



# KLIMATFÖRÄNDRINGARNAS PÅVERKAN PÅ DAMMSÄKERHETEN

*Litteraturgenomgång och  
inledande analys*

# Klimatförändringarnas påverkan på dammsäkerheten

Rapporten är resultatet av ett projekt som genomfördes under 2022.

Projektets syfte var inledningsvis att:

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

Projektets utökades efterhand med:

- Analys av klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten.

Projektet genomfördes av Claes-Olof Brandesten.

## KLIMATFÖRÄNDRINGARNAS PÅVERKAN PÅ DAMMSÄKERHETEN

RAPPORT 2022:908



# Klimatförändringarnas påverkan på dammsäkerheten

- Initiativtagare och referensgrupp till projektet var *Klimatkommittén*, för att bidra till underlaget för kommitténs arbete.
- *Klimatkommittén* – eller – ”Kommittén för dammsäkerhet i ett klimat i förändring” bildades av Svenska kraftnät, Energiföretagen, SveMin och SMHI.
- Syftet är att under 2021-23 värdera klimatfrågans betydelse för dammsäkerheten och stärka utvecklingen vad gäller avbördningssäkerhet och klimatanpassning av dammanläggningar.
- *Klimatkommittén* består av
  - Maria Bartsch och Anna Engström Meyer (Svenska kraftnät),
  - Peter Lindström, Agne Lärke, Björn Norell, Romanas Wolfsborg, Katarina Funning och Emma Wikner (Energiföretagen),
  - Hans Häggström och Sara Töyrä (SveMin),
  - Niclas Hjerdt och Jonas German (SMHI).

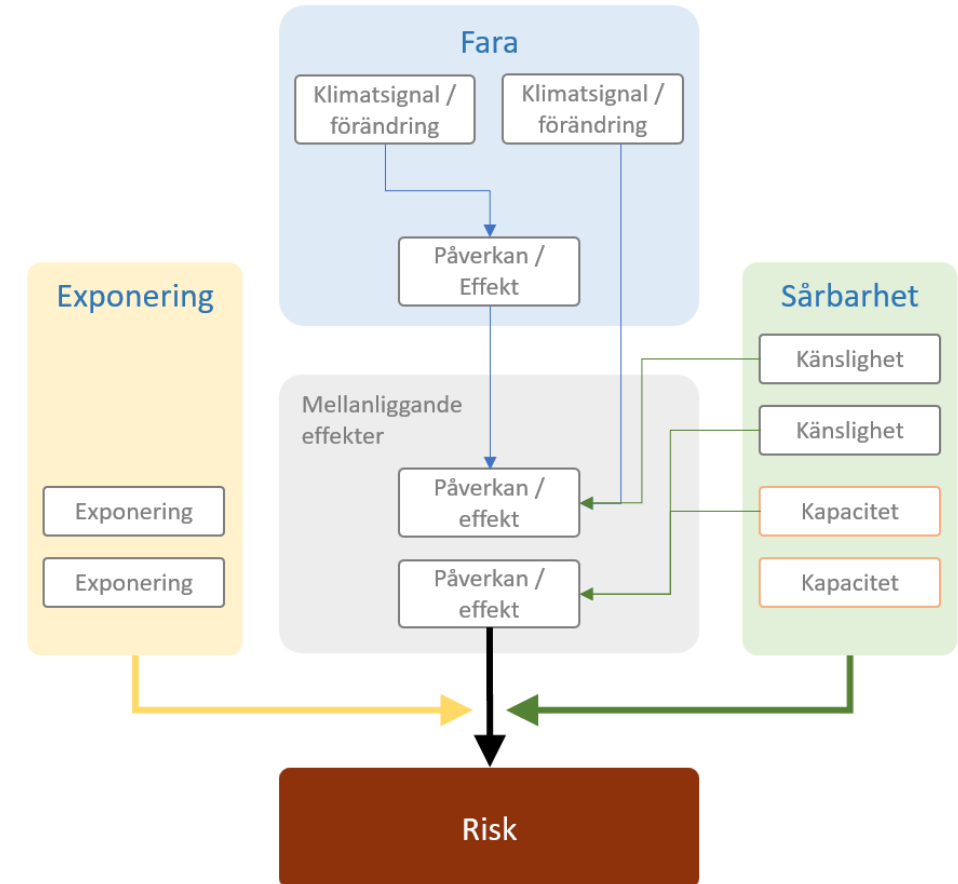
1 Inledning
▷ 2 Projektets genomförande
▷ 3 Litteraturgenomgång av metodik för analys av och anpassning till klimatförändringar
▷ 4 Identifiering av klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten
▷ 5 Inledande analys av klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten
▷ 6 Diskussion, slutsatser och rekommendationer
7 Referenslista
Bilaga A: Terminologi
Bilaga B: Lista över potentiell klimatpåverkan enligt CEA
Bilaga C: Effektkedjor för klimatförändringar som kan påverka dammsäkerheten

# Några begrepp – Bilaga A

- Fara – Potentiell källa till skada (SIS, 2019a).
- 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).
- Klimatförändring - förändring av klimatet som varierar under längre tid, vanligtvis några årtionden eller ännu längre (SIS, 2019a).
- Klimatindikator – 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).
- 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).
- Sårbarhet – tendens eller benägenhet att påverkas negativt (SIS, 2019a).
- Påverkan – effekt på naturliga och mänskliga system (SIS, 2019a).
- System – grupp av samverkande eller varandra påverkande element (SIS, 2021).
- Risk – Osäkerhetens effekt (SIS, 2019a).

# Några begrepp – Bilaga A

- Fara – Potentiell källa till skada (SIS, 2019a).
- 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).
- Klimatförändring - förändring av klimatet som varierar under längre tid, vanligtvis några årtionden eller ännu längre (SIS, 2019a).
- Klimatindikator – 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).
- 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).
- Sårbarhet – tendens eller benägenhet att påverkas negativt (SIS, 2019a).
- Påverkan – effekt på naturliga och mänskliga system (SIS, 2019a).
- System – grupp av samverkande eller varandra påverkande element (SIS, 2021).
- Risk – Osäkerhetens effekt (SIS, 2019a).
- 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).



# 3. Litteraturgenomgång – metodik

- 3.1 **Svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden och olika kommittéarbeten**
- 3.2 Storbritannien – Vägledning för klimatförändringar – 2013
- 3.3 IPCC – Ramverk för klimatrisker – 2014
- 3.4 ICOLD – Bulletin 169 om klimatförändring – 2016
- 3.5 GIZ & EURAC – Guide för analys av klimatrisker – 2017
- 3.6 Sveriges nationella strategi för klimatanpassning – 2018
- 3.7 SGI – Klimatparametrar för dimensionering av geo-konstruktioner – 2018 – och skredriskkartering – 2022
- 3.8 IHA – Guide för anpassning – 2019
- 3.9 CEA – Guide för anpassning – 2020
- 3.10 SIS – Standarder för anpassning till klimatförändringar – 2019 & 2021
- 3.11 ICMM – 2020 & 2021
- 3.12 SMHI – Klimatindikatorer & klimatscenariotjänst – 2022

- 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.

# 3. Litteraturgenomgång – metodik

- 3.1 Svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden och olika kommittéarbeten
- 3.2 **Storbritannien – Vägledning för klimatförändringar – 2013**
- 3.3 IPCC – Ramverk för klimatrisker – 2014
- 3.4 ICOLD – Bulletin 169 om klimatförändring – 2016
- 3.5 GIZ & EURAC – Guide för analys av klimatrisker – 2017
- 3.6 Sveriges nationella strategi för klimatanpassning – 2018
- 3.7 SGI – Klimatparametrar för dimensionering av geo-konstruktioner – 2018 – och skredriskartering – 2022
- 3.8 IHA – Guide för anpassning – 2019
- 3.9 CEA – Guide för anpassning – 2020
- 3.10 SIS – Standarder för anpassning till klimatförändringar – 2019 & 2021
- 3.11 ICMM – 2020 & 2021
- 3.12 SMHI – Klimatindikatorer & klimatscenariotjänst – 2022

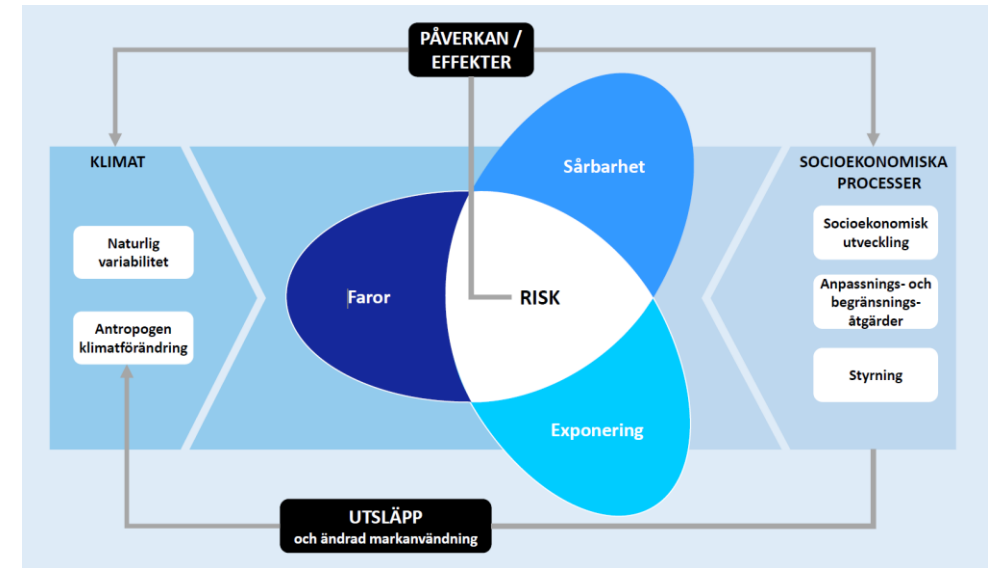
I vägledningen för Storbritannien förs fram att inriktningen för aktuella anpassningsåtgärder i många fall innebär en upptrappning över tid där

- utökad övervakning,
- förebyggande eller
- avhjälpande underhåll, till
- ombyggnad och slutligen
- eventuell avveckling eller ändring av användning (Atkins, 2013).



# 3. Litteraturgenomgång – metodik

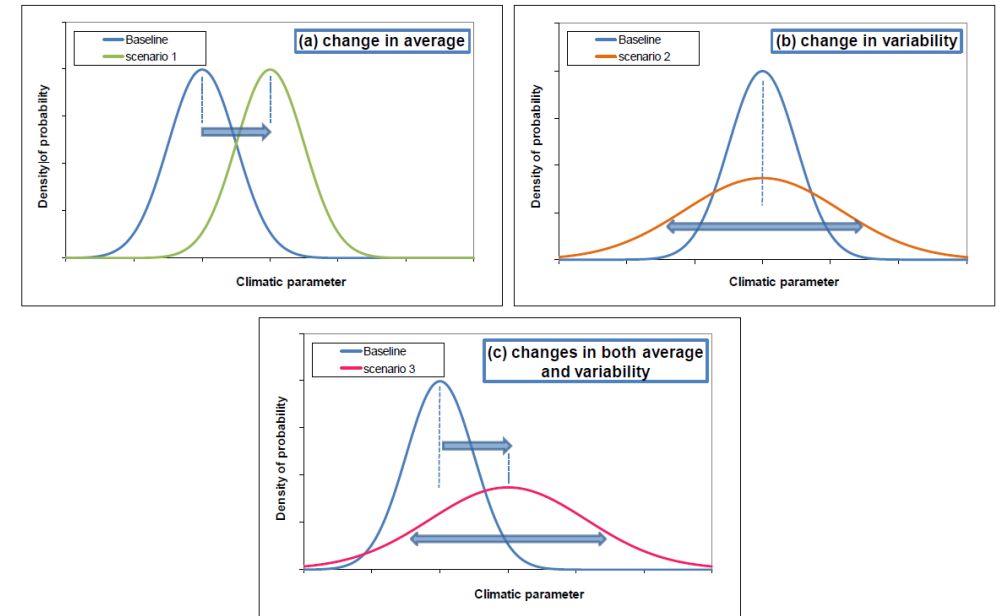
- 3.1 Svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden och olika kommittéarbeten
- 3.2 Storbritannien – Vägledning för klimatförändringar – 2013
- 3.3 **IPCC – Ramverk för klimatrisker – 2014**
- 3.4 ICOLD – Bulletin 169 om klimatförändring – 2016
- 3.5 GIZ & EURAC – Guide för analys av klimatrisker – 2017
- 3.6 Sveriges nationella strategi för klimatanpassning – 2018
- 3.7 SGI – Klimatparametrar för dimensionering av geo-konstruktioner – 2018 – och skredriskkartering – 2022
- 3.8 IHA – Guide för anpassning – 2019
- 3.9 CEA – Guide för anpassning – 2020
- 3.10 SIS – Standarder för anpassning till klimatförändringar – 2019 & 2021
- 3.11 ICMM – 2020 & 2021
- 3.12 SMHI – Klimatindikatorer & klimatscenariotjänst – 2022





# 3. Litteraturgenomgång – metodik

- 3.1 Svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden och olika kommittéarbeten
- 3.2 Storbritannien – Vägledning för klimatförändringar – 2013
- 3.3 IPCC – Ramverk för klimatrisker – 2014
- 3.4 **ICOLD – Bulletin 169 om klimatförändring – 2016**
- 3.5 GIZ & EURAC – Guide för analys av klimatrisker – 2017
- 3.6 Sveriges nationella strategi för klimatanpassning – 2018
- 3.7 SGI – Klimatparametrar för dimensionering av geo-konstruktioner – 2018 – och skredriskartering – 2022
- 3.8 IHA – Guide för anpassning – 2019
- 3.9 CEA – Guide för anpassning – 2020
- 3.10 SIS – Standarder för anpassning till klimatförändringar – 2019 & 2021
- 3.11 ICMM – 2020 & 2021
- 3.12 SMHI – Klimatindikatorer & klimatscenariotjänst – 2022

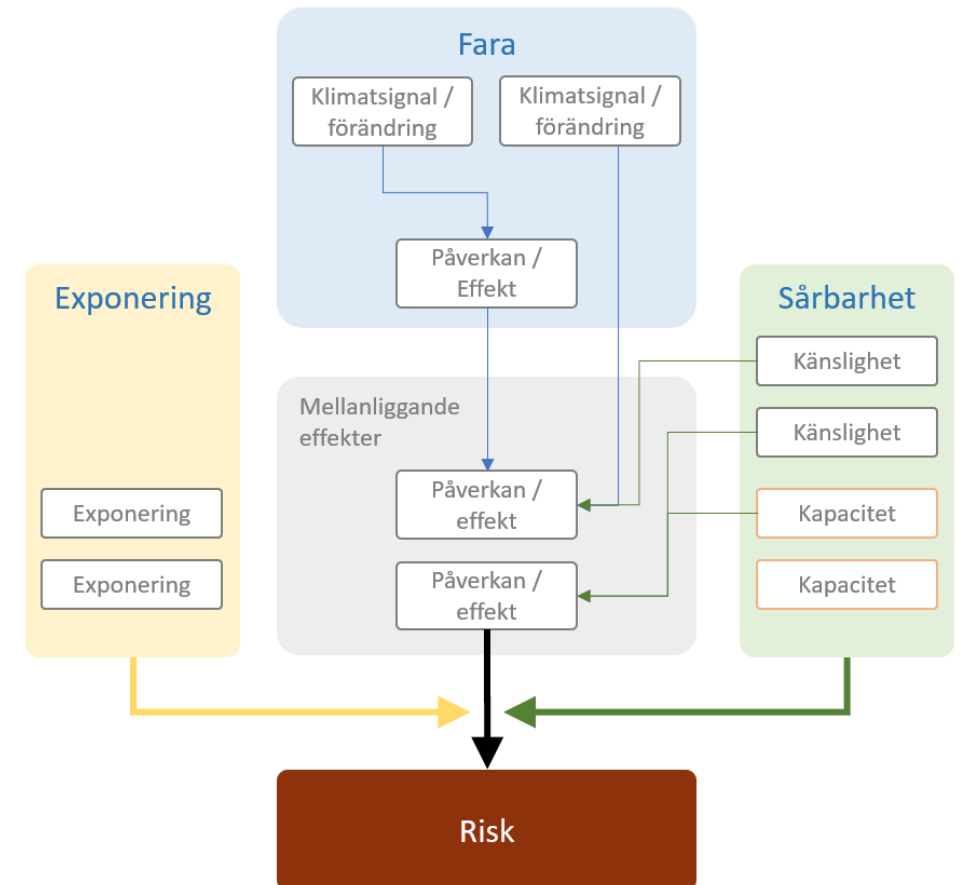


Bulletinen avslutas med tre generella rekommendationer:

- 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. Litteraturgenomgång – metodik

- 3.1 Svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden och olika kommittéarbeten
- 3.2 Storbritannien – Vägledning för klimatförändringar – 2013
- 3.3 IPCC – Ramverk för klimatrisker – 2014
- 3.4 ICOLD – Bulletin 169 om klimatförändring – 2016
- 3.5 **GIZ & EURAC – Guide för analys av klimatrisker – 2017**
- 3.6 Sveriges nationella strategi för klimatanpassning – 2018
- 3.7 SGI – Klimatparametrar för dimensionering av geo-konstruktioner – 2018 – och skredriskartering – 2022
- 3.8 IHA – Guide för anpassning – 2019
- 3.9 CEA – Guide för anpassning – 2020
- 3.10 SIS – Standarder för anpassning till klimatförändringar – 2019 & 2021
- 3.11 ICMM – 2020 & 2021
- 3.12 SMHI – Klimatindikatorer & klimatscenariotjänst – 2022



# 3. Litteraturgenomgång – metodik

- 3.1 Svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden och olika kommittéarbeten
- 3.2 Storbritannien – Vägledning för klimatförändringar – 2013
- 3.3 IPCC – Ramverk för klimatrisker – 2014
- 3.4 ICOLD – Bulletin 169 om klimatförändring – 2016
- 3.5 GIZ & EURAC – Guide för analys av klimatrisker – 2017
- 3.6 **Sveriges nationella strategi för klimatanpassning – 2018**
- 3.7 SGI – Klimatparametrar för dimensionering av geo-konstruktioner – 2018 – och skredriskkartering – 2022
- 3.8 IHA – Guide för anpassning – 2019
- 3.9 CEA – Guide för anpassning – 2020
- 3.10 SIS – Standarder för anpassning till klimatförändringar – 2019 & 2021
- 3.11 ICMM – 2020 & 2021
- 3.12 SMHI – Klimatindikatorer & klimatscenariotjänst – 2022

**Hållbar utveckling** – befintliga och kommande generationers intressen beaktas.

**Ömsesidigt stödjande** – 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. Litteraturgenomgång – metodik

- 3.1 Svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden och olika kommittéarbeten
- 3.2 Storbritannien – Vägledning för klimatförändringar – 2013
- 3.3 IPCC – Ramverk för klimatrisker – 2014
- 3.4 ICOLD – Bulletin 169 om klimatförändring – 2016
- 3.5 GIZ & EURAC – Guide för analys av klimatrisker – 2017
- 3.6 Sveriges nationella strategi för klimatanpassning – 2018
- 3.7 **SIG – Klimatparametrar för dimensionering av geo-konstruktioner – 2018 – och skredriskartering – 2022**
- 3.8 IHA – Guide för anpassning – 2019
- 3.9 CEA – Guide för anpassning – 2020
- 3.10 SIS – Standarder för anpassning till klimatförändringar – 2019 & 2021
- 3.11 ICMM – 2020 & 2021
- 3.12 SMHI – Klimatindikatorer & klimatscenariotjänst – 2022



## Aktuella klimatlaster

- 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.

# 3. Litteraturgenomgång – metodik

- 3.1 Svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden och olika kommittéarbeten
- 3.2 Storbritannien – Vägledning för klimatförändringar – 2013
- 3.3 IPCC – Ramverk för klimatrisker – 2014
- 3.4 ICOLD – Bulletin 169 om klimatförändring – 2016
- 3.5 GIZ & EURAC – Guide för analys av klimatrisker – 2017
- 3.6 Sveriges nationella strategi för klimatanpassning – 2018
- 3.7 SGI – Klimatparametrar för dimensionering av geo-konstruktioner – 2018 – och skredriskartering – 2022
- 3.8 IHA – Guide för anpassning – 2019
- 3.9 **CEA – Guide för anpassning – 2020**
- 3.10 SIS – Standarder för anpassning till klimatförändringar – 2019 & 2021
- 3.11 ICMC – 2020 & 2021
- 3.12 SMHI – Klimatindikatorer & klimatscenariotjänst – 2022



## 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.

# 3. Litteraturgenomgång – metodik

- 3.1 Svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden och olika kommittéarbeten
- 3.2 Storbritannien – Vägledning för klimatförändringar – 2013
- 3.3 IPCC – Ramverk för klimatrisker – 2014
- 3.4 ICOLD – Bulletin 169 om klimatförändring – 2016
- 3.5 GIZ & EURAC – Guide för analys av klimatrisker – 2017
- 3.6 Sveriges nationella strategi för klimatanpassning – 2018
- 3.7 SGI – Klimatparametrar för dimensionering av geo-konstruktioner – 2018 – och skredriskartering – 2022
- 3.8 IHA – Guide för anpassning – 2019
- 3.9 CEA – Guide för anpassning – 2020
- 3.10 **SIS – Standarder för anpassning till klimatförändringar – 2019 & 2021**
- 3.11 ICMM – 2020 & 2021
- 3.12 SMHI – Klimatindikatorer & klimatscenariotjänst – 2022



# 3. Litteraturgenomgång – metodik

- 3.1 Svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden och olika kommittéarbeten
- 3.2 Storbritannien – Vägledning för klimatförändringar – 2013
- 3.3 IPCC – Ramverk för klimatrisker – 2014
- 3.4 ICOLD – Bulletin 169 om klimatförändring – 2016
- 3.5 GIZ & EURAC – Guide för analys av klimatrisker – 2017
- 3.6 Sveriges nationella strategi för klimatanpassning – 2018
- 3.7 SGI – Klimatparametrar för dimensionering av geo-konstruktioner – 2018 – och skredriskartering – 2022
- 3.8 IHA – Guide för anpassning – 2019
- 3.9 CEA – Guide för anpassning – 2020
- 3.10 SIS – Standarder för anpassning till klimatförändringar – 2019 & 2021
- 3.11 **ICMM – 2020 & 2021**
- 3.12 SMHI – Klimatindikatorer & klimatscenariotjänst – 2022

## International Council on Mining and Metals (ICMM)

- 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.





# 4. Litteraturgenomgång – klimatförändringar – parametrar

Tabell 2 Val och indelning av klimatparametrar

Klimatparametrar enligt SS-EN ISO 14090 (SIS, 2019a)	Klimatparametrar i denna studie
<ul style="list-style-type: none"><li>• Temperatur</li><li>• Nederbörd</li><li>• Vindhastighet och vindriktning</li><li>• Stigande havsnivåer</li><li>• Frys-tö-cykler</li><li>• Luftfuktighet</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Temperatur (T)</li><li>• Nederbörd (N)</li><li>• Vind (V)</li><li>• Havsnivå (H)</li><li>• Kombinationer av T, N, V och H med åska, snö och is (K)</li></ul>

# 4. Litteraturgenomgång – klimatförändringar – temperatur

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)
	Glaciärvsmältning	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)



# 4. Litteraturgenomgång – klimatförändringar – nederbörd

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 flytgoods och sediment	IHA
	Försämrade framkomlighet	

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



# 4. Litteraturgenomgång – klimatförändringar – vind

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	CEA
	Skador på byggnader, master och stolpar	CEA
	Vindfällen	
	Snödrev	

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



# 4. Litteraturgenomgång – klimatförändringar – kombinationer

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
Underkylt regn / isstormar oftare	Isbildning på utrustning, ledningar	
Ökade snölaster	Snölaster på byggnader, ledningar, skog	UK
Ökade islaster	Fastfrysning, ispåväxt, svällande istäcke	i), j), k)
Minskat snötäcke		l)
Minskat istäcke		m)

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



# 4. Litteraturgenomgång – klimatförändringar – flöden

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 flytgods	IHA, CEA

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





# 4. Litteraturgenomgång – klimatförändringar – havsnivå

Tabell 13 Ökade havsnivåer med potentiella effekter

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

Not: CEA = (CEA, 2020)

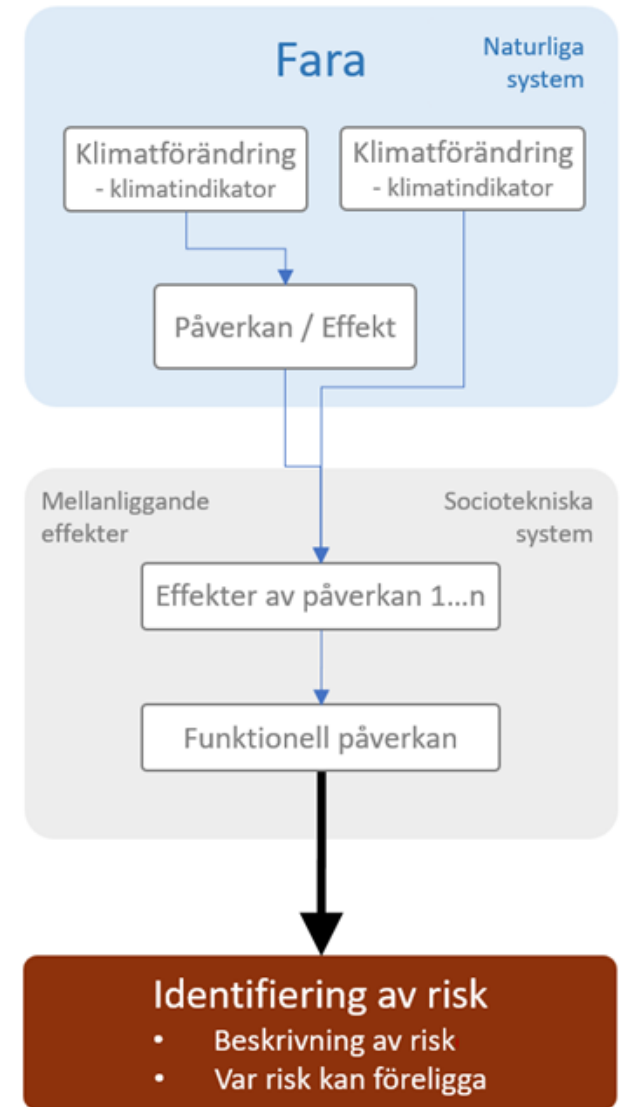


# 5. Inledande analys – metodik

## 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

# 5. Inledande analys – metodik

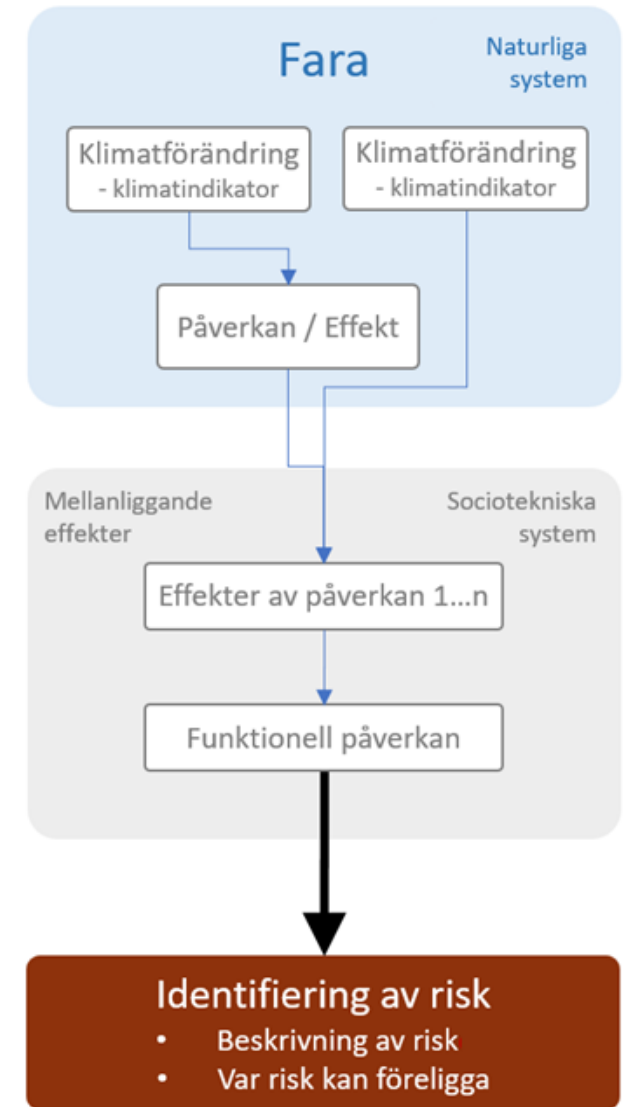
Enligt Figur 5 betraktas identifierade klimatförändringar som **faror (hot)** som kan leda till **direkt påverkan** på dammsäkerheten, eller **indirekt** via påverkan på naturliga system som kan leda till påverkan på dammsäkerheten. Det kan också vara så att klimatförändringar indirekt påverkar dammsäkerheten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

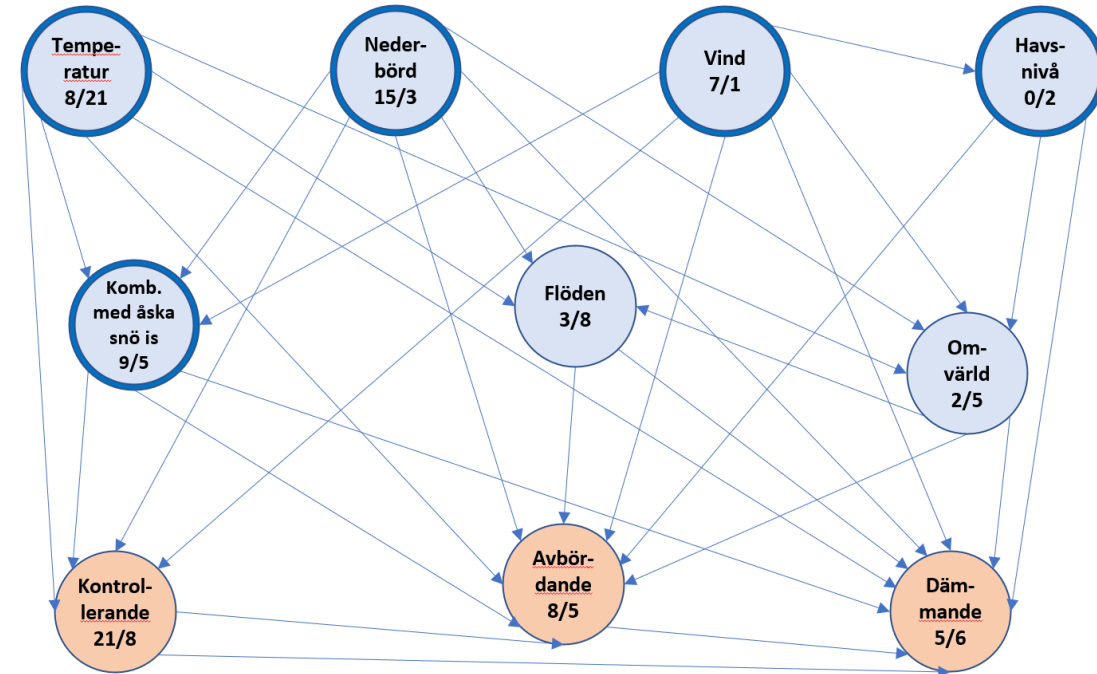
Dessa två beskrivningar är **exempel på två av de effektkedjor** som sammanställts. De effektkedjor som tagits fram utgör samtidigt vad som beskrivs i RIDAS som **orsak och verkan sammanhang** (Energiföretagen, 2022b).

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



# 5. Inledande analys – 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, inklusive 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.



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. Inledande analys – effektkedjor – 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.

- 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.



# 5. Inledande analys – effektkedjor – 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.

- 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 vårflod.

# 5. Inledande analys – effektkedjor – kontrollerande funktion

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

- 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, vindfällen, snödrev och skogsbrand.
- Effekter som kan leda till ökad frånvaro av driftpersonal som sjukdom eller av andra skäl.





# 5. Inledande analys – effektkedjor – avbördande funktion

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

- 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 saltvatteninträngning.
- Effekter som leder till störningar i strömförsörjning till utskovsluckor.
- Effekter som leder till erosion i vattendrag, mer flytgods, ökat istryck eller ispåväxt.



# 5. Inledande analys – effektkedjor – dämmande funktion

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

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

# 6. Slutsatser

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.

# 6. Rekommendationer

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.

## Bilaga C-2: Effektkedjor för klimatförändringar vars effekter på **omvärlden** kan påverka dammsäkerheten

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 <b>utsläpp</b> 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 <b>vindkraft</b> lokalt kan leda till snabb nedreglering av vattenproduktion lokalt till följd av nätbegränsningar >	> Snabb nedreglering kan leda till ökad magasinssyffnad och/eller behov av spill >	> Snabb ökning av magasinssyffnad / 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 <b>konkurrens</b> 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 <b>uppvärmning</b> och elenergi >	> Mindre behov av elenergi kan leda till ökad magasinssyffnad >	> 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 <b>kylning</b> 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 <b>kylning</b> i samhället >	> Ökat behov av kylning under sommaren kan leda till ökat energibehov >	> Ökat energibehov kan leda till minskad magasinssyffnad >	Möjlighet för dammsäkerhet	> Magasin i hela landet >



# Bilaga C-3: Effektkedjor för klimatförändringar vars effekter på flöden kan påverka dammsäkerheten

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 >	> Strömkraftverk >
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 magasinbefyllnad >	> Ökad magasinbefyllnad 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 snötäckan (Flödeskonferensen ?)	> Ökad nederbörd under vintern leder till ökat snötäcke >	Ökat snötäcke kan leda till högre vårfod >	> Högre vårfod kan leda till ökad magasinbefyllnad >	> Ökad magasinbefyllnad 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 vårfod >	> Intensivare vårfod kan leda till ökad magasinbefyllnad, 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 magasinbefyllnad på kort sikt >	> Ökad magasinbefyllnad 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 lägre basflöden >	> Minskad tillrinning till vattenmagasinen kan leda till minskad magasinbefyllnad på längre sikt >	> Minskad magasinbefyllnad 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 vårfod >	Tidigare vårfod kan leda till tidigare magasinbefyllnad >	>>	> Tidigare vårfod 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 snötäcke >	> Minskad maximalt snötäcke kan leda till minskad vårfod >	> Minskad vårfod kan leda till minskad magasinbefyllnad >	> Minskad magasinbefyllnad 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 magasinbefyllnad >	>>	>>	> Minskad magasinbefyllnad 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 magasinbefyllnad >	>>	>>	> Minskad magasinbefyllnad 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) - årarstid (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) - årarstid (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 >	>	
K > Underkylt regn och isstormar oftare och intensivare >	T - Ej identifierad	> Underkylt regn och isstormar leder till isbildning >	> Isolering på torn, isolatorer, kraftledningar och tornarmar 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 >	>	
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 >	>	
V > Fler och starkare stormar >	T - Ej identifierad	> Fler och starkare stormar leder till fler vindfällan >	> Fler vindfällan 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 >	>	
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 >	>	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årarstid (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 >	>	
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - årarstid (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 >	>	
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 >	>	
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 >	>	
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 >	>	
T > Högre temperatur > > Fler värmeböljor >	T - Temperatur - år/månad 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 >	>	
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 >	>	



# Bilaga C-5: Effektkedjor för klimatförändringar som kan påverka den **avbördande** funktionen

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 klimatscenariotjänst - 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 algtillväxt >	> 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 klimatscenariotjänst - M)	> Högre temperatur som leder till varmare vatten i sjöar och vattendrag som kan leda till fler invasiva arter, ökad vegetation och algtillväxt >	> 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 och utebliven funktion >	> 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 tröghet i mekaniska system som kan leda till att utskov kilar fast >	> Tröghet och fastkilning 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 klimatscenariotjänst - 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 klimatscenariotjänst - M)	> Ökad dygnsvariation i temperatur under vintern leder till att istäcke sväller >	> Svällande istäcke 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 klimatscenariotjänst - 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 klimatscenariotjänst - 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 klimatscenariotjänst - 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 >	> Äldre kraftstationer >
P > Fler och intensivare skyfall lokalt >	T - Dygn med extrem nederbörd (>20mm/dygn) - år/årstid (SMHI klimatscenariotjänst - 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 > Underkylt regn och isstormar oftare och intensivare >	T - Ej identifierat	>>	> Underkylt regn och isstormar 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 nätslutning >
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 når 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 upptröms >	> Överdämning och överströmning ökar risk för dammhaveri >	>>	> Överdämning och överströmning ökar risk för dammhaveri >	>>

# Bilaga C-6: Effektkedjor för klimatförändringar som kan påverka den **dämmande** funktionen

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 erosionsskydd >	> Skador på erosionsskydd 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 erosionsskydd både vid höga och låga magasinlägen >	> Skador på erosionsskydd 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 magasinlägen >	> 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 ruttning av träkonstruktioner >	>>	> Ökad ruttning 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 når 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 >