) - år/månad (SMHI klimatscenariotjänst - H)	>>	> Minskad vattenföring kan leda till minskad magasinssyffnad >	>>	>>	> Minskad magasinssyffnad minskar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar i mindre vattendrag >

Bilaga C-4: Effektkedjor för klimatförändringar som kan påverka den kontrollerande funktionen – 1 (2)

Klimatförändring	FARA		MELLANLIGGANDE EFFEKTER			IDENTIFIERING AV RISK	
	Klimatindikator (Källa)	Påverkan / effekt	Effekt av påverkan 1	Effekt av påverkan 2	Funktionell påverkan	Beskrivning av risken	Var risk kan föreligga
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till vatteninträngning i kablar, kabelskåp och kabelstråk >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till sämre stabilitet i fundament för kraftledningsstolpar som kan leda till kortslutning eller haveri >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	Sämr	
K > Underkylt regn och isstormar oftare och intensivare >	T - Ej identifierad	> Underkylt regn och isstormar leder till isbildning >	> Isbildning på torn, isolatorer, kraftledningar och tornarmer kan leda till att kraftledningar oftare kortsluts eller havererar >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	tillförlitlighet	
K > Fler och kraftigare snöfall >	T - Ej identifierad	> Fler och kraftigare snöfall leder till efterföljande isbildning på grenar och träd >	> Isbildning på grenar och träd kan leda till att kraftledningar oftare kortsluts eller havererar >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	i	
V > Fler och starkare stormar >	T - Ej identifierad	> Fler och starkare stormar leder till fler vindfällor >	> Fler vindfällor kan leda till att kraftledningar oftare kortsluts eller havererar >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	den	
V > Fler och starkare stormar >	T - Ej identifierad	>>	> Fler och starkare stormar kan orsaka fler skador på byggnader, master och stolpar >	> Fler skador på master och stolpar kan leda till fler störningar i överliggande data- och telekommunikation >	> Fler störningar i data- och telekommunikation kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	kontrollerande	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till vatteninträngning i kablar, kabelskåp och kabelstråk >	> Vatteninträngning i kablar kan leda till störning i data- och telekommunikation >	> Fler störningar i data- och telekommunikation kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	kan	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till skador på anläggningar och utrustning >	>>	> Fler skador på anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	leda	
K > Fler åskväder med blixtnedslag >	T - Ej identifierad	>>	> Fler åskväder med blixtnedslag kan leda till fler skador på anläggningar och utrustning >	>>	> Fler skador på anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	till	
K > Fler åskväder med blixtnedslag >	T - Ej identifierad	> Fler åskväder med blixtnedslag leder till fler skogsbränder >	> Fler skogsbränder kan leda till fler skador på anläggningar och utrustning >	>>	> Fler skador på anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	sen	
T > Längre och fler torrperioder med värmeböljor >	T - Längsta torrperiod - dygn Antal torra dagar - dygn Längsta värmeböljan - dygn > 25°C (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Längre och fler torrperioder med värmeböljor leder till fler skogsbränder >	> Fler skogsbränder kan leda till fler skador på anläggningar och utrustning >	>>	> Fler skador på anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	felaktiga	
T > Högre temperatur > > Fler värmeböljor >	T - Temperatur - årårmånad Längsta värmeböljan - dygn > 25°C Tropiska dygn - år (SMHI klimatscenariotjänst - M)	>>	> Högre temperatur och värmeböljor kan leda till snabbare nedbrytning av isolering, lägre kapacitet och kortare livslängd hos transformatorer, batterier och andra elektriska komponenter >	> Kortare livslängd hos elektriska komponenter kan leda till försämrad eller utebliven funktion >	> Fler skador på anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	eller	
T > Fler värmeböljor >	T - Längsta värmeböljan - dygn > 25 °C Tropiska dygn - år	>>	> Extrem temperatur kan leda till svårare arbetsförhållanden för personal >	> Svårare arbetsförhållanden kan kräva mer tid för återhämtning >	> Mer tid för återhämtning kan leda till sena eller uteblivna driftåtgärder >	uteblivna	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till svårare arbetsförhållanden för personal >	> Svårare arbetsförhållanden kan kräva mer tid för återhämtning >	> Mer tid för återhämtning kan leda till sena eller uteblivna driftåtgärder >	driftåtgärder	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till översvämningar som försämrar åtkomst till reserv- och nödutrustning >	> Försämrad åtkomst till reserv- och nödutrustning kan leda till att mer tid krävs >	> Mer tid för att komma till anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	som	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till sämre stabilitet i fundament för kraftledningsstolpar som kan leda till kortslutning eller haveri >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	kan	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till sämre stabilitet i fundament för kraftledningsstolpar som kan leda till kortslutning eller haveri >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	påverka	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till sämre stabilitet i fundament för kraftledningsstolpar som kan leda till kortslutning eller haveri >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	den	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till sämre stabilitet i fundament för kraftledningsstolpar som kan leda till kortslutning eller haveri >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	dämmande	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till sämre stabilitet i fundament för kraftledningsstolpar som kan leda till kortslutning eller haveri >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	och	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till sämre stabilitet i fundament för kraftledningsstolpar som kan leda till kortslutning eller haveri >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	avbördande	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till sämre stabilitet i fundament för kraftledningsstolpar som kan leda till kortslutning eller haveri >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	funktionen	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årårstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till sämre stabilitet i fundament för kraftledningsstolpar som kan leda till kortslutning eller haveri >	> Fler kortslutna eller havererade kraftledningar kan leda till fler störningar i ordinarie kraftförsörjning >	> Fler störningar i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	

Bilaga C-4: Effektkedjor för klimatförändringar som kan påverka den kontrollerande funktionen – 2 (2)

Klimatförändring	FARA		MELLANLIGGANDE EFFEKTER			IDENTIFIERING AV RISK	
	Klimatindikator (Källa)	Påverkan / effekt	Effekt av påverkan 1	Effekt av påverkan 2	Funktionell påverkan	Beskrivning av risken	Var risk kan föreligga
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årförstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	> Fler och intensivare skyfall leder till mättad mark >	> Mättad mark kan leda till sämre stabilitet i slänter och branter med erosion och skred vid tillfartsvägar som kan leda till sämre framkomlighet >	> Sämre framkomlighet på tillfartsvägar kan leda till att mer tid krävs för att komma till anläggningar och utrustning >	> Mer tid för att komma till anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
P > Ökad nederbörd >	V - Nederbörd - årfmånad Markfuktighet (medel) Markavrinning (medel) (SMHI klimatscenariotjänst - H)	> Ökad nederbörd leder till mättad mark >	> Mättad mark kan leda till sämre stabilitet i slänter och branter med erosion och skred vid tillfartsvägar som kan leda till sämre framkomlighet >	> Sämre framkomlighet på tillfartsvägar kan leda till att mer tid krävs för att komma till anläggningar och utrustning >	> Mer tid för att komma till anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årförstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Frekvens Haldoregn (Flödeskonferensen)	> Fler och intensivare skyfall leder till lokala översvämningar >	> Lokala översvämningar på tillfartsvägar kan leda till sämre framkomlighet >	> Sämre framkomlighet på tillfartsvägar kan leda till att mer tid krävs för att komma till anläggningar och utrustning >	> Mer tid för att komma till anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
T > Högre temperatur under vintern >	V - Kalla dygn (max<-7°C) Frostdygn (< 0°C) (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Högre temperatur under vintern leder till mindre köldmängd och minskad tjäle>	> Minskad tjäle kan leda till mer skador på tillfartsvägar och sämre framkomlighet >	> Sämre framkomlighet på tillfartsvägar kan leda till att mer tid krävs för att komma till anläggningar och utrustning >	> Mer tid för att komma till anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
T > Högre temperatur under vintern >	V - Kalla dygn (max<-7°C) Frostdygn (< 0°C) (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Högre temperatur under vintern leder till mindre köldmängd och minskad tjäle>	> Minskad tjäle kan leda till fler vindfällen över tillfartsvägar och sämre framkomlighet >	> Sämre framkomlighet på tillfartsvägar kan leda till att mer tid krävs för att komma till anläggningar och utrustning >	> Mer tid för att komma till anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
V > Fler och starkare stormar >	T - Ej identifierad	>>	> Fler och starkare stormar kan leda till fler vindfällen över tillfartsvägar och sämre framkomlighet >	> Sämre framkomlighet på tillfartsvägar kan leda till att mer tid krävs för att komma till anläggningar och utrustning >	> Mer tid för att komma till anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
V > Fler och starkare stormar >	T - Ej identifierad	> Fler och starkare stormar leder till ökning av snödrev >	> Snödrev på tillfartsvägar kan leda till sämre framkomlighet >	> Sämre framkomlighet på tillfartsvägar kan leda till att mer tid krävs för att komma till anläggningar och utrustning >	> Mer tid för att komma till anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
K > Fler åskväder med blixtnedslag >	T - Ej identifierad	> Fler åskväder med blixtnedslag leder till fler skogsbränder >	> Fler skogsbränder vid tillfartsvägar kan leda till sämre framkomlighet >	> Sämre framkomlighet på tillfartsvägar kan leda till att mer tid krävs för att komma till anläggningar och utrustning >	> Mer tid för att komma till anläggningar och utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
K > Fler åskväder med blixtnedslag >	T - Ej identifierad	> Fler åskväder med blixtnedslag leder till fler skogsbränder >	> Skogsbränder kan leda till drabbade samhällen och behov av evakuering >	> Evakuering kan leda till att anställda inte kan komma till jobbet >	> Ökad frånvaro kan leda till ökad belastning på personal i tjänst som kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
T > Högre temperatur >	V - Temperatur - årförstid (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Högre temperatur leder till varmare vatten i sjöar och vattendrag (ytvatten) >	> Varmare ytvatten kan leda ökning av vektorburna (smittbärande insekter mm) sjukdomar >	> Vektorburna sjukdomar (som borrelia, West Nile-virus, etc.) kan leda till ökad sjukfrånvaro >	> Ökad frånvaro kan leda till ökad belastning på personal i tjänst som kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
T > Högre temperatur >	V - Temperatur - årförstid (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Högre temperatur leder till varmare vatten i sjöar och vattendrag (ytvatten) >	> Varmare vatten kan leda ökning zoonotiska (djur till människa) sjukdomar som influensor >	> Fler influensor kan leda till ökad sjukfrånvaro >	> Ökad frånvaro kan leda till ökad belastning på personal i tjänst som kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
T > Högre temperatur >	V - Temperatur - årförstid (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Högre temperatur leder till varmare vatten i sjöar och vattendrag (ytvatten) >	> Varmare ytvatten kan leda ökning av vattenburna sjukdomar som mag- och tarminfektioner >	> Fler mag- och tarminfektioner kan leda till ökad sjukfrånvaro >	> Ökad frånvaro kan leda till ökad belastning på personal i tjänst som kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
T > Högre temperatur >	V - Temperatur - årförstid (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Högre temperatur leder till längre vegetationsperiod >	> Längre vegetationsperiod kan leda till mer vegetation på och runt dammar >	> Mer vegetation på och runt dammar kan försvåra upptäckt av svagheter >	> Försvårad upptäckt av svagheter kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	
T > Högre temperatur >	V - Temperatur - årförstid (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Högre temperatur leder till varmare sjöar och vattendrag som kan leda till fler invasiva arter, ökad vegetation och algtillväxt >	> Invasiva arter, vegetation och algtillväxt kan leda till påväxt på utrustning under och vid vattenytan >	> Påväxt vid pöglar kan leda till felaktig vattennivåmätning >	> Felaktig vattennivåmätning kan leda till sämre tillförlitlighet i den kontrollerande funktionen >	>	

Bilaga C-5: Effektkedjor för klimatförändringar som kan påverka den avbördande funktionen – 1 (1)

Klimatförändring	FARA		MELLANLIGGANDE EFFEKTER				IDENTIFIERING AV RISK	
	Klimatindikator (Källa)	Påverkan / effekt	Effekt av påverkan - 1	Effekt av påverkan - 2	Effekt av påverkan - 3	Funktionell påverkan	Beskrivning av risken	Var risk kan föreligga
T > Högre temperatur under vintern >	V - Lufttemperatur - år/månad (SMHI klimatscenariojänst - H)	> Högre temperatur som leder till senare isläggning som kan leda till kravis och isproppar > > Högre temperatur som leder till varmare vatten i sjöar och vattendrag som kan leda till fler invasiva arter, ökad vegetation och skogsbrand >	> Kravis och isproppar kan leda till stopp av aggregat och nedreglering >	> Stopp av aggregat kan leda till behov av spill genom utskov >	> Spill på vintern kan leda till ispåväxt på ledmurar som leder till minskad stabilitet >	> Minskad stabilitet för ledmurar kan leda till haveri i avbördningsfunktion >	> Haveri i avbördningsfunktion kan leda till erosion nedströms som kan leda till dammhaveri >	> Strömkraftverk i kalla regioner >
T > Högre temperatur >	V - Temperatur - år/årstid (SMHI klimatscenariojänst - M)	> Högre temperatur som leder till varmare vatten i sjöar och vattendrag som kan leda till fler invasiva arter, ökad vegetation och skogsbrand >	> Påväxt vid vattenintag kan leda till försämrad kylning och behov att stoppa aggregat >	> Stopp av aggregat kan leda till behov av spill genom utskov >	> Spill genom utskov ökar slitaget på mekaniska system och degradering av vattenvägar >	> Degradering av utskov och vattenvägar kan leda till sämre tillförlitlighet i den uteblivna funktionen >	> Sen eller utebliven funktion kan leda till överdämning och överströmning >	> Strömkraftverk i varma regioner >
T > Fler värmeböljor >	T - Längsta värmeböljan - dygn > 25°C Tropiska dygn - år	>>	> Fler värmeböljor kan leda till värmeutvidgning i mekaniska system som utskov mm >	> Värmeutvidgning kan leda till att utskov kilar fast >	> Tröghet och fastkänning kan leda till sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen >	> Sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen kan leda till sen eller utebliven funktion >	> Sen eller utebliven funktion kan leda till överdämning och överströmning >	>>
T > Högre temperatur > > Fler värmeböljor >	T - Lufttemperatur - år/månad Längsta värmeböljan - dygn > 25°C Tropiska dygn - år (SMHI klimatscenariojänst - H - M)	>>	> Högre temperatur och fler värmeböljor kan leda till snabbare nedbrytning av isolering, lägre kapacitet och kortare livslängd hos transformatorer, batterier och andra elektriska komponenter >	> Snabbare nedbrytning av elektriska komponenter kan leda till sämre tillförlitlighet i den avbördande funktionen >	>>	> Sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen kan leda till sen eller utebliven funktion >	> Sen eller utebliven funktion kan leda till överdämning och överströmning >	> Dammanläggningar i Svealand >
T > Ökad dygnsvariation i temperatur under vintern >	V - Dygnsamplitud temp. - år/årstid (SMHI klimatscenariojänst - M)	> Ökad dygnsvariation i temperatur under vintern leder till att istäckor sväller >	> Svällande istäckor kan leda till ökat istryck på utskovsluckor och utrustning >	> Ökat istryck på utskovsluckor och utrustning kan leda till buckling respektive skador >	> Buckling på utskovsluckor och skador på utrustning kan leda till sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen >	> Sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen kan leda till sen eller utebliven funktion >	> Sen eller utebliven funktion kan leda till överdämning och överströmning >	> Dammanläggningar i Norrland >
K > Ökad luftfuktighet >	V - Lufttemperatur - år/månad Nederbörd - år/månad (SMHI klimatscenariojänst - H)	> Högre temperatur och ökad nederbörd leder till ökad luftfuktighet >	> Ökad luftfuktighet kan leda till ökad korrosion i mekaniska system >	> Ökad korrosion kan leda till ökad degradering av mekaniska system >	> Degradering av mekaniska system kan leda till minskad tillförlitlighet >	> Sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen kan leda till sen eller utebliven funktion >	> Sen eller utebliven funktion kan leda till överdämning och överströmning >	>>
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - år/årstid (SMHI klimatscenariojänst - M) Uppföljning Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till erosion i vattendrag, mynningar och strandområden runt magasinet >	> Erosion i vattendrag, mynningar och strandområden kan leda till mer flytgods i magasinet >	> Mer flytgods i magasinet kan leda till sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen >	> Sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen kan leda till utebliven funktion >	> Sen eller utebliven funktion kan leda till överdämning och överströmning >	> Dammanläggningar med historik av flytgods >
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - år/årstid (SMHI klimatscenariojänst - M) Uppföljning Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare skyfall kan leda till vatteninträngning i kablar, kabelskåp och kabelstråk >	> Vatteninträngning i kablar kan leda till störning i kraftförsörjning >	> Störning i kraftförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen >	> Sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen kan leda till utebliven funktion >	> Sen eller utebliven funktion kan leda till överdämning och överströmning >	> Aldre kraftstationer >
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - år/årstid (SMHI klimatscenariojänst - M) Uppföljning Haldoregn (Flödeskonferensen)	> Fler och intensivare skyfall leder till lokala översvämningar >	> Lokala översvämningar kan leda till vattenflöde in i tillfartstunnlar och andra underjordiska anläggningar >	> Vattenflöde in i tillfartstunnlar och andra underjordiska anläggningar kan leda till stopp av aggregat >	> Stopp av aggregat kan leda till behov av spill genom utskov som kan leda till ökad degradering i mekaniska system och vattenvägar >	> Degradering i mekaniska system och vattenvägar kan leda till sämre tillförlitlighet och utebliven funktion >	> Sen eller utebliven funktion kan leda till överdämning och överströmning >	> Underjordsstationer >
K > Underkyllt regn och istormar oftare och intensivare >	T - Ej identifierat	>>	> Underkyllt regn och istormar kan leda till isbildning på avbördningsanordningar >	> Isbildning på avbördningsanordningar kan leda till sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen >	>>	> Sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen kan leda till sen eller utebliven funktion >	> Sen eller utebliven funktion kan leda till överdämning och överströmning >	>>
K > Fler åskväder med blixtnedslag >	T - Ej identifierat	>>	> Ökad frekvens av åskväder med blixtnedslag kan leda till att ordinarie kraftförsörjning slås ut >	> Utslagen ordinarie strömförsörjning kan leda till sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen >	>>	> Sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen kan leda till sen eller utebliven funktion >	> Sen eller utebliven funktion kan leda till överdämning och överströmning >	> Dammanläggningar utan redundans i nätanslutning >
H > Högre havsnivåer >	V - Havsnivå per kommun (SMHI - framtida medelvattenstånd)	> Högre havsnivåer som leder till salt havsvatten i vattendragens nedre delar >	> Högre havsnivåer kan leda till att salt havsvatten när kustnära dammanläggningar >	> Salt havsvatten vid dammanläggningar kan leda till ökad degradering och korrosion >	> Ökad korrosion kan leda till sämre tillförlitlighet på avbördningsanordningar >	> Sämre tillförlitlighet i avbördningsfunktionen kan leda till sen eller utebliven funktion >	> Sen eller utebliven funktion kan leda till överdämning och överströmning >	> Dammanläggningar längst nedströms i vattendragen >
K > Högre havsnivåer med kraftig pålandsvind >	T - Havsnivå per kommun (SMHI - framtida medelvattenstånd) - Ej identifierat	> Högre havsnivåer som leder till översvämningar i vattendragens nedre delar >	> Översvämningar i vattendragens nedre delar kan leda till behov av minskad tappning >	> Minskad tappning kan leda till ökad magasinstryck uppströms >	> Överdämning och överströmning ökar risken för dammhaveri >	>>	> Överdämning och överströmning ökar risken för dammhaveri >	>>

Bilaga C-6: Effektkedjor för klimatförändringar som kan påverka den dämmande funktionen – 1 (1)

Klimatförändring	FARA		MELLANLIGGANDE EFFEKTER			IDENTIFIERING AV RISK	
	Klimatindikator (Källa)	Påverkan / effekt	Effekt av påverkan - 1	Effekt av påverkan - 2	Funktionell påverkan	Beskrivning av risken	Var risk kan föreligga
V > Ändrad förhärskande vindriktning >	V - Ej identifierad	> Förhärskande vindriktning förändras >	> Förändrad vindriktning kan leda till ökade skador på erosionskydd >	> Skador på erosionskydd kan leda till ytterligare skadeutveckling vid överdämning och överströmning >	> Skadeutveckling vid överdämning och överströmning kan leda till erosion i dammkrön >	> Erosion i dammkrön ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar med vida magasin, smalt krön och litet fribord >
P > Fler och intensivare lokala skyfall >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20 mm/dygn) - år/årstid (SMHI klimatscenariotjänst - M) Uppföljning Haldoregn (Flödeskonferensen)	>>	> Fler och intensivare lokala skyfall kan leda till skador på dammkrön och anslutningar >	> Skador på dammkrön och anslutningar kan leda till ytterligare skadeutveckling vid överdämning och överströmning >	> Skadeutveckling vid överdämning och överströmning kan leda till erosion i dammkrön >	> Erosion i dammkrön ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar med smalt krön och litet fribord >
V > Fler och starkare stormar >	T - Ej identifierad	> Fler och starkare stormar leder till ökad vågbildning oftare >	> Kraftigare vågbildning oftare kan leda till ökade skador på erosionskydd både vid höga och låga magasinslägen >	> Skador på erosionskydd kan leda till ytterligare skadeutveckling vid överdämning och överströmning >	> Skadeutveckling vid överdämning och överströmning kan leda till erosion i dammkrön >	> Erosion i dammkrön ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar med smalt krön och litet fribord >
V > Fler och starkare stormar >	T - Ej identifierad	> Fler och starkare stormar leder till ökad snedställning oftare >	> Ökad snedställning oftare kan leda till högre magasinslägen >	> Ökad snedställning oftare kan leda till ytterligare skadeutveckling vid överdämning och överströmning >	> Skadeutveckling vid överdämning och överströmning kan leda till erosion i dammkrön >	> Erosion i dammkrön ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar med smalt krön och litet fribord >
T > Högre temperatur >	V - Temperatur - år/årstid (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Högre temperatur leder till längre vegetationsperiod >	> Längre vegetationsperiod kan leda till mer vegetation på och runt dammanläggningar >	> Mer vegetation på och runt dammanläggningar kan leda till ökad tillväxt av rötter >	> Ökad tillväxt av rötter kan leda till minskad täthet och stabilitet >	> Minskad täthet och stabilitet ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar med smalt krön och litet fribord >
T > Högre temperatur >	V - Temperatur - år/årstid (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Högre temperatur leder till längre vegetationsperiod >	> Längre vegetationsperiod kan leda till mer påväxt på betongkonstruktioner >	> Mer påväxt på betongkonstruktioner kan leda till ökad degradering >	> Ökad degradering leder till minskad täthet och stabilitet på betongkonstruktioner >	> Minskad täthet och stabilitet ökar risk för dammhaveri >	> Äldre betongkonstruktioner med historik av påväxt >
T > Fler nollgenomgångar >	V - Nollgenomgångar (dygn) (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Fler nollgenomgångar leder till en ökning av cykler för frysning och tining >	> Fler cykler för frysning och tining kan leda till ökad frostsprängning >	> Ökad frostsprängning kan leda till ökad degradering >	> Ökad degradering leder till minskad täthet och stabilitet på betongkonstruktioner >	> Minskad täthet och stabilitet ökar risk för dammhaveri >	> Äldre betongkonstruktioner med historik av frostsprängning >
T > Ökad dygnsvariation i temperatur >	T - Dygnsamplitud temp. - år/årstid (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Ökad dygnsvariation i temperatur under vintern leder till att istäcke sväller >	> Svällande istäcke kan leda till ökat istryck på dämmande konstruktioner och utrustning >	> Ökat istryck på dämmande konstruktioner och utrustning kan leda till sprickbildning och buckling >	> Sprickbildning i betongkonstruktioner kan leda till minskad täthet och stabilitet >	> Minskad täthet och stabilitet ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar med slanka betongkonstruktioner >
T > Fler värmeböljor >	T - Längsta värmeböljan - dygn > 25°C Tropiska dygn - år (SMHI klimatscenariotjänst - M)	>>	> Extrem temperatur kan leda till värmeutvidgning och spänningar i betongkonstruktioner >	> Spänningar i betongkonstruktioner kan leda till sprickbildning >	> Sprickbildning i betongkonstruktioner kan leda till minskad täthet och stabilitet >	> Minskad täthet och stabilitet ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar med slanka betongkonstruktioner >
K > Ökad luftfuktighet >	V - Temperatur - år/årstid Nederbörd - år/årstid (SMHI klimatscenariotjänst - M)	> Högre temperatur och ökad nederbörd leder till ökad luftfuktighet >	> Ökad luftfuktighet kan leda till ökad rutning av träkonstruktioner >	>>	> Ökad rutning av träkonstruktioner kan leda till minskad beständighet, täthet och stabilitet >	> Minskad täthet och stabilitet ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar med slanka betongkonstruktioner >
H > Högre havsnivåer >	V - Havsnivå per kommun (SMHI - framtida medelvattenstånd)	> Högre havsnivåer leder till att salt havsvatten när kustnära dammanläggningar >	> Salt havsvatten vid dammanläggningar kan leda till ökad degradering och korrosion >	>>	> Ökad degradering och korrosion på betongkonstruktioner kan leda till minskad beständighet, täthet och stabilitet >	> Minskad täthet och stabilitet ökar risk för dammhaveri >	> Dammanläggningar längst nedströms i vattendragen >

KLIMATFÖRÄNDRINGARNAS PÅVERKAN PÅ DAMMSÄKERHETEN

Klimatförändringar betraktas lämpligen som risker som integreras i det ordinarie dammsäkerhetsarbetet.

Effektkedjor har använts för att identifiera risker för dammsäkerheten på en generell nivå som kan ligga till grund för fortsatta analyser för specifika anläggningar och verksamheter.

I första hand är det redan kända risker som kan komma att förvärras av klimatförändringar som är aktuella avseende dammsäkerhet.

Arbetet med att följa klimatförändringar som kan ha betydelse för dammsäkerheten behöver fortsätta. Som en del av detta behöver fler klimatindikatorer tas fram.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se