

Klimat- och sårbarhetsanalys

Rapporten är en sammanfattning av Affärsverket svenska kraftnäts klimat- och sårbarhetsanalys som har tagits fram enligt förordning 2018:1428 om klimatanpassning.



Svenska kraftnät

Svenska kraftnät är ett statligt affärsverk med uppgift att förvalta Sveriges transmissionsnät för el, som omfattar ledningar för 400 kV och 220 kV med stationer och utlandsförbindelser. Vi har också systemansvaret för el. Vi utvecklar transmissionsnätet och elmarknaden för att möta samhällets behov av en säker, hållbar och ekonomisk elförsörjning. Därmed har Svenska kraftnät också en viktig roll i klimatpolitiken.

Version Ange version
Org. Nr 202 100-4284

Svenska kraftnät
Box 1200
172 24 Sundbyberg
Sturegatan 1

Tel: 010-475 80 00
Fax: 010-475 89 50
www.svk.se

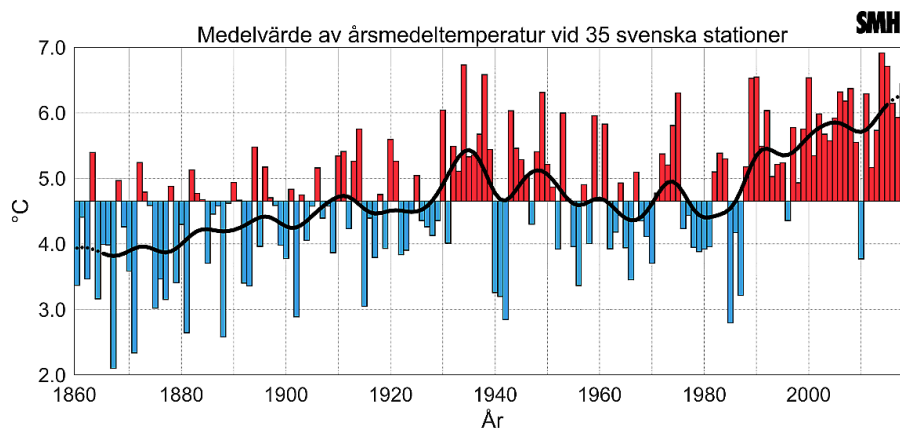
Innehåll

Klimatet förändras.....	4
Arbete med klimatanpassning	6
Svenska kraftnäts ansvarsområden	6
Om kraftsystemet.....	6
Robust elförsörjning	8
Damsäkerhet.....	10
Analysens utgångspunkter	11
Tidsperspektiv	11
Val av klimatscenario	11
Klimat effekter	12
Klimatförändringars påverkan på elsystemet.....	15
Luftledningar, stolpar och ledningsgator	15
Station.....	16
Mark- och sjökablar.....	17
Teknikbodar och optokommunikation	17
Elproduktion och kraftsystemets leveranssäkerhet	18
Identifierade åtgärdsbehov	21
Avslutande diskussion	22
Referenslista	23

Klimatet förändras

Jorden blir allt varmare. År 2019 uppmättes till det näst varmaste året globalt med en medeltemperatur på 1,1°C ($\pm 0,1$) högre än under förindustriell tid¹. Medeltemperaturen i Sverige förväntas fortsätta att öka. I slutet av seklet kommer årsmedeltemperaturen vara 2-6 °C högre än i perioden 1961-1990, beroende på vilket scenario som används².

Ett varmare klimat för med sig en rad konsekvenser. Fler extrema väderhändelser är att vänta och behovet av klimatanpassning växer. Konsekvenserna av ett förändrat klimat är något som Svenska kraftnät behöver hantera inom sitt ansvarsområde, både i dag och i framtiden. En extrem väderhändelse kan inte förklaras av ett förändrat klimat – men frekvensen av fler extrema väderhändelser under en längre tidsperiod kan göra det.



Figur 1. I figuren visas årsmedeltemperaturen baserat på 35 stationer spridda över landet. Röda staplar visar högre och blå visar lägre temperaturer än medelvärdet för normalperioden 1960-1990. Den svarta kurvan visar ett utjämnat förlopp motsvarande tioåriga medelvärden. Källa: [Klimatindikator - temperatur | SMHI](#)

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 tar tillvara möjligheter³.

¹ Förindustriell tid brukar i klimatjämförelser definieras som tiden mellan cirka år 1850-1900.

² SMHI 2020

³ Nationell strategi för klimatanpassning, Prop. 2017/18:163

Förordningen om myndigheters klimatanpassningsarbete⁴ sätter upp ramarna för vad varje myndighet förväntas göra för att nå målet.

Omställningen till ett fossiloberoende energisystem⁵ är ett steg mot en mer hållbar elförsörjning. Ett framtida energisystem baserat på förnybara energikällor kommer i ännu större uträkning vara beroende och påverkas av väder och klimat. Den snabba teknikutvecklingen, digitaliseringen och ökade elektrifieringen skapar en komplex framtidsbild. Dessa trender kan tillsammans leda till att nya möjligheter öppnas men även att hittills oupptäckta risker uppträder.

Föreliggande klimat- och sårbarhetsanalys belyser hur elsystemet kan påverkas av ett förändrat klimat. Rapporten är avsedd som ett underlag för Svenska kraftnäts fortsatta arbete med att prioritera och säkerställa att morgondagens elsystem står robust trots de stora förändringar som väntar.

Rapportens huvudfokus ligger på transmissionsnätets infrastruktur och rapporten innehåller inte en samlad bedömning av elförsörjningens förmåga att förebygga, motstå och hantera eventuell påverkan av klimatförändringarna.



⁴ Förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete

⁵ Sveriges klimatmål är att senast 2045 inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären för att därefter uppnå negativa utsläpp. Samtidigt slår målet för energipolitiken fast att Sverige ska ha 100 procent förnybar elproduktion 2040.

Arbete med klimatanpassning

Sverige har sedan 2018 en nationell strategi för klimatanpassning⁶. Den nationella strategin ger vägledning för arbetet med att anpassa samhället till ett förändrat klimat. Strategin anger att klimatanpassning är särskilt viktigt vid investeringar som har lång livslängd inom sektorer som bedöms som sårbara och samhällsviktiga.

Som ett led i att uppfylla den svenska strategins målsättning utfärdades under 2018 förordning 2018:1428 om myndigheters klimatanpassningsarbete (vidare kallad klimatanpassningsförordningen). Enligt förordningen ska Svenska kraftnät inom sitt ansvarsområde och inom ramen för sina uppdrag initiera, stödja och utvärdera arbetet med klimatanpassning.

Svenska kraftnäts ansvarsområden

Svenska kraftnät har till uppgift att på ett affärsmässigt sätt förvalta, driva och utveckla ett kostnadseffektivt, driftsäkert och miljöanpassat kraftöverföringssystem (transmissionsnät), sälja överföringskapacitet samt i övrigt bedriva verksamheter som är anknutna till kraftöverföringssystemet. Svenska kraftnät är även systemansvarig myndighet för det nationella elsystemet enligt ellagen⁷ och elberedskapsmyndighet enligt elberedskapslagen⁸. Svenska kraftnät svarar även för beredskapsplaneringen och krisberedskapen inom sitt verksamhetsområde inför och under kris- och krigsförhållanden⁹. Vidare är Svenska kraftnät tillsynsmyndighet för elförsörjningens säkerhetsskydd, tillsynsmyndighet för driftsäkerheten,¹⁰ samt är tillsynsvägläddande myndighet för dammsäkerhet.¹¹

Om kraftsystemet

Kraftsystemets syfte är att överföra el från producenter (t.ex. vattenkraft) till elanvändare (t.ex. industri) på ett driftsäkert sätt.¹² Överföring och distribution av el kan endast göras när produktion, nät och förbrukning samverkar driftsäkert. Som systemansvarig myndighet ansvarar Svenska kraftnät för att

⁶ Nationell strategi för klimatanpassning, Prop. 2017/18:163.

⁷ Ellagen (1997: 857), Förordning (1994:1806) om systemansvaret för el

⁸ Elberedskapslagen (1997:288), Förordning (1997:294) om elberedskap

⁹ Instruktion 3 §, 5 punkt, Förordning (2015:1052) om krisberedskap och bevakningsansvariga myndigheters åtgärder vid höjd beredskap, jfr även Förordning (2015:1053) om totalförsvar och höjd beredskap

¹⁰ Ellagen 8 kap., jfr även Europaparlamentets och rådets direktiv 2009/72/EG artikel 12

¹¹ Säkerhetsskyddsförordning (2018:658) 7 kap. 1 §, 3 punkt, se även Säkerhetsskyddslagen (2018:585)

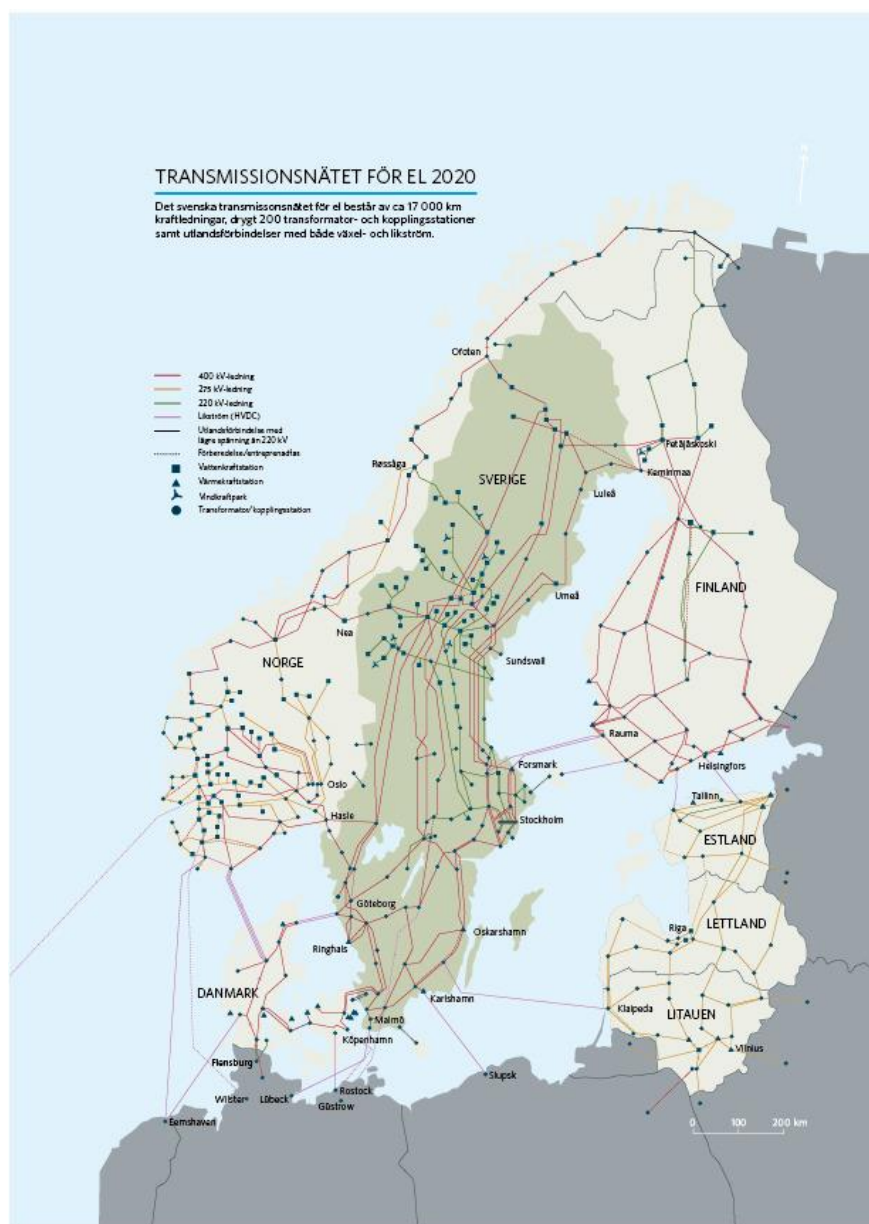
¹² [Kraftsystemstabilitet | Svenska kraftnät \(svk.se\)](#), hämtat 2021-08-13

säkerställa att kraftsystemets alla delar samverkar driftsäkert.¹³ Balans mellan produktion och förbrukning av el är en förutsättning för att kraftsystemet ska fungera driftsäkert och för att slutkunden ska få sin el levererad. Störningar i balansen riskerar även att skada eller helt slå ut teknisk utrustning.¹⁴

Transmissionsnätet sträcker sig idag över hela landet från norr till söder mellan de olika produktions- och överföringsanläggningarna, se Figur 2. Längs med nätet finns stationer vars uppgift är att koppla samman transmissionsnätet med produktionsanläggningar (vattenkraft, vindkraft, kärnkraft m.m.) och regionnät. Vid ett antal stationer finns anläggningar där utlandslänkar ansluter. Vissa stationer är endast till för att förgrena och koppla ihop transmissionsnätet till ett maskat nät. Nätet är anslutet via förbindelseledningar med våra nordiska grannländer samt Polen, Litauen och Tyskland. Överföringen av energi sker idag främst genom luftledningar samt en mindre del markkabel, och vissa av utlandsförbindelserna är byggda som sjökablar. Transmissionsnätet omfattar cirka 17 000 km kraftledningar, drygt 200 transformator- och kopplingsstationer samt utlandsförbindelser med både växel- och likström. Regionnäten omfattar ca 31 000 km och lokalnäten ca 518 000 km med ett stort antal stationer.

¹³ [Om systemansvaret | Svenska kraftnät \(svk.se\)](#), hämtat 2021-08-13

¹⁴ [Ny nordisk balanseringsmodell \(NBM\) | Svenska kraftnät \(svk.se\)](#), hämtat 2021-08-13



Figur 2. Svenska kraftnät förvaltar och utvecklar Sveriges transmissionsnät för el, som omfattar cirka 17 000 kilometer ledningar för 400 kV och 220 kV med cirka 200 transformator- och kopplingsstationer samt utlandsförbindelser.

Robust elförsörjning

Elförsörjningen är en nationellt samhällsviktig verksamhet och en förutsättning för samhällets funktionalitet. Svenska kraftnät har en central roll i det svenska och i det sammankopplade nordeuropeiska elsystemet. Svenska kraftnät arbetar med att förstärka förmågan till att förebygga, motstå och hantera allvarliga händelser inom elförsörjningen. I det ingår att identifiera och

analysera risker, hot och sårbarheter som kan leda till svåra påfrestningar inom elförsörjningen och på samhället. Syftet är att höja robustheten inom elförsörjningen, både i dag men även i framtiden.

Det finns flera tänkbara händelseutvecklingar som kan komma att påverka elförsörjningens robusthet negativt, med konsekvenser som exempelvis kapacitets- eller energibrist, olyckor och tekniska fel. Klimatförändringen är en sådan händelseutveckling¹⁵.

Som bevakningsansvarig myndighet¹⁶ har Svenska kraftnät skyldighet att vidta sådana åtgärder som behövs för att hantera konsekvenserna av krissituationer som kan beröra det egna ansvarsområdet.

Elberedskapslagen (1997:288) och förordning (1997:294) om elberedskap innehåller bestämmelser om skyldighet att vidta beredskapsåtgärder inom elsektorn för att förebygga, motstå och hantera sådana störningar i elförsörjningen som kan medföra svåra påfrestningar på samhället.¹⁷

*”Vid allvarlig fara för människors liv och hälsa, allvarlig eller irreversibel skada på ekosystemens bärkraft och återhämtningsförmåga samt omfattande skada på riksintressen, samhällsviktig verksamhet eller infrastruktur och bebyggelse med höga kostnader som följd bör anpassningsåtgärder ta höjd för händelser med mycket låg sannolikhet att inträffa. Robusta åtgärder som fungerar under ett spann av möjliga framtida scenarier ska prioriteras.”*¹⁸

Påfrestningen som ett förändrat klimat ställer kommer att innebära att nya utmaningar kan behöva hanteras. Det kan också innebära att infrastrukturen behöver dimensioneras på ett nytt sätt för att möta nya förutsättningar.

*”Klimatförändringarnas effekter blir alltmer påtagliga och påverkar i allt större utsträckning grundläggande livsvillkor i stora delar av världen. Klimatförändringarnas direkta effekter, såsom extrema väderhändelser, torka, översvämningar och havsnivåhöjningar, kommer att leda till stora påfrestningar både för Sverige och globalt.”*¹⁹

¹⁵ Veibäck & Wedebrand, 2018.

¹⁶ Förordning (2015:1052) om krisberedskap och bevakningsansvariga myndigheters åtgärder vid höjd beredskap, jfr 5 §: *Varje myndighet, vars ansvarsområde berörs av en krissituation, ska vidta de åtgärder som behövs för att hantera konsekvenserna av denna*

¹⁷ Eller åtgärder som behövs vid höjd beredskap, 1997:288 jfr 1-3 §§. I Svenska kraftnäts föreskrifter om elberedskap (SvkFS 2013:2), som riktar sig till elföretag, ges bestämmelser om beredskapsåtgärder.

¹⁸ Prop. 2017/18:163 si. 67

¹⁹ Prop. Totalförsvaret 2021–2025 2020/21:30

Dammsäkerhet

I rollen som tillsynsvägledande myndighet för dammsäkerhet ska Svenska kraftnät främja dammsäkerheten i landet genom att vägleda länsstyrelser i dammsäkerhetsfrågor, stödja utvecklingen av beredskap för dammhaverier och främja forskning och utveckling inom dammsäkerhetsområdet.

Dammar utgör en viktig infrastruktur genom sin betydelse inte minst för vattenkraftsproduktionen. Men dammar kan även medföra risker då ett dammhaveri kan förorsaka översvämningar med allvarliga följder.

En kommitté för dammsäkerhet i ett klimat i förändring har under år 2021 tillsatts av Svenska kraftnät, Energiföretagen Sverige, SveMin²⁰ samt SMHI. Syftet är att värdera klimatfrågans betydelse för dammsäkerheten och stärka utvecklingen vad gäller avbördnings säkerhet och klimatanpassning av dammanläggningar. Det övergripande målet är att tillgängliggöra aktuell och relevant information och lägga grunden för ett strategiskt klimatanpassningsarbete rörande dammar.



²⁰ SweMin står för branschorganisationen för gruvor, mineral- och metallproducenter i Sverige.

Analysens utgångspunkter

I detta kapitel redovisas de utgångspunkter som ligger till grund för analysen.

Tidsperspektiv

Den tekniska infrastrukturens livslängd varierar. Osäkerheten om framtidens klimat blir större ju längre tidsperspektivet är. Osäkerheten om framtidens elsystem och elbehov blir också det väsentligt mycket osäkrare ju längre tidsperspektivet blir. Tidsperspektivet i den här analysen tar sikte på infrastrukturens tekniska livslängd i transmissionsnätet, vilket också är i linje med de vägledande principerna för klimatanpassningsarbetet.

”Tidsperspektivet för klimatanpassningsåtgärder ska utgå från det specifika objektets (infrastrukturens, bebyggelsens eller investeringens) livslängd.”²¹

Den geografiska placeringen av elanläggningar kan däremot ses som i stort sett konstant. Om man behöver omlokalisera en befintlig anläggning på grund av att den blir riskutsatt i ett förändrat klimat skulle det kunna få konsekvenser i flera led.

Val av klimatscenario

Klimatscenarier är beskrivningar av hur klimatet kan utvecklas i framtiden och det verktyg som hjälper oss att tolka hur utsläppen av växthusgaser påverkar vårt klimat. Klimatscenarier uttrycks med olika klimatindex som till exempel *dygnsmedeltemperatur* eller *extrem nederbörd*. Klimatindex behöver ofta preciseras med en klimatsignal när de används i analyser, till exempel genom beskrivning av intensitet, frekvens och varaktighet.

Ett annat sätt att redovisa klimatförändringar är att se hur förändringen ser ut regionalt vid ett bestämt antal grader globalt varmare värld. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) tillhandahåller klimatscenarier för regionala klimatförändringar vid 1,5 och 2 graders global temperaturökning.

Det övergripande bakgrundsmaterial som har används i denna analys har utarbetats inom ramen för projektet ”Klimatförändringars konsekvenser för energisystemet”.²²

²¹ Prop. 2017/18:163 s. 67

²² [Klimatförändringarnas konsekvenser för energisystemet](https://energiforsk.se/program/klimatforandringarnas-konsekvenser-for-energisystemet/)
<https://energiforsk.se/program/klimatforandringarnas-konsekvenser-for-energisystemet/>

Klimat effekter

Klimatförändringen kan ge upphov till en rad riskhändelser. Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007) rekommenderade analyser av energisektorns sårbarhet för stormar, översvämningar samt ras och skred. Svenska kraftnäts klimat- och sårbarhetsanalys (2018) analyserade vindar, isbildning, åska, översvämning, jordskred och erosion och extrema väderfenomen (hög vindhastighet eller kombinationen isbeläggning med vind).

I ”Klimatförändringars konsekvenser för energisystemet” – fokuserar analysen på nedisning, snö och blötsnö, brand och skogsbrand, åska, frekvens och styrka på stormar och moln. I arbetet med den här klimat- och sårbarhetsanalysen har klimatteffekterna som visas i sammanställningen i tabellen nedan används.

Klimat effekt	Klimatindex	Förändring (jmf. med ref. period 1971-2000)	Sannolikhet/ Säkerhet
Nedisning	Vinter-temperatur, kombinationer av nederbörd och temperatur	Norrland: Ett varmare klimat innebär att fler vinterdagar är nära noll istället för klart under, vilket betyder ökad risk för isbildning. Svealand: Ligger på gränsen mellan minskad och ökad risk. Götaland: Varmare vintrar ger färre dagar nära noll vilket minskar risken för isbildning. Högre temperaturer betyder att luften kan innehålla mer vattenånga, och att mängden vatten som kan frysa därför ökar.	Mycket troligt
Snö och blötsnö	Vinter-temperatur, kombinationer av nederbörd och temperatur, snöfallsmängd & intensitet (årlig snöfallsmängd (mm/dag), maximal snöfallsintensitet (mm/timme)	Mycket troligt med minskade problem med snö och blötsnö i söder. De mildare förhållandena gör att antalet dagar med temperaturer nära noll grader ökar i stora delar av Norrland. I kombination med snöfall kan detta ge ökade problem med blötsnö. Varmare atmosfär kan göra att snöfallsintensiteten kan komma att öka i höglänt terräng och allra längst i norr där det fortfarande är tillräckligt kallt.	Troligt
Värmeböljor och höjd temperatur	Temperatur	Mer intensiva värmeböljor och längre perioder med varma förhållanden. Ökad medeltemperatur i hela landet under alla säsonger.	Mycket troligt

Brandrisk	Temperatur, värmeböljor, antal torra dagar, avdunstning m.fl.	Ökad risk i södra Sverige på grund av att nederbörds-förändringen på sommaren beräknas vara liten. Den längre vegetationsperioden ökar antalet månader då skogsbränder kan sprida sig. Sammantaget pekar förändringar i temperatur och nederbörd på ökad brandrisk under torra somrar med störst sannolikhet för ökning i södra Sverige.	Osäkert gällande huruvida det blir fler antal dagar med brandrisk.
Åska	Bymoln, skyfall, temperatur	Åksäsongen blir längre och sannolikheten för antal dagar med åska bedöms öka.	Osäkert
Storm	Vind, maxvind, antal dagar med kraftig vind.	Obetydlig förändring. Klimatmodellerna ger inga indikationer på ändrad risk för stormar eller höga vindhastigheter.	Osäkert
Risk för stormfällning	Maximal byvind, antal dagar med höga vindhastigheter, frostdagar, vindriktning	Ökad risk för stormfällning på grund av högre temperaturer med kortare säsong och mindre utbredd tjäle. Inga indikationer på ändrad risk för stormar eller höga vindhastigheter.	Troligt
Översvämning från skyfall	Maximal dygnsnederbörd, dagar med kraftigt regn	Troligt att maximal sjudygnsnederbörd och maximal nederbördsintensitet ökar. Troligt att antal dagar med kraftig nederbörd ökar. Troligt att risken för översvämning i samband med kraftigt regn ökar.	Trolig
Stiltje och effektbortfall	Vind, antal lugna dagar	Ingen förändring	Osäkert
Tjäle	Vinter-temperatur, antal kalla dagar	Minskning	Mycket troligt
Kyleffekt	Maxtemperatur, antal varma dagar	Ökat behov	Mycket troligt
Uppvärmnings-behov	Graddagar för uppvärmning (med medeltemp < 17 °C)	Minskat behov (vid +1,5°C är minskningen ungefär 10% i större delen av landet och vid +2°C närmare 15%).	Osäkerhet kring hur stor minskningen blir

Växstsäsong	Temperatur	Vegetationsperioden blir längre som ett resultat av tidigare start och senare slut. Ökningen är störst längs kusterna och något större i söder än i norr.	Säker
Havsförändringar	Temperatur Nivå	Havet stiger och störst problem med ökande havsnivåer finns i söder där landhöjningen är liten. Ökning av havstemperatur	Troligt
Grundvatten nivå		Den största förändringen i framtiden förväntas ske under vinter och vår med höjda grundvattennivåer under vintern i norra Sverige och sänkta grundvattennivåer i främst sydöstra Sverige under våren.	Troligt

Tabell 1. Kolumn 1 redovisar klimateffekter som bedöms ha betydelse för elförsörjningen. Kolumn 2 tar upp vilka klimatindex som ger den förväntade klimateffekten. Kolumn 3 redovisar vilken förändring som kommer ske i framtiden jämfört med referensperioden 1971-2000. Kolumn 4 är ett mått på vilken tydlighet som finns i de klimatprojektioner som är gjorda där mycket troligt är en entydig signal och där osäker indikerar spretiga projektioner eller för lite underlag. Tabellen är förenklad och ska användas med försiktighet. Tabellen är anpassad för Svenska kraftnät och baseras på material från workshoppar inom forskningsprogrammet Klimatförändringarnas konsekvenser för energisystemet, Kjellström et al. (2021), Blomqvist et al. (2021), Vikberg et al. (2015) och tillgängliga klimatscenarier på SMHI:s webbplats (SMHI, 2021). Notera att i denna anpassade tabell används begreppet "sannolikhet/säkerhet". I källmaterialet används bara begreppet säkerhet.

Klimatförändringars påverkan på elsystemet

Bedömningarna av infrastrukturens robusthet har gjorts utifrån den kunskap som vid tillfället funnits tillgänglig avseende klimatförändringar och fokus har varit att beskriva bredden av möjliga konsekvenser för elförsörjningen. Genom föreslagna åtgärder kan osäkerheter och sårbarheter utredas mer i detalj.

Den tekniska infrastrukturen har bedömts utifrån de klimateffekter som är mest väsentliga för elsystemet, det vill säga sådana som bedöms kunna ha påverkan under infrastrukturens livslängd. Analysen har till stor del utgått ifrån gällande tekniska standarder inom området, och den behandlar inte eventuella anläggningsspecifika förhållanden.

Luftledningar, stolpar och ledningsgator

Ledningsnätets funktion är att transportera el mellan produktionsanläggningar och förbrukare. Distribution av el till region- och lokalnät sker i hela landet samt till utlandet genom utlandsförbindelser. Transmissionsnätet dimensioneras utifrån N-1, dvs. att det klarar bortfall av ett objekt/en komponent.

Svenska kraftnät har drygt 50 000 stolpplatser och 17 000 km luftledning. Stolparna är utformade utifrån förutsättningarna där de ska stå, till exempel om det är skogsmark, åkermark eller i närheten av bostadsmiljö eller en flygplats.

Luftledningarna utförs som trädsäkra ledningar vilket innebär att ledningsgatan röjs så att inget träd ska kunna falla ner på kraftledningen och förorsaka skada. I underhållet av ledningsgatorna (totalt cirka 60 000 hektar) ingår underhåll i skogsgatan samt i dess sidoområden. Varje år utförs röjning i skogsgatan på cirka 10 000 ha samt avverkning av cirka 150 000 träd i sidoområdena.

Klimat effekter som har bedömts som känsliga mot klimatförändringar sammanfattas i Tabell 2.

Exempel på systemtyper	Känsliga klimat effekter
Topplina, faslina, stolpe, fundament, isolator, ledningsgata, skogskant	Nedisning, snö och blötsnö, värmeböljor och höjd temperatur, brandrisk, ökad frekvens av åska, storm, stormfällning, tjäle, växtsäsong, översvämning från skyfall.

Tabell 2.

Station

Inom transmissionsnätet finns totalt cirka 200 stationer. Stationens uppgift är att koppla samman transmissionsnätet med produktionsanläggningar (vattenkraft, vindkraft, kärnkraft m.m.) och regionnät. Vid vissa stationer finns anläggningar där HVDC/utlandslänkar ansluter. Vissa stationer är endast till för att förgrena och koppla ihop transmissionsnätet till ett maskat nät.



Klimat effekter som har bedömts som känsliga mot klimatförändringar sammanfattas i Tabell 3.

Exempel på systemtyper	Känsliga climateffekter
Ställverk, manöverbyggnad, kontrollanläggning, reservkraftsbyggnad, teknikbod, transformator, reaktor, shuntkompensatorer, kondensatorer, tillfartsväg och stängsel	Värmeböljor och höjd temperatur, ökad brandrisk, ökad frekvens av åska och översvämning från skyfall

Tabell 3.

Mark- och sjökablar

Markförlagd växelströmskabel är aktuellt i undantagsfall när en luftledning inte är möjlig, som genom stadskärnor eller över sjösträckor.

Majoriteten av markkablarna i transmissionsnätet finns i mellersta och södra Sverige. Vanligen löper kabeln längs med en väg, och genom terräng.

Kablar som går i vatten, så kallade sjökablar, bäddar ner sig i botten och ligger stadigt på plats av sin egen tyngd.

Klimat effekter som har bedömts som känsliga mot klimatförändringar sammanfattas i Tabell 4.

Exempel på systemtyper	Känsliga climateffekter
Markkabel, sjökablar	Brandrisk, åska, översvämning, havstemperatur

Tabell 4.

Teknikbodar och optokommunikation

För att styra och övervaka transmissionsnätet för el har Svenska kraftnät ett landsomfattande kommunikationsnät för tele och data. Optofiber används bland annat för telekommunikation för driftövervakning. S.k. teknikbodar inrymmer viss kommunikationsutrustning.

Klimat effekter som har bedömts som känsliga mot klimatförändringar sammanfattas i Tabell 5.

Exempel på systemtyper	Känsliga klimatkoeffekter
Teknikbodas och optofiber	Värmeböljor och höjd temperatur, översvämning

Tabell 5.

Elproduktion och kraftsystemets leveranssäkerhet

Svenska kraftnäts marknadsanalys baseras på scenarier som har för avsikt att identifiera framtida behov och utmaningar för kraftsystemet. Svenska kraftnät arbetar just nu efter scenarier för elsystemets utveckling fram till 2050, vilket redogörs i den senaste marknadsanalysen²³.

”Åtgärder för att möta hotet med klimatförändringarna är den viktigaste drivkraften för utvecklingen av kraftsystemet.”²⁴

Elektrifieringen av samhället kommer på ett avgörande sätt att förändra elanvändningen. Enligt elektrifieringsstrategin kan hög elektrifiering leda till ett fördubblat elenergi behov till 2045.²⁵ För att möta framtida elbehov förväntas en kraftig expansion av framförallt vindkraften, vilket i sin tur innebär en kraftfull utbyggnad av elnätinfrastrukturen²⁶.

Enligt resultatet från projektet *”Klimatförändringarnas inverkan på energisystemet”* kommer produktionspotentialen för olika energislag att påverkas i olika grad av klimatförändringarna. Detta illustreras sammanfattande i Tabell 2 nedan. Med planerbar produktion avses vanligen kraftslag som vattenkraft, kärnkraft och kraftvärme. Kraftslag som sol- och vindkraft anses inte vara lika planerbar eftersom mängden producerad eleffekt är beroende av de aktuella väderförhållandena.

Sveriges elförsörjning är i stort beroende av tillförlitlig vattenkraft som energikälla men också för balanshållning mellan förbrukning och produktion. Vattenkraftsproduktionen är starkt korrelerad till den hydrologiska situationen, det vill säga nederbördsmängd och snösmältning (temperatur). En extrem torrperiod där flertalet vattenkraftstationer står utan vatten i dammarna kan leda till stora produktionsbortfall. En kraftig torrperiod

²³ Långsiktig marknadsanalys, Svenska kraftnät 2021.

²⁴ Långsiktig marknadsanalys, Svenska kraftnät 2021. S.21

²⁵ Enligt myndigheters bedömningar och långsiktiga scenarion (Regeringskansliet, 2022)

²⁶ Gode m.fl., 2021.

kommer sannolikt drabba även våra grannländer i liknande omfattning, varmed import och exportmöjligheterna bedöms vara begränsade²⁷.

Mängden vindkraft ökar i Sverige och angränsande länder. Hur vindförhållandena ser ut får större betydelse ju mer vindkraftskapacitet som man blir beroende av. Variationerna i tillgänglig effekt totalt kan bli större, och systemets obalanser blir därmed svårare att prognosticera. Ett mer omfattande beroende av vindkraft i kombination med ogynnsamma vindförhållandena över ett stort geografiskt område kan leda till att effektillgången avseende vindkraft påverkas tillfälligt i flera länder samtidigt.

På flera håll pågår arbete med att bedöma klimatförändringens påverkan på energiproduktionen. I dag används ofta historiska tidsserier av last och produktion, förenklat en beskrivning av vädret de senaste årtiondena. En nackdel är att detta inte speglar ett framtida klimat, och simuleringarna kan till exempel underskattad temperatur vilket ger en överskattning av lasten.

En kaskadeffekt av olika sammanfallande händelser och den utveckling som redan pågår är därmed viktiga ingångsvärden i en fortsatt klimat- och sårbarhetsanalys, med fokus på utmaningar kopplat till kraftsystemets leveranssäkerhet.

²⁷ Energimyndigheten, 2020.

Vattenkraft ↑/↓	Ökad tillrinning i norra Sverige → möjlig produktionsökning Minskad tillrinning i delar av södra Sverige → minskad produktionspotential	Osäkert om ökad tillrinning kan användas för elproduktion. Skärpta krav på miljöanpassningsåtgärder, ökat behov av reglerkapacitet m.m. kan motverka.
Vindkraft =	Obetydliga förändringar i vindklimat → liten påverkan på vindkraften	Förväntad kraftig utbyggnad innebär att små förändringar i vindklimat kan ge stor påverkan på total elproduktion. Utbyggnaden kan anpassas vid nya insikter om vindklimatet.
Kärnkraft = / ↓	Ökad havsvattentemperatur → minskad elverkningsgrad	Om tillgängliga åtgärder vidtas blir inte påverkan nämnvärd.
Bioenergi ↑/↓	Ökad skogstillväxt → troligen ökad bioenergipotential Torrare marker, försvårade uttag → minskar ökningen Skadedjur, bränder → kan bidra både till ökad och minskad bioenergipotential	Bioenergipotentialen är indirekt beroende av klimatförändringen (först påverkas skogen). Andra omvärldsfaktorer, t.ex. ökad konkurrens om biomassa, sannolikt mer avgörande.
Fjärrvärme, kraftvärme ↓	Ökad temperatur → minskad efterfrågan på fjärrvärme → minskad elproduktion i kraftvärme	Effektbehovet minskar i mindre grad än värmebehovet → minskad utnyttningstid för spetskapacitet. Andra faktorer spelar in för fjärr-/kraftvärmens utveckling (lokalt eleffektbehov, utbyggnad m.m.).
Fjärrkyla ↑	Ökad temperatur → potentiellt ökad efterfrågan på fjärrkyla	Andra kylalösningar och investeringar i fjärrkyla avgörande för den praktiska potentialen.
Solel = / ↓	Viss ökning i molnighet och mindre mängd infallande kortvågsstrålning → påverkar solelproduktionen negativt. Ökad temperatur kan också påverka negativt.	Elproduktionen är främst beroende av utbyggnaden av solel och mindre av klimatförändringen.

Figur 3. Tänkbara förändringar i produktionspotential till följd av klimatförändringen. Pil uppåt ökad potential, pil nedåt minskad potential. Förändringen är enbart en möjlig förändring som en följd av klimatförändringen. Källa Gode et al, 2021.

Identifierade åtgärdsbehov

Klimat- och sårbarhetsanalysen har gett upphov till ett antal åtgärdsförslag. Vissa identifierade åtgärdsförslag är systemspecifika och har som syfte att förstärka den tekniska infrastrukturens robusthet mot de climateffekter som bedöms kunna medföra påfrestningar på infrastrukturen. Andra åtgärdsförslag rör sig om strategiska och organisatoriska aspekter avseende fortsatt arbete inom klimatanpassningsområdet på Svenska kraftnät.

Det är viktigt att kontinuerligt tillgodogöra sig aktuell kunskap inom klimatförändringarna för att på ett effektivt sätt kunna anpassa verksamheten till ett förändrat klimat. Detta bör på ett tydligt sätt genomsyra såväl det strategiska framåtblickande analysarbetet som arbetet med dimensionering av infrastrukturen. I detta ingår även att beakta eventuella climateffekter i anläggningsspecifika analyser, både vid upphandling, projektering, nyinvestering och också vid reinvestering.

Vidare är det viktigt att fortsatt tillgängliggöra kunskap om klimatförändringars eventuella påverkan inom ansvarsområdet, och därmed bidra till en ökad robusthet inom elförsörjningen.

Avslutande diskussion

Samhället blir alltmer elberoende och behovet av en hög leveranssäkerhet ökar. Bland annat elektrifieringen, digitaliseringen, decentralisering av elsystemet och inte minst omställningen till ett förnybart energisystem skapar i många avseenden ett mer komplex kraftsystem. Vårt ökade elberoende innebär samtidigt en ökad känslighet för större störningar i samhället.

Klimatförändringar kan komma att medföra ännu en utmaning för framtidens kraftsystem, även för dess robusthet och leveranssäkerhet. Aktörer inom elförsörjningen behöver därför beakta klimatförändringens påverkan på den egna verksamheten och samhällets elförsörjning.

Klimatförändringars effekter bedöms kunna leda till stora påfrestningar såväl i Sverige som globalt. Konsekvenser av klimatförändringarna kan ske successivt eller som en plötslig händelse. Osäkerheter om framtidens klimat blir större ju längre tidsperspektivet är. De konsekvenser som analysen redogör för återspeglar den utveckling som i nuläget är överblickbar. Teknikutvecklingen och förändringar i klimat kan medföra att nya risker och sårbarheter uppstår och därför behöver analysen uppdateras regelbundet. Klimatförändringar innebär att risker kan behöva omprövas. Eftersom vi inte till fullo känner till effekterna av ett förändrat klimat bör försiktighetsprincipen²⁸ tillämpas och bästa tillgängliga kunskap om klimatförändringens effekter ligga till grund för beslut.

Elsystemet är dimensionerat för att klara av en N-1 situation, det vill säga fungera trots att ett objekt faller bort. Klimateffekter, till exempel en långvarig värmebölja, kan medföra konsekvenser som påverkar stora geografiska områden vilket innebär att flera anläggningar kan påverkas parallellt. Detta kan i sin tur innebära en utmaning för kraftsystemets funktionalitet. Dessutom kan överföringsförmågan påverkas negativt av långvariga värmeböljor.

Den tekniska infrastrukturen är ofta dimensionerad för att fungera i ett stort men ändå begränsat temperaturspann. Den ska kunna hantera såväl höga som låga temperaturer. Tekniken kan i vissa fall vara gränssättande för förmågan att kunna hantera extrema temperaturfluktuationer.

²⁸ Principen innebär att åtgärder behöver vidtas redan när en risk identifieras även om vi inte till fullo vet konsekvensen av den.

Referenslista

- Blomqvist P, Gode J, Kjellström E & Strandberg G. (2021) *Klimatförändringarnas inverkan på elnätet*. Energiforsk mars 2021. Rapport 2021:740.
- Energimyndigheten. (2009). *Extrema väderhändelser och klimatförändringens effekter på energisystemet*. Slutrapportering av regeringsuppdrag. ER 2009:33.
- Energimyndigheten. (2020) *Nationell riskberedningsplan för Sveriges elförsörjning*. Dnr: 2020-001296. Version 0.1
<https://www.energimyndigheten.se/globalassets/trygg-energiforsorjning/el/riskberedningsplan-ver-0.1.pdf>
- Gode J, Löfblad E, Unger T, Blomqvist P, med flera. (2021) *Klimatförändringarnas inverkan på energisystemet – Sammanfattande slutrapport*. Energiforsk mars 2021. Rapport 2021:738.
- Kjellström E, Strandberg G & Lin C. (2021). *Förändringar i klimatet som påverkar energisektorn i Sverige*. Energiforsk mars 2021. Rapport 2021:745.
- Löfblad E, Gode J, Strandberg G, Kjellström E & Montin S. (2021) *Klimatförändringarnas inverkan på vattenkraften*. Rapport 2021:743.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). (2013). *Framtida perioder med hög risk för skogsbrand. Analyser av klimatscenarier*. MSB535. 2013. ISBN 978-91-7383-323-3
- Naturvårdsverket. (2021). *Hänsynsreglernas tillämpning gällande klimat*.
<https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Hansynsreglerna--kapitel-2-miljobalken/Tillampning-gallande-klimat/> (Hämtad 2021-01-12).
- Regeringskansliet. (2021). *Milstolpe för arbetet med elektrifieringsstrategin*,
<https://www.regeringen.se/artiklar/2021/03/milstolpe-for-arbetet-med-elektrifieringsstrategin/> (hämtad 2021-06-30)
- Regeringskansliet (2022) *Nationell strategi för elektrifiering – en trygg, konkurrenskraftig och hållbar elförsörjning för en historisk klimatomställning*
- Skogsstyrelsen. (2021). *Skogsbruk och skador på samhällsfunktioner. Analys av situationen idag och i ett framtida klimat samt åtgärdsförslag*. Utkast 2021-03-10.
- SMHI. (2020). *Temperaturens ökning i Sverige sedan 1800-talet*.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges->

<https://www.svk.se/klimat/temperatures-okning-i-sverige-sedan-1800-talet-1.158913?l=null>

(Hämtad 2021-02-16)

SMHI. (2021). *Klimatscenarier*. <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/uppvarmningsnivaer/> [Hämtad 2021-01-12].

Svenska kraftnät. (2016). *Handlingsplan vid brand i kraftledningsgator samt risker och påverkan på luftledningsmateriel, anvisning för underhållsingenjörer och driftoperatörer*. Diarienummer: 2016/878

Svenska kraftnät. (2018). *Klimat- och sårbarhetsanalys 2018, Svar på uppdrag i Svenska kraftnäts regleringsbrev*. Ärendenummer SvK 2018/654.

Svenska kraftnät. (2018a). *Svar på hemställan om information om skogsbrändernas påverkan på elsystemet (2018-07-23 och 2018-08-13)*.

Svenska kraftnät, Teknik, <https://www.svk.se/utveckling-av-kraftsystemet/transmissionsnatet/utbyggnadsprocessen/teknik/#Darfor.Inte.gava.Ned> [hämtad 2021-06-30]

Svenska kraftnät. (2020). *Risikanalyser 2021 enligt förordningen om intern styrning och kontroll*. Ärendenummer SvK 2020/3688.

Svenska kraftnät. (2021). *Långsiktig marknadsanalys 2021, Scenarier för elsystemets utveckling fram till 2050*. Ärendenummer SvK 2019/3305.

Veibäck E. & Wedebrand C. (2018) *Litteraturstudie om framtidens elförsörjning och elberedskap*. FOI

Vikberg E, Thunholm B, Thorsbrink M & Dahné J. (2015) *Grundvattennivåer i ett förändrat klimat – nya klimatscenarier*. SGU-rapport 2015:19.

WMO. (2020). *Statement on the State of the Global Climate in 2019*, No. 1248, https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10211

Svenska kraftnät är ett statligt affärsverk med uppgift att förvalta Sveriges transmissionsnät för el, som omfattar ledningar för 400 kV och 220 kV med stationer och utlandsförbindelser. Vi har också systemansvaret för el. Vi utvecklar transmissionsnätet och elmarknaden för att möta samhällets behov av en säker, hållbar och ekonomisk elförsörjning. Därmed har Svenska kraftnät också en viktig roll i klimatpolitiken

SVENSKA KRAFTNÄT
Box 1200
172 24 Sundbyberg
Sturegatan 1

Tel: 010-475 80 00
Fax: 010-475 89 50
www.svk.se

