

# Klimatets effekter på biologisk mångfald i Sverige

En kunskapssammanställning med sårbarhetsanalys och förslag på indikatorer

---

Naturvårdsverket  
Havs- och vattenmyndigheten  
SLU Artdatabanken

RAPPORT 7179 | APRIL 2025



# Klimatets effekter på biologisk mångfald i Sverige

En kunskapssammanställning med sårbarhetsanalys  
och förslag på indikatorer

Redaktion:

Susann Östergård, Timo Persson  
Naturvårdsverket

Anki Weibull, Wenche Eide  
SLU Artdatabanken

Elisabeth Undén  
Havs- och vattenmyndigheten

Naturvårdsverket  
Havs- och vattenmyndigheten  
SLU Artdatabanken

**Naturvårdsverket**

Tel: 010-698 10 00

E-post: [registrator@naturvardsverket.se](mailto:registrator@naturvardsverket.se)

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se)

ISBN 978-91-620-7179-0

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2025

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2025

Omslagsfoto: Ljungblåvinge (Plebejus argus). Fotograf: Bengt Ekman (TT)

# Förord

Den pågående klimatförändringen har storskaliga effekter på alla typer av ekosystem, såväl på land som i vatten. Livsmiljöer för växter och djur påverkas men även ekosystemtjänster som vi ofta tar för givna och som i många fall sätter guldkant på tillvaron, exempelvis att en sommarkväll kunna servera en nygrillad, egenfångad röding.

Det finns kunskap om klimatförändringens påverkan och effekt på naturen; dess arter och naturtyper i Sverige. Kunskapen är dock inte alltid tillräcklig för att identifiera de åtgärder som behöver prioriteras för att stoppa förlusten av biologisk mångfald och för utformning av klimatanpassningsåtgärder som gynnar densamma. Denna brist är något som uppmärksammas särskilt inom det nationella och regionala klimatanpassningsarbetet. Det saknas bland annat indikatorer som ger tillräckligt stöd för att på ett samordnat och strategiskt sätt följa klimatförändringens effekter på ekosystemen.

Syftet med rapporten är att fylla kunskapsluckor och att bidra till insikter och nya kunskaper om klimatförändringens effekter på biologisk mångfald i Sverige. Vi hoppas att rapportens innehåll kan inspirera till vidare kunskapsspridning och ett förbättrat stöd i klimatanpassningsarbetet för en hållbar förvaltning av naturresurserna.

Rapporten är framtagen under ledning av Naturvårdsverket i samverkan med Havs- och vattenmyndigheten och SLU Artdatabanken samt med ekonomiskt stöd från SMHI. Vi har haft stort stöd genom de inspel vi fått från forskare och sakkunniga vid universitet och myndigheter. Wenche Eide, Karin Ahrne, Ulf Bjelke, Urban Gunnarsson, Per Toräng och Eddie von Wachenfeldt vid SLU Artdatabanken har lämnat underlag till kapitel 3, 4.2–3 och 5.

Stockholm, april 2025

Fredrik Hannerz  
Avdelningschef, Naturavdelningen

Karin Dunér  
Avdelningschef, Avdelningen för  
planering, prövning och tillsyn

# Innehåll

<b>Förord</b>	3
<b>Sammanfattning</b>	5
<b>Summary</b>	7
<b>1. Inledning</b>	9
<b>2. Klimatförändringens påverkansfaktorer</b>	12
2.1 Ett klimat i förändring	12
2.2 Klimatindikator temperatur	13
2.2.1 Temperaturökningens betydelse för vattentemperaturer i sjöar, vattendrag och hav	15
2.3 Klimatindikator vegetationsperiodens längd	16
2.4 Klimatindikator nederbörd	17
2.5 Grundvatten	19
2.6 Klimatindikator snö- och isförhållanden	20
2.7 Klimatindikator havsvattenstånd	21
2.8 Extrema väderhändelser	22
<b>3. Klimatförändringens effekt på svensk naturmiljö</b>	24
3.1 Biologisk mångfald och klimatförändringen – hur hänger det ihop?	24
3.2 Klimatet och andra påverkansfaktorer	26
3.3 Klimatförändringens effekter på naturtyper och arter	29
3.3.1 Insekter	29
3.3.2 Sjöar och vattendrag	33
3.3.3 Hav	38
3.3.4 Marina kustmiljöer	41
3.3.5 Våtmarker	43
3.3.6 Fjäll	47
3.3.7 Skog	54
3.3.8 Odlingslandskapet	56
<b>4. Förslag på indikatorer</b>	59
4.1 Indikatorer och modeller för att beskriva orsakssamband	59
4.1.1 Definition och användning	59
4.1.2 DPSIR-modellen	60
4.2 Förslag på indikatorer – terrestra miljöer	61
4.3 Förslag till indikatorer – akvatiska miljöer	65
<b>5. Reflektioner inför fortsatta arbeten</b>	70
5.1 Indikatorer för uppföljning	70
5.2 Kunskapsluckor	71
5.3 Forskning kopplat till klimatmodellering för biologisk mångfald	72
<b>6. Källhänvisning</b>	73

# Sammanfattning

Denna rapport återger en nulägesbild av det samlade kunskapsläget kring hur klimatförändringens effekter påverkar den svenska naturmiljön. Rapporten ger även förslag till indikatorer för att genom miljöövervakning kunna följa utvecklingen över tid.

Redan idag har vår planet blivit drygt 1 grad varmare jämfört med förindustriell tid, och mätserier för klimatförändringens påverkan i Sverige pekar på tydliga förändringar i såväl temperatur som nederbördsmonster. Rapporten visar att flera av klimatförändringens effekter; förändrade nederbördsmonster, högre temperatur, minskat snötäcke, längre växtsäsong, grundvattennivåer, stigande havsnivåer och fler extremväder, kommer få betydelse för samtliga av Sveriges naturtyper och dess arter. För skandinaviska förhållanden är det troligt att klimatförändringen kommer att ge en förskjutning norrut av de olika växtzonerna och artförekomsterna, i takt med att klimatet blir varmare. En sådan förskjutning medför nya och förändrade utbredningsområden, konkurrensförhållanden och interaktioner mellan arter, där somliga arter väntas gynnas, medan andra trängs undan.

I den svenska fjällkedjan sker temperaturökningen närmast dubbelt så snabbt som det globala genomsnittet, vilket sätter stor press på nordliga och arktiska arter som är knutna till denna naturtyp. Här finns många specialiserade arter med begränsad möjlighet till nordlig förflyttning, vars livsutrymmen minskar. Flertalet klimatbetingade effekter så som minskande och förändrade snöförhållanden, ökat antal nollgenomgångar, ökad igenväxningstakt av kalfjällsmiljöer, förändrade biotiska interaktioner, utbredning av sydliga och invasiva främmande arter samt högre temperaturer påverkar fjällmiljöns arter. Några exempel som pekas ut i rapporten är dovresnögräs, järv, ren, fjällhumla och smågnagare.

Ett varmare och mer nederbördsrikt klimat riskerar att leda till en rad olika effekter med betydelse för sjöar och vattendrag. Högre vattentemperaturer, förändrade flöden, minskat istäcke, syrebrist, brunifiering, uttorkning och förändrad markanvändning påverkar såväl enskilda arter som hela näringsväven. Särskilt kallvattensarter såsom röding, sik och stormussla riskerar att påverkas negativt. En del sötvattensknutna arter, exempelvis trollsländor, väntas emellertid gynnas av ett varmare klimat.

Ett förändrat klimat medför också förändringar i vattentemperaturer, salthalt, brunifiering, pH-värden, syresättning, isläggningens mönster, vind- och vågmönster samt strömmar, vilket väntas få betydande konsekvenser för havens ekosystem. Analyser visar att påverkan från klimatförändringar är i storleksordning lika stor som all kumulativ miljöpåverkan som finns från andra belastningar i nuläget. Några arter som påverkas enligt rapporten är exempelvis blåstång, ålgräs och vikare. Även arter som lever i marina kustmiljöer påverkas, där exempelvis sandödlor och fältpiplärka hotas av minskade livsutrymmen vid havsnivåhöjning eller utbredning av nya invasiva främmande arter så som kotula.

Våtmarker utgör viktiga ekosystem för såväl biologisk mångfald som klimatet och är särskilt känsliga för höga temperaturer och torka. Olika våtmarkstyper påverkas olika av klimatförändringen men ett generellt mönster av ökad trädväxt på myrmarkerna är synlig i Sverige. Särskilt känsliga är de så kallade palsmyrarna som kollapsar till följd av tinande permafrost.

Den svenska skogen väntas gynnas av ett varmare klimat med längre växtsäsong. Exempelvis har trädgränsen för fjällbjörk, gran och tall på många platser flyttats uppemot 200 meter under det senaste århundradet, vilket är i linje med den uppmätta temperaturändringen. Samtidigt ökar klimatrelaterade störningar i skogen såsom frostsador, torka, skogsbränder, stormskador, trädjukdomar och insektsangrepp. Detta påverkar förutsättningar för såväl artsammansättning som utbredning. De arter som lever i skogen påverkas bland annat av förändrat och minskat snötäcke, trädgränsens förskjutning och förändringar i träslagssammansättning.

Odlingslandskapet och de arter som är knutna till dessa livsmiljöer påverkas bland annat av temperaturökningar och förändrade nederbördsmonster som medför längre växtsäsong och torrare förhållanden i delar av södra Sverige. Värme-gynnade arter väntas gynnas på bekostnad av nordliga arter, och förändringar i blomningssäsong kan påverka tillgången till nektar och pollen för många insekter. Många av de fågelarter som övervintrar på sydligare breddgrader anländer också allt tidigare på våren. Markanvändningen spelar en mycket stor roll för den biologiska mångfalden och därtill ekosystemens välmående och motståndskraft. Markanvändningen i sig väntas påverkas av klimatförändringar, där exempelvis förändrade brukningsmetoder som svar på förändringar, på kortare sikt, vilket kan få större betydelse för den biologiska mångfalden än klimatförändringens effekter.

Ett förändrat klimat kan alltså förväntas leda till betydande förändringar för Sveriges biologiska mångfald, för såväl för enskilda arter som naturtyper, som de ingående ekologiska funktionerna i ekosystemen. Att ta fram indikatorer för att kunna identifiera och följa klimatförändringens påverkan på arter och naturmiljöer blir därmed en central del i arbetet med att kunna prioritera och peka ut lämpliga naturvårdsinsatser. I denna rapport presenteras ett första utkast med förslag på indikatorer för såväl terrestra som akvatiska ekosystem för att kunna följa förändringarna i naturmiljön. Indikatorerna bygger främst på data från befintliga mätserier samt medborgarforskning.

För terrestra miljöer pekar rapporten ut förslag på lämpliga indikatorer inom fenologi, arters utbredning, temperaturindex för växter, areal öppen myr, förekomst av invasiva främmande arter samt areal glaciär och andra livsmiljöer. För akvatiska miljöer lämnas ett 30-tal förslag på såväl direkta indikatorer med data från provfiske, nationell och regional miljöövervakning som indirekta indikatorer så som förändringar i pH-värdren, salinitet, vattenfärg eller vattenkemiförändringar. Det större antalet akvatiska indikatorer ska ses som en verktygslåda från vilken lämpliga indikatorer kan väljas ut.

# Summary

This report presents a current picture of the overall state of knowledge about how the effects of climate change affect the Swedish natural environment. The report also proposes indicators to be able to follow developments over time through environmental monitoring.

Our planet has already become more than one degree warmer compared to pre-industrial times, and measurement series for the impact of climate change in Sweden point to clear changes in both temperature and precipitation patterns. The report shows that several of the effects of climate change; changed precipitation patterns, higher temperatures, reduced snow cover, longer growing seasons, groundwater levels, rising sea levels and more extreme weather will have an impact on all of Sweden's habitat types and their species. For Scandinavian conditions, it is likely that climate change will cause a northward shift of the different growing zones and species abundance as the climate warms. Such a shift entails new and changed ranges, competitive conditions and interactions between species, where some species are expected to benefit while others are displaced.

In the Swedish mountain range, the temperature increase is almost twice as fast as the global average, which puts great pressure on northern and Arctic species that are linked to this habitat type. There are many specialized species here with limited opportunities for northward migration, whose habitats are reduced. Several climate-related effects such as decreasing and changing snow conditions, zero crossings, increased overgrowth rate of bare mountain environments, altered biotic interactions, distribution of southern and invasive species and higher temperatures affect the species in the mountain environment. Some examples that are pointed out in the report are snowgrass, wolverine, reindeer, mountain bumblebee and small rodents.

A warmer and more precipitous climate risks leading to a number of different effects of significance for lakes and watercourses. Higher water temperatures, altered flows, reduced ice cover, oxygen deficiency, brownification, drying out and changes in land use affect both individual species and the entire food web. Cold-water species such as char, whitefish and large mussels are particularly at risk of being negatively affected. However, some freshwater-related species, such as dragonflies, are expected to benefit from a warmer climate.

A changing climate also entails changes in water temperatures, salinity, brownification, pH values, oxygenation, ice formation patterns, wind and wave patterns and currents, which are expected to have significant consequences for the ocean's ecosystems. Analyses show that the impact of climate change is in the order of magnitude of all the cumulative environmental impacts that exist from other pressures at present. Some species that are affected according to the report are, bladderwrack, eelgrass and ringed seal. Species living in marine coastal environments are also affected, where, for example, the sand lizard and the field pipit are threatened by reduced habitats in the event of sea level rise or the spread of new invasive species such as the cotula.



Wetlands are important ecosystems for both biodiversity and the climate challenges and are particularly sensitive to high temperatures and droughts. Different types of wetlands are affected differently by climate change, but a general pattern of increased tree growth on the marshes is visible in Sweden. Particularly sensitive are the so-called palsa mires, which are collapsing as a result of thawing permafrost.

The Swedish forest is expected to benefit from a warmer climate with a longer growing season. For example, in many places, the tree line for mountain birch, spruce and pine has moved up to 200 m over the past century, which is in line with the measured temperature change. At the same time, climate-related disturbances in the forest such as frost damage, drought, forest fires, storm damage, tree diseases and insect attacks are increasing. This affects the conditions for both species composition and distribution. The species that live in the forest are affected by, among other things, changes and decreases in snow cover, the shift in the tree line and changes in the composition of wood species.

The agricultural landscape and the species associated with these habitats are affected by, among other things, temperature increases and changed precipitation patterns that lead to longer growing seasons and drier conditions in parts of southern Sweden. Heat-favoured species are expected to benefit at the expense of northern species, and changes in the flowering season can affect the availability of nectar and pollen for many insects. Many of the bird species that winter in more southern latitudes also arrive earlier in the spring. Land use plays a major role in biodiversity and the well-being and resilience of ecosystems. Land use itself is expected to be affected by climate change, where, for example, changes in farming practices in response to change, in the short term, which may have a greater impact on biodiversity than the effects of climate change.

A changing climate can thus be expected to lead to significant changes for Sweden's biodiversity, both in terms of individual species and habitat types, as well as the constituent ecological functions of the ecosystems. Developing indicators to be able to identify and monitor the impact of climate change on species and natural environments will thus be a central part of the work of being able to prioritise and point out appropriate nature conservation efforts. This report presents a first draft with proposals for indicators for both terrestrial and aquatic ecosystems in order to be able to follow the changes in the natural environment. The indicators are mainly based on data from existing measurement series and citizen science.

For terrestrial environments, the report suggests suitable indicators; phenology, species distribution, temperature index for plants, area of open peatland, occurrence of invasive species, and area of glacier and other habitats. For aquatic environments, about 30 proposals are submitted for both direct indicators with data from test fishing, national and regional environmental monitoring as well as indirect indicators such as changes in pH weather, salinity, watercolor or water chemistry changes. The greater number of aquatic indicators should be seen as a toolbox from which appropriate indicators can be selected.

# 1. Inledning

Klimatförändringens effekter leder till att arter och deras livsmiljöer riskerar att försvinna, flytta eller minska i utbredning. Samtidigt kan andra arter få nya och utökade utbredningsområden. Sammantaget väntas klimatförändringen leda till en omfattande påverkan på den svenska naturmiljön och flera förändringsmönster är synliga redan idag. Enligt SLU Artdatabanken bedöms drygt 400 i Sverige rödlistade arter påverkas av klimatet, varav blott ett fåtal positivt.

Den vetenskapliga grunden för att klimatförändringen påverkar ekosystem och biologisk mångfald växer och detta reflekteras i olika internationella sammanhang så som i globala konventioner till politiska processer genom policyer och mål. Både FN:s kunskapspanel IPBES liksom IPCC har tagit fram flera rapporter som visar hur tillståndet för biologisk mångfald och ekosystem påverkas av klimatet. Dessa är en grund för det nya ramverket för biologisk mångfald som beslutades inom konventionen för Biologisk mångfald (CBD) i december 2022. Även arbetet inom EU adresserar utmaningen kring klimat och biologisk mångfald bland annat genom strategin för biologisk mångfald som sträcker sig till 2030, men också genom den naturrestaureringsförordning som trädde i kraft 2024.

Kunskap om klimatförändringens betydelse för den svenska naturmiljön har så klart en stor betydelse för den nationella naturvården och dess framtida utveckling. Forskning visar tydligt att det finns möjlighet att både stärka och bevara ekosystemens motståndskraft mot klimatförändringar genom en adaptiv förvaltning<sup>1</sup>. För detta krävs emellertid god kunskap om både rådande och kommande förutsättningar i naturen. I detta arbete har Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten en central och vägledande roll, där myndigheterna genom sitt klimatanpassningsuppdrag<sup>2</sup> ska verka för att länsstyrelser och andra aktörer har bästa möjliga kunskap och förutsättningar att hantera den utmaning som ett förändrat klimat innebär för den svenska naturvården.

Naturvårdsverket har därför tillsammans med Havs- och vattenmyndigheten, med bidrag från SMHI och med expertstöd från SLU Artdatabanken, drivit projektet *KlimBio: Klimatförändringens betydelse för Sveriges naturmiljö – kunskapsyntes och förslag till indikatorer för uppföljning av effekter på biologisk mångfald* under 2022–2024.

Projektet har syftat till att sammanställa och analysera rådande kunskapsläge kring klimatförändringens betydelse för svensk naturmiljö. Utöver denna uppgift har uppdraget även innefattat att ta fram förslag på lämpliga indikatorer för att kunna följa förändringen över tid.

Resultatet utgör ett underlag till stöd för myndigheter med ansvar för miljöövervakning och relevanta uppföljningsarbeten, samt i förlängningen planerare, beslutsfattare och utförare av klimatanpassningsåtgärder – men också den intresserade allmänheten.

---

<sup>1</sup> Ranius, T., Widenfalk, L.A., Seedre, M. et al. Protected area designation and management in a world of climate change: A review of recommendations. *Ambio* 52, 68–80 (2023). <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01779-z>

<sup>2</sup> Förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete.

## Behovet av en samlad kunskapsöversikt

Idag pågår en hel del forskning kring klimatförändringens betydelse för biologisk mångfald. Samtidigt har det saknats en till det svenska klimatanpassningsarbetet anpassad sammanställd bild av rådande kunskapsläge, vilket har försvärat möjligheten att identifiera vilka klimatrelaterade hot som den svenska naturvården behöver anpassa sig till.

För att hantera denna utmaning har denna rapport på ett översiktligt sätt sammanställt den rådande vetenskapliga kunskapen kring hur olika naturtyper och arter, i både terrestra och akvatiska ekosystem, bedöms påverkas av klimatförändringen i Sverige på ett översiktligt sätt.

## Behovet av indikatorer för att följa utvecklingen

I det globala ramverket för biologisk mångfald, som beslutats inom CBD, preciseras åtgärds mål som ska följas upp. Likaså ställer EU:s strategi, och våra nationella mål och åtaganden, krav på miljöövervakning och uppföljning. När det gäller miljöövervakning pågår inom ramen för EU:s program Horizon Europe ett partnerskap, Biodiversa+, som syftar till att understödja en gemensam utveckling av miljöövervakning för biologisk mångfald.

Ett flertal länder har tagit fram indikatorer för att kunna följa klimatförändringens påverkan på naturmiljön. Sådana indikatorer har emellertid saknats i Sverige. Endast ett fåtal av de indikatorer som används i miljömålsuppföljningen och miljöövervakningen idag är av relevans för uppföljning av effekter från klimatförändringen. Denna brist har pekats ut av såväl Nationella expertrådet för klimatanpassning (2022<sup>3</sup>), genom SMHI:s regeringsuppdrag om att föreslå indikatorer för uppföljning av Sveriges klimatanpassningsarbete (2020<sup>4</sup>) samt av Naturvårdsverket genom den Fördjupade utvärderingen av miljömålen (2023<sup>5</sup>).

För att kunna mäta, följa och hantera klimatförändringens effekter på den biologiska mångfalden presenteras därför i denna rapport ett antal förslag på indikatorer. Föreslagna indikatorer är utvalda för att kunna implementeras som en del av den löpande miljöövervakningen i Sverige.

På sikt lägger indikatorerna också en grund för att kunna utveckla arbetet med att följa upp effekter av klimatanpassningsåtgärder i Sverige avseende naturmiljö och ekosystem med utgångspunkt i vårt nationella arbete med klimatanpassning.

---

<sup>3</sup> [https://klimatanpassningsradet.se/polopoly\\_fs/1.180289!/Rapport%20fr%C3%A5n%20Nationella%20expertr%C3%A5det%20f%C3%B6r%20klimatanpassning%202022.pdf](https://klimatanpassningsradet.se/polopoly_fs/1.180289!/Rapport%20fr%C3%A5n%20Nationella%20expertr%C3%A5det%20f%C3%B6r%20klimatanpassning%202022.pdf)

<sup>4</sup> [https://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.167671!/Klimatologi\\_60%20F%C3%B6rslag%20p%C3%A5%20system%20f%C3%B6r%20uppf%C3%B6ljning.pdf](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.167671!/Klimatologi_60%20F%C3%B6rslag%20p%C3%A5%20system%20f%C3%B6r%20uppf%C3%B6ljning.pdf)

<sup>5</sup> <https://www.naturvardsverket.se/publikationer/7000/978-91-620-7088-5/>

## 1.1. Metod, disposition och avgränsning

Rapporten har utformats utifrån metodiken i en klimat- och sårbarhetsanalys<sup>6</sup>, där den första delen beskriver ett antal klimatologiska faktorer (temperatur, nederbörd, snöförhållanden m.m.) som bedömts ha särskild betydelse för biologisk mångfald. Därefter följer en beskrivning av rådande kunskapsläge om hur den svenska naturmiljön förväntas påverkas av de klimatologiska faktorer som lyfts fram i kapitel 2.

Analysen börjar med att fokusera på insekter som en intressant artgrupp som i stort är kortlivade och kan svara snabbt på förändringar. Sedan kommer en genomlysning av klimatförändringens effekter på olika landskapstyper: Sjöar och vattendrag, hav, marina kustmiljöer, våtmarker, fjäll, skog och odlingslandskap. Under respektive avsnitt beskrivs påverkan på naturtypen och dess betydelse utifrån klimateffekter samt exempel på hur olika artgrupper knutna till naturtypen väntas påverkas.

I kapitel 4 följer förslag på indikatorer som stöd för att följa klimatförändringens effekter i terrestra miljöer. För de akvatiska miljöerna följer en bruttolista som bygger på befintliga dataserier inom dagens myndighetsarbete, vilken kan användas för fortsatt arbete med att ta fram förslag. I kapitel 5 följer reflektioner kring indikatorer, kunskapsluckor och behov av vidare forskning.

---

<sup>6</sup> <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/miljoskydd/miljopaverkansbedomning/ss-en-iso-1409120212/>

## 2. Klimatförändringens påverkansfaktorer

### 2.1 Ett klimat i förändring

Slutsatser från FN:s klimatpanel (IPCC) visar att jordens globala medeltemperatur redan i dag har stigit med drygt 1 grad (1,1 °C<sup>7</sup>) i jämförelse med slutet av 1800-talet, och nu ökar med cirka 0,2 grader per årtionde<sup>8</sup>. Det är otvetydigt att det är mänsklig påverkan som har värmt upp klimatsystemet, framför allt genom utsläpp av växthusgaser<sup>9</sup>. Det innebär att med rådande utveckling kommer planeten ha blivit 1,5 grader varmare redan år 2035, och 2 grader varmare om ytterligare 20–30 år. IPCC lyfter fram att klimatrelaterade risker för naturliga och mänskliga system är omfattande redan vid 1,5 graders uppvärmning, men betydligt mindre i jämförelse med en uppvärmning till 2 grader.

Enligt IPCC:s senaste sammanställning av det aktuella kunskapsläget behöver de globala växthusgasutsläppen halveras till 2030 jämfört med dagens nivåer för att ligga i linje med Parisavtalets mål om att begränsa den globala uppvärmningen under 2 grader. Runt 2050 behöver de globala koldioxidutsläppen nå netto-noll.

Långa mätserier av både globala och regionala klimatdata visar tydligt på temperatur- och nederbördsförändringar redan idag. Hur stor uppvärmningen blir, och vilka effekterna blir på klimatet i övrigt, beror på tidshorisont, grad av mänsklig klimatpåverkan, klimatsystemets känslighet samt intern naturlig variabilitet som periodvis kan förstärka eller försvaga långsiktiga trender.

Nedan följer en redogörelse för utvalda klimatindikatorer, vars utvecklingstrender bedöms ha stor inverkan på biologisk mångfald i Sverige. Urvalet har gjorts på basis av tillgänglighet avseende regionalt och lokalt nerskalade klimatdata samt dess inverkan på arter och naturtyper i Sverige. Utöver traditionella klimatindikatorer så som temperatur, nederbördsmonster eller vegetationsperiod har även havsnivåhöjning, vattentemperatur och extrema väderföreteelser inkluderats, då de bedöms ha betydande påverkan på arter och naturtyper.

Referensperioder används som en baslinje i olika typer av presentationer. Valet av till exempel referensperioden 1971–2000 kan upplevas som kort i sammanhanget och att den inte synliggör de förändringar i klimatet som skett även innan den valda perioden. Det kan förstås vara förändringar som har stor betydelse för den påverkan vi ser på ekosystem och biologisk mångfald idag.

---

<sup>7</sup> WMO state of the climate <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/wmo-statement-state-of-global-climate>

<sup>8</sup> IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

<sup>9</sup> IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. In Press.

## 2.2 Klimatindikator temperatur

En styrande faktor för klimatet i Sverige är förändringar i temperatur till följd av klimatförändringen. Medeltemperaturen i Sverige har idag ökat med 1,9 °C jämfört med perioden 1861–1890<sup>10</sup> och klimatscenerierna för Sverige visar att årsmedeltemperaturen för Sverige stiger i samtliga delar av landet, där den mest framträdande ökningen syns i norra Sverige. Vid slutet av seklet väntas medeltemperaturen i Sverige öka med 2–6 grader från perioden 1961 till 1990, med störst förändring (5–6 grader) i norra Sverige, beroende på klimatscenario.<sup>11</sup> Temperaturförändringen i Sverige sticker ut globalt och årsmedeltemperaturen ökar ungefär dubbelt så snabbt som det globala genomsnittet. På motsvarande sätt minskar antal dagar med kalla förhållanden. Kalla extremer fortsätter minska i frekvens och intensitet. Särskilt stora skillnader kan inträffa när snö- och istäcket försvinner, vilket gör att förutsättningarna för riktigt låga temperaturer minskar.

Samtidigt finns det också stora regionala och säsongsbaserade skillnader vad gäller temperatur. Den största temperaturökningen kan ses under vintern i norra Sverige samt över Bottenviken, och den lägsta under vintern i landets södra delar, i södra Östersjön samt i Nordatlanten utanför norska kusten. Vintern är också den årstid då variationen mellan enskilda år är som störst, vilket innebär att i framtiden kommer det finnas vintrar som både är betydligt varmare och kallare än medelklimatet. Under sommaren syns, likt vintersäsongen, den största temperaturskillnaden i norra Sverige. Regionalt och till och med lokalt kan det skilja sig mycket när det kommer till prognosticerade temperaturökningar, vilket får lokala konsekvenser. Bland annat bidrar det till smältande glaciärer och en tinande permafrost.<sup>12</sup>

Det allt mildare klimatet i norr innebär också att det blir vanligare med dagar med nollgenomgångar, det vill säga att temperaturen under samma dygn ligger både över och under 0 °C. I söder minskar nollgenomgångarna liksom för hela landet på årsbasis men under vintermånaderna kan detta alltså komma att bli vanligare i norr. Att studera temperaturförändringar är särskilt intressant eftersom det styr andra klimatrelaterade faktorer så som fler och extremare väderföreteelser, till exempel skyfall, värmeböljor, torka eller vegetationsperiodens längd och förskjutning. Förändringar i temperatur har en avgörande påverkan på den svenska naturmiljön med inverkan på såväl fenologi som artutbredning och förekomst.<sup>13</sup>

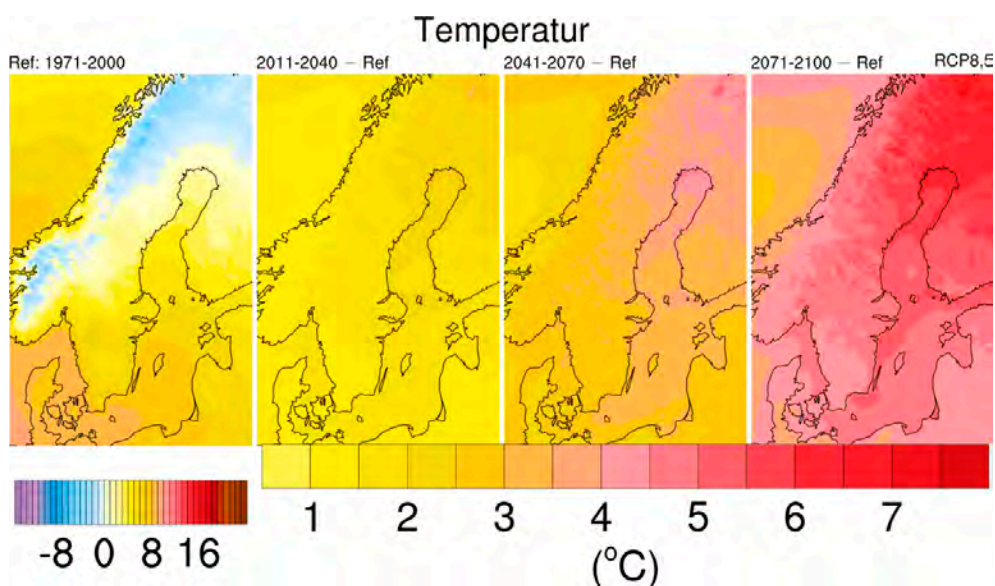
---

<sup>10</sup> Observerad klimatförändring i Sverige 1860–2021, Semjon Schimanke, Magnus Joelsson, Sandra Andersson, Thomas Carlund, Lennart Wern, Sverker Hellström, Erik Kjellström, KLIMATOLOGI nr 69, 2022. Observera att siffran inte kan jämföras med jordens globala medeltemperatur på 1,1 °C som anges ovan.

<sup>11</sup> <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindikatorer/klimatindikator-temperatur-1.2430>

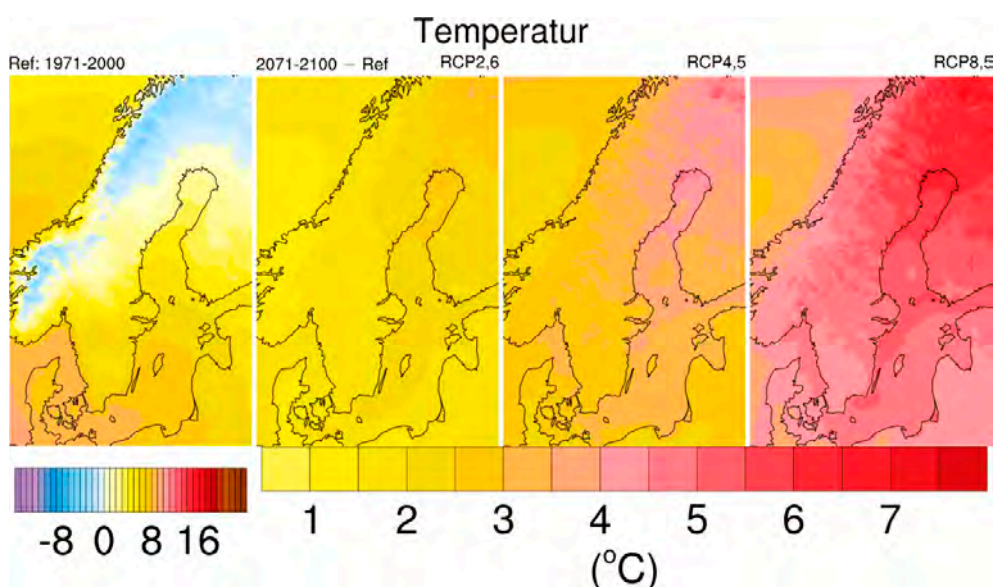
<sup>12</sup> [https://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.1802191/Klimatologi\\_64%20Klimatinformation%20som%20st%C3%B6d%20%C3%B6r%20samh%C3%A4llets%20klimatanpassningsarbete.pdf](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.1802191/Klimatologi_64%20Klimatinformation%20som%20st%C3%B6d%20%C3%B6r%20samh%C3%A4llets%20klimatanpassningsarbete.pdf)

<sup>13</sup> <https://www.naturvardsverket.se/4ace23/contentassets/469a59fe37ac46369fdf9d44e33a806f/handlingsplan-klimatanpassning-2023.pdf>



Figur 1. I den vänstra delen av figuren visas medelvärde över årsmedeltemperatur för referensperiodens klimat (1971–2000). I figurens högra del framkommer skillnader mellan referensperioden och de tre framtida scenarioperioderna 2011–2040, 2041–2070 och 2071–2100 för scenariot RCP 8,5. I figuren synliggörs inte den förändring i klimatet som skett före referensperioden. Denna kan ha betydelse för de reaktioner som väntas eller blivit synliga hos arter, naturtyper eller ekosystem idag.

Källa: SMHI



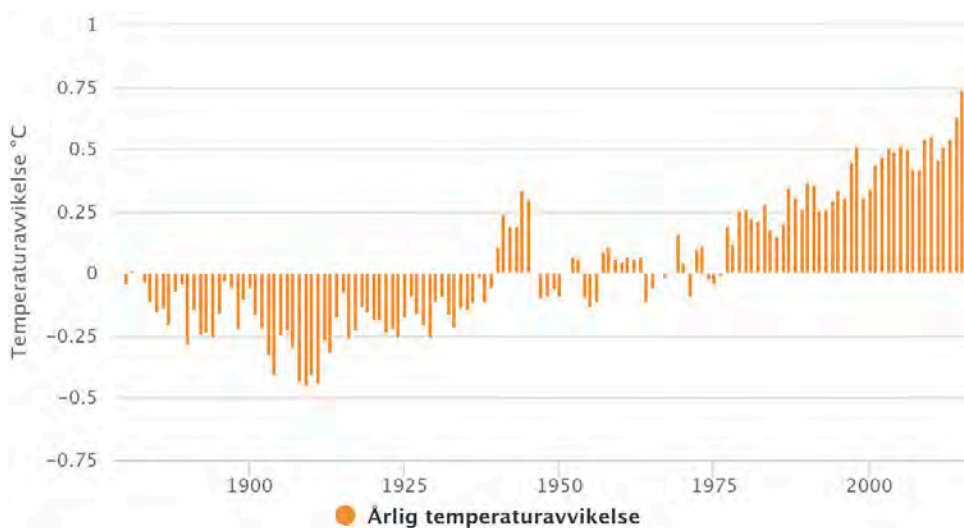
Figur 2. I den vänstra delen av figuren visas medelvärde över årsmedeltemperatur för referensperiodens klimat (1971–2000). Figurens högra del visar på förändringen i samtliga tre scenarier RCP 2,6, RCP 4,5 och RCP 8,5 vid slutet av seklet (2071–2100) jämfört med under referensperioden. I figuren synliggörs inte den förändring i klimatet som skett före referensperioden. Denna kan ha betydelse för de reaktioner som väntas eller blivit synliga hos arter, naturtyper eller ekosystem idag.

Källa: SMHI.

## 2.2.1 Temperaturökningens betydelse för vattentemperaturer i sjöar, vattendrag och hav

Havens förmåga att lagra värme har en central roll i att stabilisera klimatet på jorden. Studier visar att under de senaste 50 åren har haven absorberat över 90 procent av den temperaturökning som orsakats av klimatförändringen. Det innebär att världshaven i snitt blivit 1,3 grader varmare sedan förindustriell tid.

Studier visar också att temperaturen i Sveriges kust- och havsvatten stiger nära tre gånger så snabbt som genomsnittet för världshaven, med cirka 0,13 grader per årtionde. Samtidigt finns det i de svenska haven stora säsongsvariationer, där exempelvis ytvattentemperaturen i Bottenviken kan variera med 28 grader mellan vinter och sommar. Även extrema väderförhållanden som värmeböljor, vilka ökar i intensitet och frekvens till följd av klimatförändringen, påverkar yttemperaturen i havet. Detta fenomen har särskilt observerats i Västerhavet.



Figur 3. Graf som visar den årliga temperaturavvikelsen i världshavens ytvatten under perioden 1880–2015, angiven i grader Celsius.

Källa: Sveriges vatten (datakälla: NOAA).

Förhöjda vattentemperaturer i de svenska haven riskerar att påverka flera marina arter negativt, där vissa marina arter redan idag har börjat ändra sin utbredning och förökning.<sup>14</sup> Förhöjda temperaturer påverkar även sjöar och vattendrag. Varmare vattentemperaturer innebär att temperaturskiktningen som vanligtvis sker under sommarhalvåret blir tidsmässigt längre. Detta innebär bland annat en ökad risk för syrebrist i sjöar under sommaren, vilket kan få negativa konsekvenser för bland annat kallvattensarter som är i behov av ett syrerikt bottenvatten i temperaturskiktade sjöar. Exempelvis kan nordliga och högt belägna sjöar bli sårbara, där kallvattensarter till följd av temperaturskiktningen får minskat livsutrymme. Även älvar väntas bli varmare under sommartid till följd av omblandningen, vilket påverkar kallvattenlevande arter så som lax och öring negativt<sup>15</sup>.

<sup>14</sup> <https://www.sverigesvattenmiljo.se/sa-mar-vara-vatten/2021/sammanfattningar/85/15/5#tillstand>

<sup>15</sup> <https://www.sverigesvattenmiljo.se/sa-mar-vara-vatten/2021/sammanfattningar/85/15/5#tillstand>

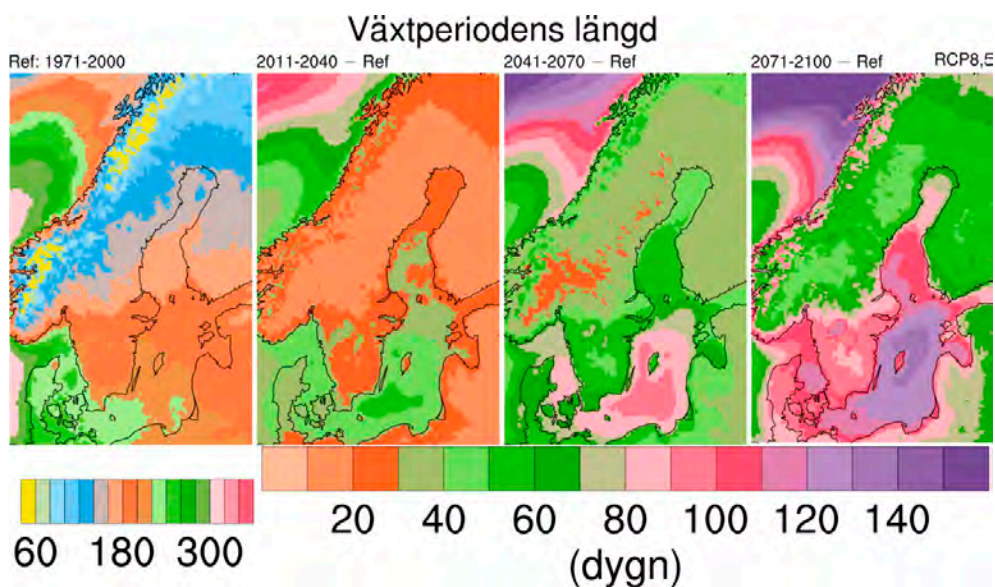


## 2.3 Klimatindikator vegetationsperiodens längd

Med vegetationsperiod avses den period under året som är tillräckligt varm (dygnsmedeltemperaturen överstiger 5 grader över en sammanhängande tidsperiod på 6 dygn) för att olika växter ska kunna växa. När Sveriges klimat blir allt varmare innebär det att vegetationsperioden startar tidigare och slutar senare under året. Denna klimatindikator är särskilt viktig för svensk naturmiljö eftersom den påverkar såväl möjlig odlingssäsong som fenologi och artsammansättning.

Historiskt har Sverige haft distinkta och tydligt avgränsade säsonger med en relativt kort sommarperiod och långa och kalla vintrar. Idag syns emellertid en tydlig förskjutning och förlängning av vegetationsperioden. Den tydligaste trenden kan ses i norra Sverige, där vegetationsperioden ökat med cirka 2 veckor sedan 1980.

Jämfört med klimatet i slutet av 1900-talet visar klimatscenerierna på ökning med 3–4 veckor i stora delar av landet redan vid perioden 2011–2040. Längs kusterna i södra delarna av landet kan ökningen bli ännu större. I scenarier med högre grad av klimatpåverkan ökar vegetationsperiodens längd ännu mer och i mitten av seklet under RCP 8,5 eller vid slutet av seklet i RCP 4,5 är ökningen uppemot 2 månader i stora delar av Götaland och södra Svealand.<sup>16</sup>

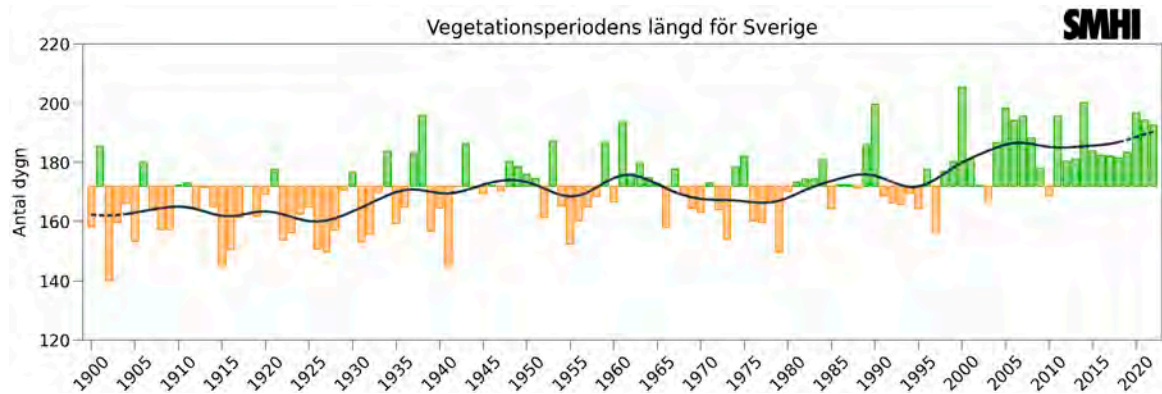


Figur 4. Vegetationsperiodens längd definierad som antal dygn från och med det första dygnet i den första sammanhängande perioden om minst 6 dygn med medeltemperatur > 5 °C, till det första dygnet efter 1:a juli i en sammanhängande period om minst 6 dygn med medeltemperatur < 5 °C. Medelvärde över modellerna för referensperiodens (1971–2000) klimat (vänster) samt i högra delen skillnader mellan referensperioden och de tre framtida scenarioperioderna 2011–2040, 2041–2070 och 2071–2100 för scenariot RCP 8,5. I figuren synliggörs inte den förändring i klimatet som skett före referensperioden. Denna kan ha betydelse för de reaktioner som väntas eller blivit synliga hos arter, naturtyper eller ekosystem idag.

Källa: SMHI.

<sup>16</sup> [https://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.1802191/Klimatologi\\_64%20Klimatinformation%20som%20st%C3%B6d%20f%C3%B6r%20samh%C3%A4llets%20klimatanpassningsarbete.pdf](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.1802191/Klimatologi_64%20Klimatinformation%20som%20st%C3%B6d%20f%C3%B6r%20samh%C3%A4llets%20klimatanpassningsarbete.pdf)

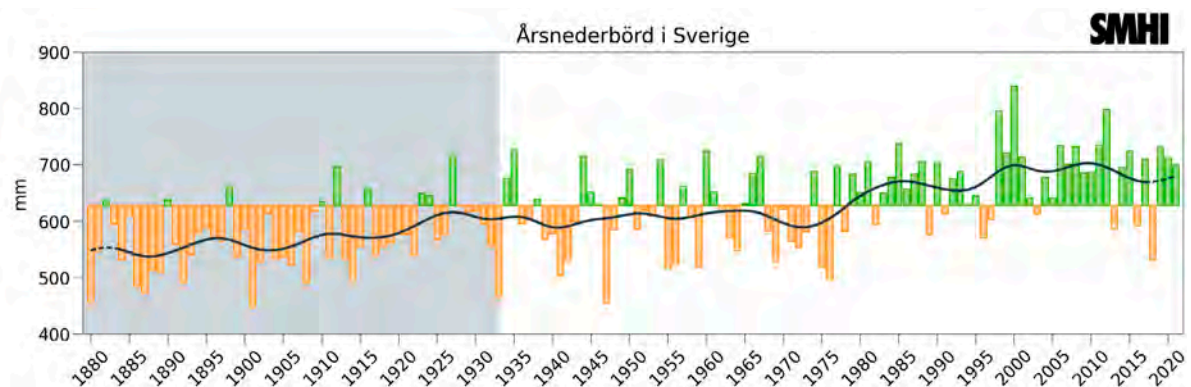
Varmare temperaturer innebär också att vegetationszonerna i Sverige förskjuts norrut. Varje grad av uppvärmning i Sverige motsvarar i snitt en förskjutning av vegetationszonerna med cirka 150 kilometer, vilket får betydelse för de arter som är anpassade till ett visst temperaturklimat som nu skiftar norrut.<sup>17</sup>



Figur 5. Graf över observationer av förändringar vegetationsperiodens längd i Sverige (1900–2020). Staplarna i diagrammet visar uppmätt längd för vegetationsperioden i Sverige. Gröna staplar visar fler och orangea visar färre antal dygn för vegetationsperioden än medelvärdet för normalperioden 1961–1990. Den grå linjen visar ett glidande medelvärde beräknat över ungefär tio år. Källa: SMHI.

## 2.4 Klimatindikator nederbörd

Nederbörden varierar mycket från år till år och från årstid till årstid. I ett varmare klimat väntas nederbörden i medeltal öka. Detta beror bland annat på att varm luft kan innehålla mer vattenånga än kall luft. Utvecklingen beror av i vilken grad utsläppen av växthusgaser fortsätter.

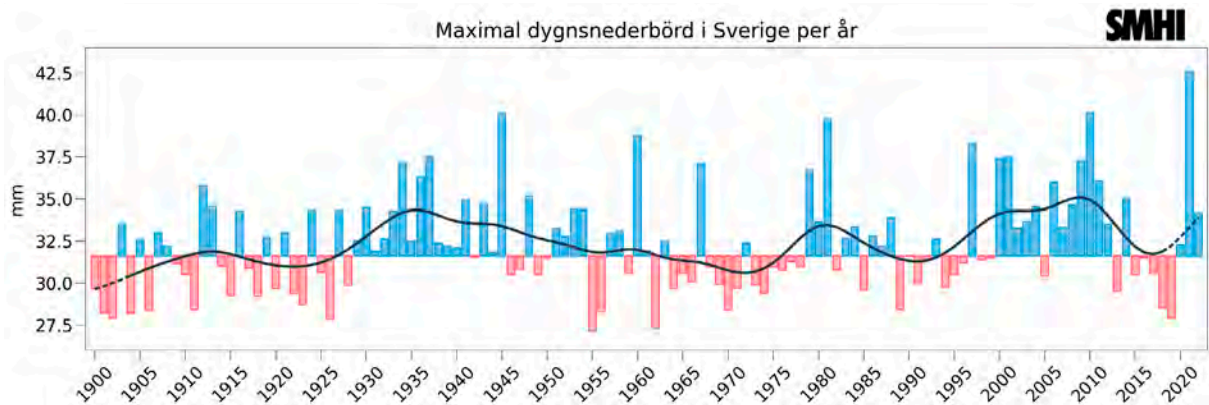


Figur 6. Staplarna i diagrammet visar summerad nederbörd per år. Gröna staplar visar högre och orangea visar lägre nederbörd än medelvärdet för normalperioden 1961–1990. Den grå linjen visar ett glidande medelvärde beräknat på över ungefär 10 år. Observationer innan år 1933 anses ha lägre tillförlitlighet än senare observationer. Detta markeras med en grå skuggning i diagrammet. Det bör iakttas försiktighet vid eventuella klimatologiska slutsatser baserat på denna tidsperiod. Källa: SMHI.

<sup>17</sup> <https://www.naturvardsverket.se/4ace23/contentassets/469a59fe37ac46369fd9d44e33a806f/handlingsplan-klimatanpassning-2023.pdf>

Förändringarna i nederbörd pekar på en ökad nederbörd med ökad grad av klimatpåverkan. Regionala undantag finns som till exempel längst i söder där nederbördsökningen under sommaren är mindre. Nederbördsökningen är som kraftigast i delar av fjällkedjan, längs norrlandskusten samt längs västkusten. Under sommaren är de simulerade ökningarna som tydligast i de norra delarna av landet särskilt i fjällkedjan (SMHI, 2021)<sup>18</sup>. Variationen mellan år, säsong och olika delar av landet är stor (SMHI, webbplats klimatscenariotjänst).

Extrem eller intensiv korttidsnederbörd är den typ av regn som orsakar störst problem med översvämningar i städer. Nordeuropa är en region där extremnederbörd har blivit vanligare. Det går dock inte att enbart baserat på SMHI:s data urskilja några trender i extrem korttidsnederbörd, det vill säga på dygnsbasis eller för högre tidsupplösning. Det finns en trend att maximal dygnsnederbörd vintertid ökar i alla landsdelar. Tydligast är detta för norra Norrland. I övrigt är det svårt att se några entydiga trender och variationerna från år till år är stora.<sup>19</sup>



Figur 7. Staplarna i diagrammet visar maximal dygnsnederbörd i genomsnitt per station i Sverige per år. Blå staplar visar högre och röda visar lägre mängder än medelvärdet för normalperioden 1961–1990. Den grå linjen visar ett glidande medelvärde beräknat över ungefär tio år.

Källa: SMHI.

Trender i nederbörden bör studeras tillsammans med trender i temperatur och vattenföring. Mer nederbörd i scenarierna leder inte odelat till fuktigare markförhållanden eftersom ökad temperatur också leder till kraftigare avdunstning samt ökat vattenupptag av växter, som har en ökad tillväxttakt och längre växtsäsong. Generellt visar scenarierna på fuktigare markförhållanden under stora delar av vintersäsongen särskilt i de norra delarna av landet. Under sommarsäsongen råder omvända förhållanden med många områden där det snarare kan väntas bli torrare i markerna.

Ett varmare klimat innebär en kortare snösäsong samt en tidigare och svagare vårflod. En tydlig trend i framtiden är att risken för översvämning i Sverige minskar på våren. Samtidigt ökar risken under höst och vinter i och med att en större andel av nederbörden faller som regn.

<sup>18</sup> KLIMATOLOGI Nr 64, 2021. Klimatinformation som stöd för samhällets klimatanpassningsarbete. Kjellström m.fl.

<sup>19</sup> Klimatindikator – extrem nederbörd | SMHI

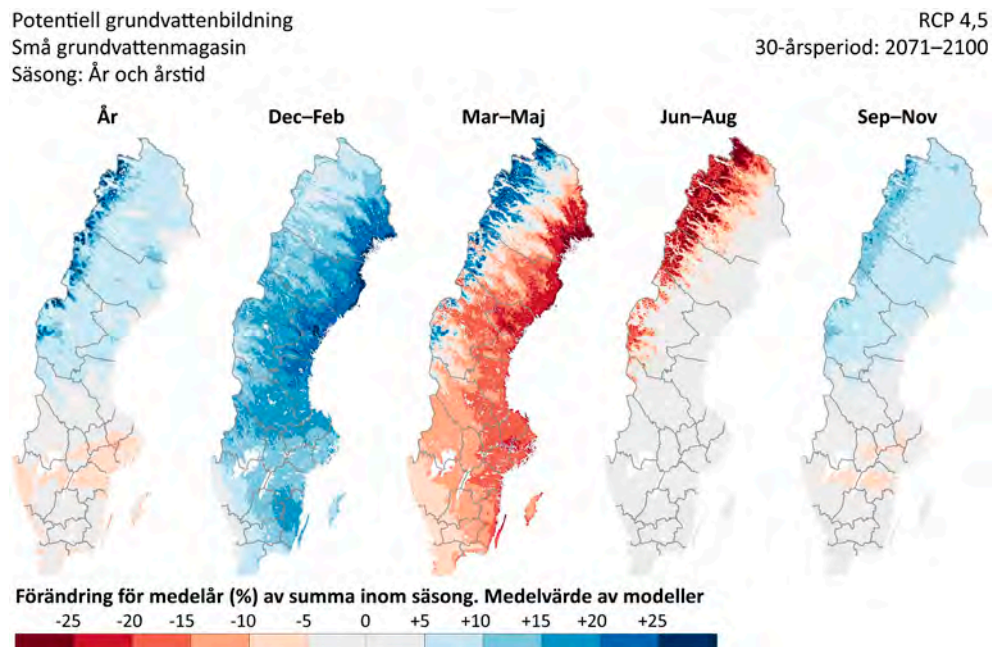
## 2.5 Grundvatten

En förändrad nederbörds mängd, högre temperaturer och en längre växtsäsong kommer leda till förändrade årstidsmönster för grundvattennivåer. Klimatförändringen kan medföra både högre och lägre årsmedelnivåer hos grundvattnet i olika delar av landet. Sverige har en mycket varierande geologi vilket gör att grundvattenförhållandena skiljer sig åt väldigt mycket inom landet<sup>20</sup>.

Beroende på bland annat storlek reagerar grundvattenmagasinen olika snabbt på nederbörd och torka vilket gör att de är känsliga för torrperioder, men även för perioder med mycket nederbörd. I dessa magasin har nederbörd, avdunstning och växters upptag en stor inverkan på grundvattennivåerna (Vikberg m.fl., 2015).

I ett översiktligt nationellt perspektiv visar en beräkningsstudie genomförd av SGU att till slutet av seklet ökar den potentiella nybildningen av grundvatten (grundvattenbildning) under vintern, medan den minskar under våren. Se Figur 8 nedan. Fyllnadsgraden, och därmed grundvattennivån, minskar som mest under sommaren och hösten, och längden på grundvattentorka (då den potentiella grundvattenbildningen varit noll eller mycket begränsad) ökar under sommarhalvåret. (SGU, 2025)

I området som omfattar Norrlands inland, fjällkedjan och delar av Dalarna tyder resultaten i studien på att det generellt blir en ökad fyllnadsgrad och potentiell grundvattenbildning samt en kortare grundvattentorka under vintern. Detta skulle kunna innebära en ökad grundvattentillgång i området sett i ett längre perspektiv. Däremot tyder resultaten på att området som omfattar Götaland samt stora delar av Svealand och Norrlandskusten kan få en minskad grundvattentillgång i ett framtida klimat. (SGU, 2025)



Figur 8. Förändring av potentiell grundvattenbildning för år och årstid för små grundvattenmagasin. Samtliga kartor visar klimatscenario RCP 4,5 och 30-årsperiod 2071–2100 samt medelvärde för år och årstid.

Källa: SGU.

<sup>20</sup> <https://www.sgu.se/grundvatten/grundvatten-och-forandrat-klimat/>

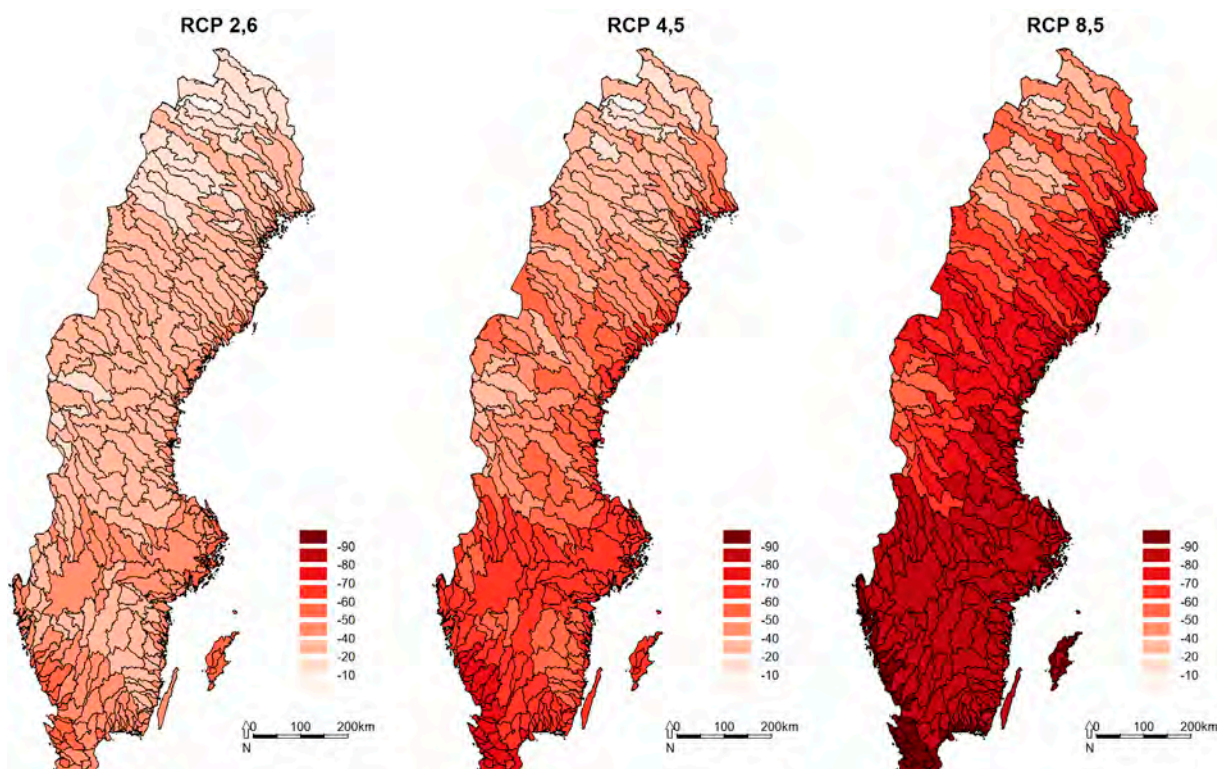


## 2.6 Klimatindikator snö- och isförhållanden

Trots mer nederbörd på vintern beräknas snö bli ovanligare i hela landet. Jämfört med referensperioden 1971–2000 visar EURO-CORDEX-scenarierna på ungefär en månad kortare snösäsong för stora delar av Sverige vid en global uppvärmning om +2 °C. Bilden nedan (figur 9) visar hur det maximala vatteninnehållet i markens snötäcke minskar i samtliga tre scenarierna vid 2041–2070 i jämförelse med referensperioden 1971–2000. De största förändringarna syns i Götaland, södra Svealand och längs Norrlandskusten. I Norrlands inland och inre delarna av Svealand är minskningen relativt sett mindre, även om en generell minskning av snö på marken syns i hela fjällkedjan. Detta eftersom det fortsatt kommer vara tillräckligt kallt för att under perioder kunna hålla kvar snö på marken.

Ett förändrat och minskande snötäcke får betydelse för flertalet arter som är knutna till denna miljö. Exempelvis väntas snötäcket i fjällmiljön bli mer kompakt och isigt när vintertemperaturen stiger eftersom det blir allt vanligare med regn på snö eller med smältperioder. Ett förändrat snötäcke riskerar att få negativa konsekvenser för olika växter och djur. Exempelvis försvårar det för smågnagare (som under vintern lever i utrymmet mellan snön och marken) eller för renarnas födotillgång under vinterhalvåret. Förändrade snömönster leder även till att tillrinningen inte väntas ske genom den typiska vårfloden, utan i större utsträckning genom vinterregn, vilket leder till ökade flöden.

Till följd av ett varmare klimat väntas också isvintrarna i Östersjön bli både kortare och mildare. Den årliga perioden med is varje år har blivit kortare sedan 1900-talets början. Antalet dagar med is i olika delar av Östersjöområdet har redan idag minskat med mellan 14 och 44 dagar. Den största förändringen har skett i södra Sverige.



Figur 9. Hydrologiska beräkningar av förändring i snöns maximala vatteninnehåll för 2041–2070 jämfört med referensperioden 1971–2000 i klimatscenarierna RCP 2,6 (längst till vänster), RCP 4,5 (mitten) samt RCP 8,5 (längst till höger).

Källa: SMHI.

Med ett förändrat klimat väntas havsisen påverkas dramatiskt under de kommande 100 åren. De tydligaste förändringarna är att isvinterns längd kommer att förkortas ytterligare samt att isens geografiska utbredning och genomsnittliga tjocklek minskar. Förändringen är enligt scenarierna störst i söder medan Bottenviken och norra Bottenhavet påverkas minst. Inget pekar på att havsisen helt kommer att försvinna från Östersjöregionen under nuvarande sekel. Förändrade isförhållanden i Östersjön får stor betydelse för flertalet arter och ekosystem. Inte minst riskerar en minskad havsis att få en negativ inverkan på sälbeståndet i Östersjön, där exempelvis vikare är helt beroende av istäcket för att föda sina ungar<sup>21</sup>.

Även sjöar och vattendrag väntas få kortare tid med istäcke. I södra Sverige kommer det bli vanligare att sjöar och vattendrag inte täcks av is överhuvudtaget under vintern. I norra Sverige minskar isperioden och islossningen väntas ske tidigare under våren. Ett förändrat istäcke kan påverka sjöar på flera sätt. Att is- och snötäcket minskar eller att tiden med isläggning blir kortare leder till att vattenmassan kan cirkulera oftare, vilket i sin tur minskar risken för syrebrist och det förbättrade ljusklimatet medför att sjöar kan ha en låg produktion av växtplankton även vintertid.

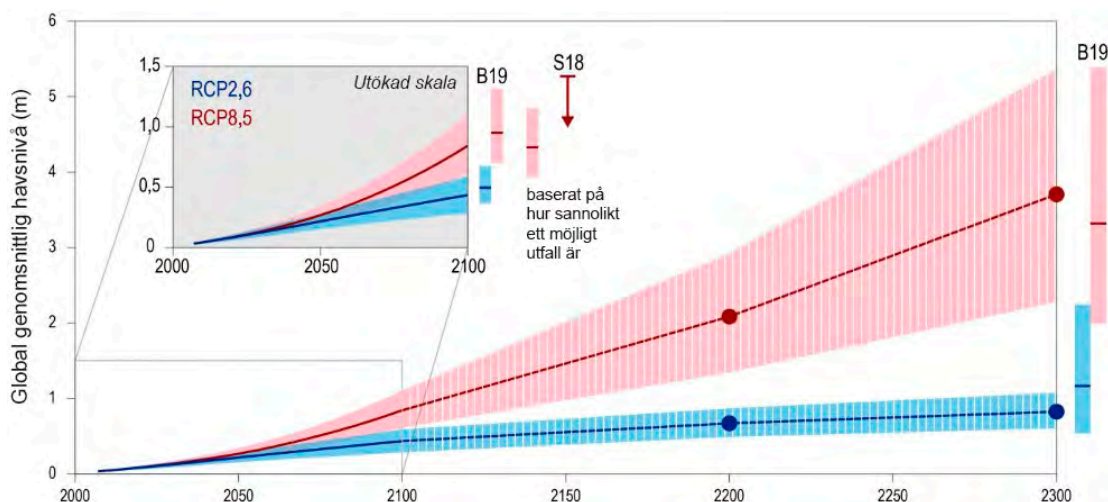
## 2.7 Klimatindikator havsvattenstånd

I ett varmare klimat stiger havets medelnivå successivt. Det beror främst på att havet blir varmare och då utvidgas, så kallad termisk expansion, men även att glaciärer och landisar smälter. Vattenståndet längs Sveriges kuster har redan idag stigit med drygt 25 cm sedan slutet av 1800-talet (motsvarande 2 mm/år). Mätningarna visar också på att stigningstakten har accelererat under de senare åren<sup>22</sup>. I det högre utsläppsscenarioet RCP 8,5 (figur 10) riskerar den globala medelhavsnivån att höjas med drygt 1 meter till slutet av århundradet (referensperiod 1986–2005). Beräkningarna visar också att havet kommer att fortsätta stiga i hundratals till tusentals år framöver. Detta gäller även om den globala uppvärmningen skulle begränsas till 1,5 eller 2 °C, eftersom havet reagerar mycket långsammare än atmosfären. I Sverige är det främst landets södra delar som är utsatta för havsnivåhöjning, eftersom effekten motverkas av den pågående landhöjningen i landets norra delar. En stigande havsnivå innebär bland annat risk för kustöversvämningar och erosion. Förutsättningar för kusterosion finns främst i Skåne, Halland, delar av Blekinge samt Öland och Gotland.

---

<sup>21</sup> Länsstyrelsen Västernorrland 2021. *Klimatförändringar och effekter på naturmiljön i Västernorrland – konsekvenser och anpassning*. 2021

<sup>22</sup> <https://www.klimatanpassning.se/hur-klimatet-forandras/klimat-effekter/vattenstand-1.21313>.



Figur 10. Exempel på möjliga utvecklingsbanor för havsnivåns höjning vid olika klimatscenarier (RCP:er). X-axelns värden (horisontell) beskriver år framåt i tiden och Y-axelns värden (vertikal) beskriver meter havsnivåhöjning.

Källa: IPCC SROCC 2019.

Stigande havsnivåer påverkar den svenska naturmiljön på flera sätt. Bland annat väntas kustnära ekosystem och naturtyper, som havsstrandängar<sup>23</sup>, att påverkas negativt när havet stiger.

## 2.8 Extrema väderhändelser

Klimat innefattar inte enbart medelvärden och säsongsmässiga variationer utan det finns också mer ovanligt förekommande händelser som brukar kallas för extremväder. Detta innefattar exempelvis kraftiga stormar, värmeböljor, intensiv nederbörd, köldknäppar med mera. Forskning visar att i takt med att klimatet förändras och blir varmare blir extrema väderhändelser allt vanligare och mer intensiva. Det gäller såväl värmeböljor och varma extremer som kraftig nederbörd och torka. Ett tydligt exempel är den ovanligt varma och torra sommaren 2018. Eftersom extrema väderhändelser är både ovanliga och extrema till sin natur är det också ofta de som påverkar samhället i stor utsträckning, där exempelvis intensiv kortidsnederbörd kan leda till översvämningar eller långvarig torka kan påverka jordbruk och ekosystem.

<sup>23</sup> I Västra Götaland bedöms 85 procent av dagens strandängar hamna under vattenytan vid 1 meters havsnivåhöjning. (Finsberg 2013).

Några exempel på förändringar i extrema väderhändelser är:

- Köldknäppar blir mindre intensiva, mindre vanliga och kortare.
- Nederbördsextremer förväntas öka i intensitet på olika tidsskalor, både på daglig basis – till exempel i samband med lågtryckspassager och fronter – och i samband med kortvarig nederbörd från enstaka bymoln<sup>24</sup>.
- Höga flöden i vattendrag som präglas av snösmältning väntas i många fall minska då vårflo den minskar i omfattning och infaller tidigare. I andra vattendrag som är mer styrda av regn förväntas istället en ökning.
- Förhållanden med meteorologisk torka förväntas generellt minska i Sverige. I södra Sverige kan dock vattentillgången och markfuktigheten komma att minska – huvudsakligen till följd av högre temperaturer och därmed kraftigare avdunstning.

Enskilda extremhändelser kan vara särskilt betydelsefulla vad gäller arter och naturtyper. Exempelvis kan enskilda händelser så som långvarig värmebölja eller torka slå ut vattenlevande arter som inte är anpassade till att vattnet torkar ut eller att delar av livsmiljöer torrläggs. Även underkylda regn i fjällregionen när temperaturen blir varmare och nollgenomgångarna fler kan påverka möjligheten till födosök för flertalet arter, med efterverkningar i hela ekosystemet. Perioder av långvarig torka, höga temperaturer och låg nederbörd gör dessutom markerna torra vilket ökar risken för bränder. Samtidigt som skogs- och markbränder kan orsaka stora samhällsproblem är de också ett naturligt inslag i landskapet och behövs för att föryngra vegetationen. Skogsbränder gör skogarna ljusare och förhindrar överetablering av exempelvis gran. Omkring 100 arter är direkt beroende av brand för att överleva (bland annat rökdansfluga) och cirka 2 000 arter gynnas positivt av att det brinner ibland.

---

<sup>24</sup> Klimatförändringar med påverkan på Sverige.pdf (klimatanpassningsradet.se)



## 3. Klimatförändringens effekt på svensk naturmiljö

Klimatet har en genomgripande effekt på den biologiska mångfalden på jorden. Det påverkar allt från stora vegetationsområdens utbredningar, interna funktioner och globala processer till påverkan på enskilda organismers livsmiljö och deras interaktioner med andra organismer. Klimatförändringen påverkar därmed också i stort sett allt och alla, även om vissa vegetationsområden, ekosystem, arter, populationer och individer kommer att påverkas mer än andra.

För skandinaviska förhållanden är det till exempel troligt att klimatförändringen kommer att ge en förskjutning norrut av olika växtzoner och artförekomster. I Sverige finns inte några tydliga barriärer i form av tvärgående fjällkedjor som kan hindra en sådan nordlig förskjutning även om det kan finnas andra hinder för spridning. De allra mest nordliga och arktiska arterna som finns inom landet har dock en begränsad möjlighet att flytta längre norrut, vilket innebär att de kan komma att få svårt att finna tillräckliga livsutrymmen framöver. För terrestra arter kan Östersjön vara en potentiell spridningsbarriär i söder och sydost, och det även för kontinental-europeiska arter som för sin överlevnad skulle behöva ”kompensera” eventuella förluster av utbredningsområden i söder med expansion norrut. En generell nordförskjutning är givetvis en förenklad bild av ett ytterst komplext skeende som kompliceras av andra parallellt pågående förändringar, som till exempel förändrad markanvändning och andra indirekta effekter på naturmiljön.

### 3.1 Biologisk mångfald och klimatförändringen – hur hänger det ihop?

Ett ekosystem innefattar alla levande organismer på ett ställe och den miljö som de lever i. Ekosystemet kan vara litet eller stort, från en stubbe till en hel skog och i vid bemärkelse även hela biosfären, det vill säga de delar av jorden där levande organismer kan existera. Oftast förknippas begreppet ekosystem emellertid med en mera tematisk indelning såsom våtmarker, hav eller skog.

I ett ekosystem finns det energi och näringsämnen som sprids och omvandlas av organismerna inom systemet (djur, växter, svampar, alger, bakterier m.m.) som äter eller äts av varandra. Beskrivningen av en sådan kedja kallas näringskedja. Alla ekosystem består av flera, både korta och långa, näringskedjor, som tillsammans bildar en näringsväv. Hur denna ser ut skiljer sig mellan de olika ekosystemen.

Om en organism i ett ekosystem ökar eller minskar i antal så kommer det påverka andra arter, både direkt och indirekt och följaktligen hela näringskedjan. Ett exempel är Östersjöns ekosystem, där den stora minskningen av torsk har lett

till en dominans av skarpsill och sill<sup>25</sup>. Eftersom dessa arter huvudsakligen äter djurplankton leder detta till en ökning av växtplankton, som i sin tur leder till algblomning. Detta är ett exempel på en så kallad trofisk kaskadeffekt. I praktiken betyder det att förändringar hos enskilda arter kan leda till förändring hos andra arter som igen vill påverka ytterligare flera arter inom samma ekosystem. Med andra ord, förändring hos en art fortplantar sig genom hela ekosystemet.



Bild 1. Torsken (*Gadus morhua*) är en fiskart som väntas få det svårare att anpassa sig till en lägre salthalt i Östersjön. Foto: Vivian M. Pixabay.

Ett annat exempel är när smådäggdjuren, bland annat lämmel och sork, har populationstoppar i fjällen. Det leder dels till gott om föda för rovfåglar, fjällräv och hermelin, dels minskar trycket på andra bytesdjur, såsom och fjällripa och hare. Ofta leder detta då till ökade populationer av både bytesdjur och rovdjur påföljande år.

Ovanstående arter är exempel på generalister, men många arter har också särskilda och artspecifika anpassningar. Det kan till exempel vara en pollinatör som enbart kan dricka nektar från och pollinera en särskild växt. Sådana specialister är mycket mera sårbara för ändringar i ekosystemen än generalisterna eftersom de senare har större möjligheter att utnyttja andra resurser om en börjar minska.

Klimatet i sig påverkar förutsättningar för arters utbredning. Ett förändrat klimat innebär att arter som tidigare inte funnits i Sverige kan få förutsättningar att etablera sig. I många fall handlar det om naturlig invandring av arter från sydligare breddgrader, men i en del fall handlar det om arter som härstammar från andra kontinenter som kan etablera sig. Dessa främmande arter kan bli invasiva och kan orsaka stor skada på såväl ekosystem som infrastruktur och även människors hälsa<sup>26</sup>.

---

<sup>25</sup> Trofiska kaskader i Östersjön (havet.nu)

<sup>26</sup> Invasiva främmande arter – djur och växter

Ett förändrat klimat påverkar fenologin hos både växter och djur; det vill säga hur naturen förändras över årstiderna så som när lövsprickningen eller blomningen sker, eller när flyttfåglarna anländer. Att klimatförändringen påverkar både förutsättningarna för arternas utbredning men också deras fenologi, kan leda till en mismatch i tid och rum exempelvis när det gäller just pollinatörer och växter. Pollinerande insekter reagerar generellt sett på förändringar i värmeförhållanden i större utsträckning än växter, vilka ofta reagerar på förändringar i ljusförhållanden under våren.

Generellt är det ofta så att ekosystem med många arter är mera robusta än de med färre arter och de ekosystem som har flerartsinteraktioner är mera robusta gentemot förändringar än de med färre interaktioner. Det är därför viktigt att känna till de olika ekosystemens artinteraktioner och näringsväv för att förstå hur markanvändning och klimatförändringar kan påverka och vidta lämpliga åtgärder för att hejda detta.

Det är i ljuset av ovanstående exemplen vi behöver resonera för att förstå artinteraktioner och hur klimatförändringen kan påverka artsammansättningen, och i förlängningen, våra ekosystem och de ekosystemtjänster som de i dag upprätthåller.

## 3.2 Klimatet och andra påverkansfaktorer

En arts förekomst och utbredning, beror av de naturgivna förutsättningarna samt historisk och pågående markanvändning. I dag finns det få områden, om något, som inte i en eller annan utsträckning är påverkade av historisk och/eller pågående markanvändning. Arters utbredning beror också på interaktioner inom och mellan arter samt störningsregimer i systemet. Till dessa faktorer tillkommer klimatets påverkan på arters utbredningsmönster. Markanvändningen är emellertid en av de absolut viktigaste påverkansfaktorerna, som både kan gynna och missgynna den biologiska mångfalden.

Ibland påverkas den biologiska mångfalden negativt av att markanvändningen ändras alltför snabbt eller upphör, vilket till exempel är fallet med slättermarkerna, som på grund av gödsling, upplöjning eller igenväxning minskat drastiskt i omfattning under de senaste hundra åren. Markanvändningen är i sin tur delvis styrd av klimatet, till exempel genom att det bestämmer vilka grödor eller trädslag som lämpar sig för en viss areal<sup>27</sup>.

I så gott som alla ekosystem på jorden ser vi negativa trender för biologisk mångfald såväl som för ekosystemtjänster (IPBES, 2019). Trenderna kan vanligen hänföras till överutnyttjande eller nyttjande av naturresurserna utan hänsyn till biologisk mångfald. Även i många ekosystem där trenderna tycks någorlunda stabila är nivåerna för biologisk mångfald låga genom tidigare negativa förändringar. Markanvändning som idag är negativ för biologisk mångfald kommer att vara det även i ett förändrat klimat.

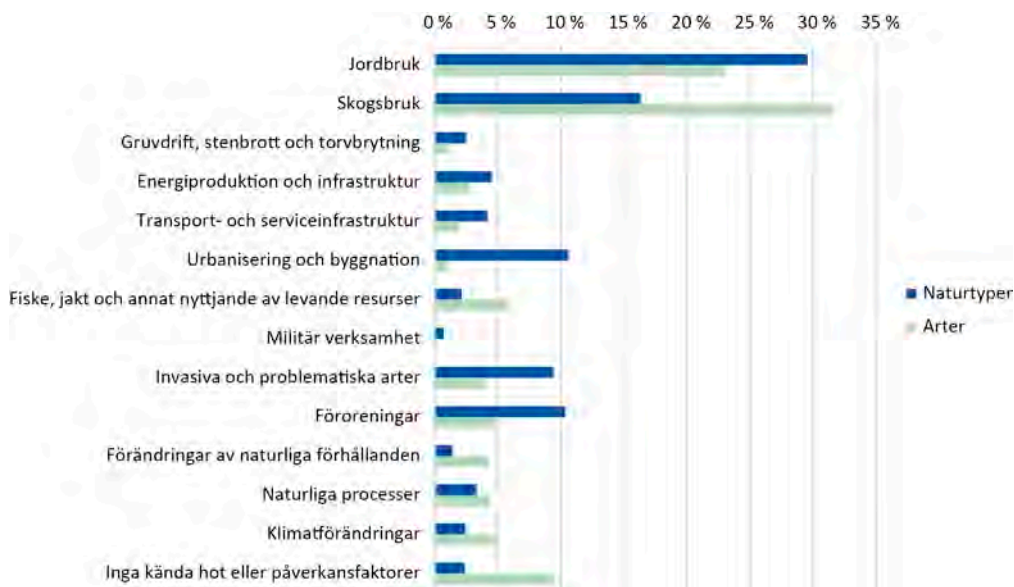
De specifika effekter som klimatförändringen innebär för biologisk mångfald och ekosystemtjänster lägger sig ovanpå befintliga hot för den biologiska mångfalden. I många fall förstärks de effekter som kommer från markanvändning och resursutnyttjande av olika slag. När klimatet ändras påverkas biologisk mångfald både direkt av klimatvariabler (t.ex. förändrad temperatur eller nederbörd) och

---

<sup>27</sup> <https://www.naturvardsverket.se/contentassets/be2f1feed70e46538a200e088d5ca53a/skrivelse-ru-klimatanpassning-20151126.pdf>

indirekt av klimatbetingade förändringar av markanvändningen (t.ex. intensifierat jordbruk vid gynnsammare odlingsförhållanden). En viktig fråga är därför i vilken mån markanvändning och resursnyttjande förändras som en direkt följd av klimatförändringen, eller som en följd av nya beslut och styrmedel. En annan viktig aspekt är att ändrat nyttjande av naturresurser i de flesta fall kan antas förändra miljötillståndet mycket snabbare än klimatförändringen i sig. Med andra ord påskyndas klimateffekterna på biologisk mångfald väsentligt av samhällets (val av) resursnyttjande. Klimatförändringar och markanvändning hänger alltså samman, samtidigt som de skiljer sig åt. Det finns dock ingen anledning att bedöma klimatvariabler och markanvändningsförändringar var för sig i en analys av den sammantagna effekten på miljötillståndet. Olika påverkansfaktorer (vissa av klimatkaraktär, andra relaterade till markanvändning) ger olika effekter, men i interaktion med varandra kan effekterna förstärkas, och det är den interaktionen som ger det samlade miljötillståndet<sup>28</sup>.

Att identifiera hot och påverkan från olika markanvändningsaktörer är något som även har uppmärksammats på EU-nivå. Resultaten från Sveriges senaste EU-rapportering enligt art- och habitatdirektivets artikel 17<sup>29</sup> (Naturvårdsverket, 2020) visar att jord- och skogsbruk står för störst negativ påverkan och 16–32 procent av direktivets arter och naturtyper är påverkade (figur 11). Urbanisering och byggnationer, föroreningar samt invasiva/andra arter påverkar ungefär tio procent vardera. Klimatförändring spelar ännu en relativt liten roll, men kommer växa när klimatförändringen blir större.



Figur 11. Andel rapporterade påverkansfaktorer och hot för naturtyper och arter. Faktorerna rapporteras utifrån en lista från EU:s rapporteringsformat<sup>30</sup> och vägledning<sup>31</sup>.

Källa: Naturvårdsverket, 2020.

<sup>28</sup> Klimatanpassning av naturvärden – Tommy Lennartsson – Centrum för Biologisk Mångfald (CBM). 2015-11-13. (ej publicerad).

<sup>29</sup> Sveriges arter och naturtyper i EU:s art- och habitatdirektiv (naturvardsverket.se)

<sup>30</sup> EU:s rapporteringsformat: Reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Reporting format for the period 2013–2018. Final version – November 2016.

<sup>31</sup> EU:s vägledning: Reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Explanatory Notes & Guidelines for the period 2013–2018. Final version – November 2016.

Resultaten från senaste rödlistan (Rödlistade arter i Sverige 2020)<sup>32</sup> visar liknande mönster, där igenväxning och avverkning påverkar flest arter negativt. Igenväxning förekommer i många olika miljöer och påverkar mer än 2 200 arter. Bakomliggande orsaker är upphörd hävd i form av bete och slåtter, kvävenedfall på och aktiv gödsling av gräsmarker, skog och våtmarker. I tillägg är det brist på naturlig störning i form av brand och översvämningar. Totalt anses drygt 1 800 arter påverkas negativt av avverkning och det är främst överlevnad kring hyggesfasen som är en utmaning, där arternas livsmiljöer inte hinner återskapas tillräckligt snabbt i det moderna skogsbruket (Norden m.fl., 2014).

Förstörda livsmiljöer är den faktor som bedöms ha störst påverkan på biologisk mångfald. Denna förlust kan bestå i såväl försämrad kvalitet av livsmiljöerna eller att miljöerna försvinner och därmed minskar i areal till följd av ohållbar eller ändrad markanvändning. För många arter är det dessutom viktigt med ett heterogent landskap, en mosaik av olika miljöer där de kan söka föda, få skydd och reproducera sig men det moderna landskapet har blivit allt mer enformigt. Vilka livsmiljöer och hur nära de behöver vara varierar beroende av art i fråga. Det spelar även roll om det finns något som underlättar spridningen, till exempel spridningskorridorer, eller försvårar den, såsom spridningsbarriärer.

En litteratursammanställning (Berglund m.fl., 2018) visar att den uppmätta spridningen kan variera från 0,5 km till 8 km beroende på artgrupp och livsmiljö<sup>33</sup>. Vikten av att titta på biologisk mångfald i ett landskapsperspektiv (Ekroos m.fl., 2020) och behov av funktionalitet (von Post m.fl., 2022<sup>34</sup>) är några aspekter som har lyfts inom arbetet med grön infrastruktur<sup>35</sup>. Behovet av konnektivitet i landskapet ökar i ett landskap där klimatet ändrar sig snabbt, eftersom behovet av snabb migration och spridning för att arten ska kunna existera i samma "klimatnisch" som före klimatförändringen då ökar.

Mark- och vattenanvändning kan också skapa störningsregimer där delar av den biologiska mångfalden gynnas. Det kan vara slåtter, bete, röjningar och andra åtgärder som liknar naturliga processer som vi i många fall hejdat eller har försökt hejda (bete av megafauna, skogsbränder, flygsand, översvämningar mm). Dock, det som kan skada mångfalden är exempelvis ett intensivt och ensartat brukande, samt att något ändras mycket snabbt eller plötsligt avstannar, då detta ger små möjligheter att hinna anpassa sig. Markanvändningen är i sin tur delvis styrd av klimatet, till exempel genom att det påverkar vilka grödor eller trädslag som lämpar sig i olika delar av landet, behov av bevattning eller åtgärder för att hejda ökade flöden och vattennivåer. En hög biologisk mångfald med stor genetisk variation och stabila populationer ger motståndskraftiga (resilienta) ekosystem och är en förutsättning för en hållbar anpassning på sikt. Följaktligen behöver vi fokusera på en hållbar mark- och vattenanvändning.

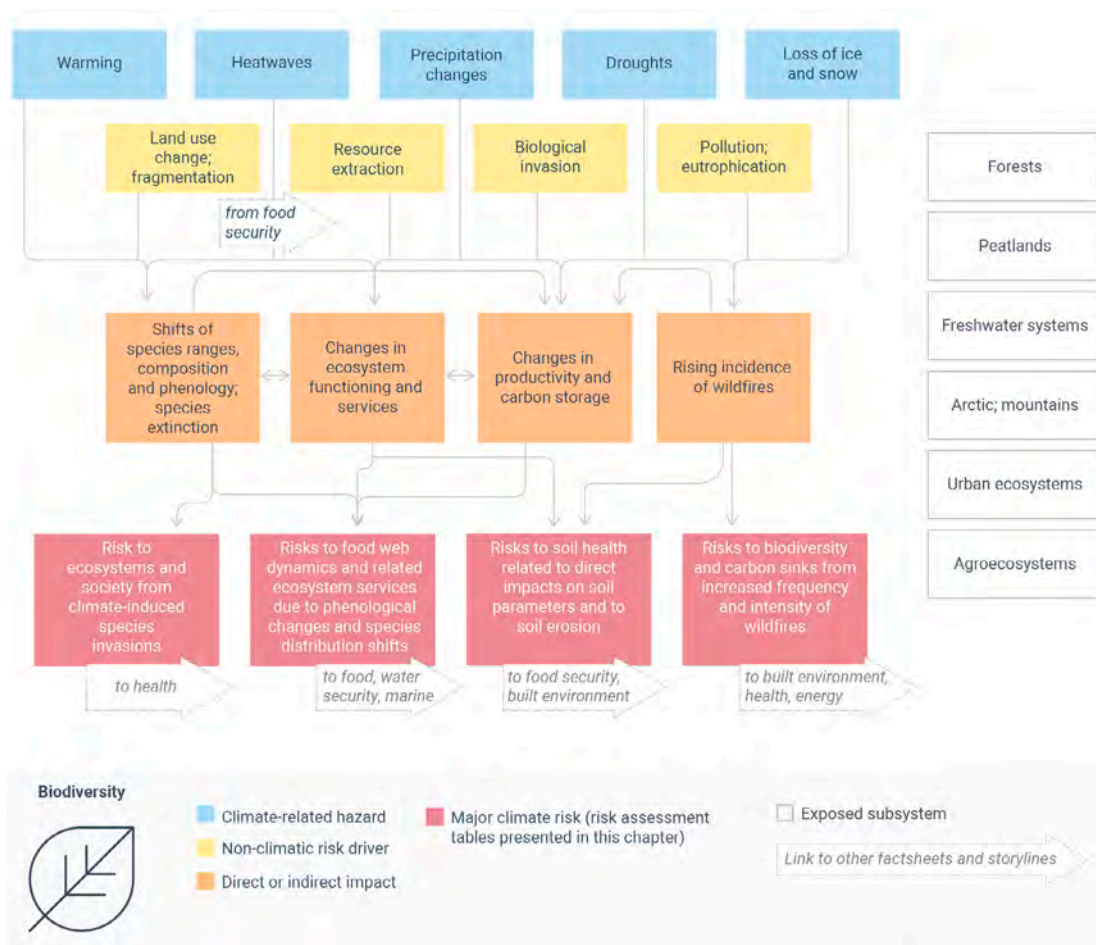
---

<sup>32</sup> Rödlistning | Externwebben

<sup>33</sup> Arters spridning i en grön infrastruktur | SLU Artdatabanken

<sup>34</sup> <https://www.rus.se/wp-content/uploads/Kunskapsrapport-MMR-Funktionella-landskap-20220405.pdf>

<sup>35</sup> Grön infrastruktur (naturvardsverket.se)



Figur 12. Effektkedja för påverkan på biologisk mångfald och ekosystem. Effektkedja som beskriver klimatrelaterade och några andra påverkansfaktorer och effekter på biologisk mångfald och ekosystem. Exempelvis sambandet mellan förändrad nederbörd och resursuttag samt förändringar i funktioner inom ekosystemen och ekosystemtjänster. Bilden visar också vilka konsekvenser en sådan effektkedja kan väntas få för olika samhällsområden så som hälsa, livsmedelsproduktion, vattentillgång, energiproduktion eller bebyggd miljö.

Källa: European Climate Risk Assessment (EUCRA). 2024.

### 3.3 Klimatförändringens effekter på naturtyper och arter

Olika arter och naturtyper påverkas på väldigt många olika sätt av ett förändrat klimat. Då arter är en del av naturtyperna är det svårt att redogöra för hur arter påverkas utan att nämna hur naturtypen denna befinner sig i påverkas och tvärtom. Här har vi valt att resonera kring insekter för sig för att sedan på ett översiktligt sätt beskriva möjliga effekter av ett förändrat klimat på sjöar och vattendrag följt av hav, kuster, våtmarker, fjäll, skog och avslutningsvis odlingslandskapet.

#### 3.3.1 Insekter

Insekter har generellt kort generationstid och kan därför reagera snabbt på förändringar i livsmiljön och klimatet. Klimatförändring kan påverka insekters populationsdynamik och artsammansättning, tillsammans med ovannämnda faktorer som

förändrad markanvändning och invasiva främmande arter (Gossner m.fl., 2023). De olika påverkansfaktorerna kan förstärka varandra, till exempel kan klimatförändringen bidra till ökad spridning av invasiva främmande arter och kommer att driva på förändringar i markanvändning inom både jord- och skogsbruk (Gossner m.fl., 2023, Outhwaite m.fl., 2022).

Klimatet sätter de yttre gränserna för många arters, inklusive insekters, potentiella utbredning. Ett varmare klimat gör att de som främst är begränsade av just klimatet kan expandera eller förskjuta sitt utbredningsområde norrut. För Sveriges del betyder det att arter som tidigare inte klarat vintrarna här kommer att kunna etablera sig. De kan i sin tur påverka de arter som redan finns i landet på olika sätt, till exempel genom ökad konkurrens, men vilka effekter det får på enskilda arter är svårt att förutsäga. De arter som expanderar eller flyttar norrut är ofta arter med god spridningsförmåga och arter som kan leva i flera olika typer av livsmiljöer eller i livsmiljöer som är vanliga.

Prognoserna för klimatförändringen i Sverige är inte enbart att klimatet blir linjärt varmare utan också mer oförutsägbart. Värmeperioder tidigt på våren kan tidigarelägga insekters utveckling och flygperioder. Om väderbakslag med snö och stark kyla följer på en sådan värmeperiod kan många insektsarters populationer ta skada. Om insekter kommer i gång tidigare efter diapaus kan det också leda till att de hamnar i otakt med sina värdväxter eller pollen- och nektarkällor genom att de är aktiva innan deras värdväxter hunnit utvecklas eller pollen- och nektarkällor finns tillgängliga. Samtidigt kan en längre växtsäsong bidra till att vissa insektsarter kan genomföra fler generationer per år och på så sätt gynnas. Vidare kan ökad frekvens av såväl torrperioder som mycket blöta somrar vara negativa för många arter. Ökad frekvens av extremväder är negativt för de flesta arter men särskilt för sådana som redan är tillbakapressade av andra orsaker, till exempel av tidigare habitatförluster, och som idag har få och små delpopulationer.

Insekter är växelvarma, det vill säga de kan inte själva producera värme, så deras metabolism och utveckling är beroende av värme utifrån. Ökad värme bidrar ofta till ökad metabolism och snabbare utveckling, men extrema temperaturer utanför arternas normala temperaturspann kan vara skadliga och i stället bromsa utvecklingstakten och reducera populationers tillväxt (Iltis m.fl., 2019, Rebaudo & Rabhi, 2018).

Nedan följer exempel på hur arter i några olika insektsgrupper kan komma att påverkas av klimatförändringen.

## FJÄRILAR

En av de mest välstuderade insektsgrupperna är fjärilar och det finns ett ganska stort antal studier av hur just de kan påverkas av klimatförändringen. Främst är det effekter av ökade temperaturer och extremväder som har studerats och merparten av studierna fokuserar på dagfjärilar (som utgör knappt 5 procent av fjärilsarterna i Sverige) men en del studier inkluderar även nattfjärilar. Ett varmare klimat kan leda till förändrad förekomst och utbredning genom att arter flyttar till nya mikrohabitat, till högre höjd eller längre norrut (Hill m.fl., 2021). Flera studier har visat att många fjärilsarter expanderat norrut (Betzholtz m.fl., 2013, Pöyry m.fl., 2009, Sunde m.fl., 2023), men det är inte alla arter som kan utöka sitt utbredningsområde eller flytta till nya områden när klimatet förändras (Warren m.fl., 2001).

För många arter motverkas potentiellt positiva effekter av ett varmare klimat av habitatförlust och -fragmentering. God tillgång på en arts specifika livsmiljö är



avgörande för att den ska kunna ändra sitt utbredningsområde (t ex Fourcade m.fl., 2017). Arter som är specialiserade på särskilda livsmiljöer eller värdväxter med begränsad utbredning flyttar därför i mindre utsträckning än arter som är mer generalistiska och återfinns i flera olika typer av livsmiljöer (Pöyry m.fl., 2009, Mattila m.fl., 2011). Detta kan leda till förändrad artsammansättning genom att generalister gynnas framför specialister. Arter som är specialiserade på värdväxter som har stor utbredning och gynnas av mänsklig aktivitet, till exempel kvävegynnade värdväxter, har också kunnat expandera i takt med ett varmare klimat (Betzholtz m.fl., 2013). Andra faktorer som kopplats till fjärilars kapacitet att ändra sitt utbredningsområde är spridningsförmåga, reproduktionshastighet och värmeterans (Hills m.fl., 2021, Pöyry m.fl., 2009, Sunde m.fl., 2023).



Bild 2. Ljungblåvinge (*Plebejus argus*). Extrema väderhändelser, i synnerhet torka, kan leda till att fjärilspopulationer kollapsar och har svårt att återhämta sig. Foto: Bengt Ekman (TT).

Ett varmare klimat kan leda till förändrat genetiskt urval hos fjärilar genom att selektera för vissa egenskaper som ökad spridningsförmåga, fler generationer per säsong och ökad värmeterans (Hills m.fl., 2021). Förkortad utvecklingstid till följd av värme kan också leda till minskad kroppsstorlek hos fullbildade fjärilar och det skulle i sin tur kunna bidra till minskad spridningsförmåga (Hills m.fl., 2021). En del studier visar en koppling mellan kroppsstorlek och spridning (t.ex. Pöyry m.fl., 2009), medan andra inte hittat något sådant samband (t.ex. Sunde m.fl., 2023).



Under de senaste drygt 100 åren (1901–2019) har antalet dagfjärilsarter i Sverige och Finland ökat från 108 till 131 arter till följd av att arter flyttat norrut, men markanvändning, arters specifika egenskaper och interaktioner med andra arter påverkar deras möjlighet att följa klimatet (Sunde m.fl., 2023). Samtidigt har många dagfjärilar minskande populationer, 30 procent av Sveriges dagfjärilar är rödlistade och ett par arter befaras nu vara nationellt utdöda (SLU Artdatabanken 2020, Svensson m.fl., 2022).

Med klimatförändringen förväntas extrema väderhändelser, till exempel torka, översvämningar och stormar, bli mer frekventa. Det kan öka pressen på och bli ett ytterligare hot mot arter som redan idag har en begränsad förekomst och utbredning. Extrema väderhändelser, i synnerhet torka, kan leda till att fjärilspopulationer kollapsar och har svårt att återhämta sig (Oliver m.fl., 2015). I Sverige fick den extremt torra sommaren 2018 stor negativ effekt på flera dagfjärilsarter, till exempel de rödlistade arterna svartfläckig blåvinge och våddnätfjäril (Pettersson m.fl., 2019). Båda arterna har sedan dess återhämtat sig något, men trenden för svartfläckig blåvinge är fortfarande negativ (Pettersson m.fl., 2024). Våddnätfjäril minskade drastiskt till följd av torkan på Gotland, där den studerats under flera år, och dess förutsättningar att återhämta sig påverkas av tillgången på och konnektiviteten mellan livsmiljöer (Johansson m.fl., 2020, 2022).

## HUMLOR

I ett stort EU-projekt användes mer än en miljon observationer av humlor för att beräkna klimattolerans hos de 69 arter humlor som förekommer i Europa. Baserat på tre olika scenarier för klimatförändringar fram till år 2050 och år 2100, modellerades hur utbredningen av dessa arter kommer att förändras (Rasmont m.fl., 2015). Beroende på vilka klimatscenarier och spridningsmodeller som användes prognostiserades att mellan 9 och 34 arter humlor kommer vara hotade och riskera att försvinna helt från Europa till år 2100. Dessutom visade beräkningarna att utbredningsområdet kommer att minska med mellan 50 och 70 procent för mer än 40 procent av arterna under samma period. Endast tre arter kommer att kunna bli vanligare som ett resultat av klimatförändringen. I vilken utsträckning arterna kommer att överleva i framtiden kommer delvis att bero på hur de kan spridas till nya områden som har mer optimala förhållanden. I Sverige skulle det till exempel kunna bli ett lämpligt klimat för arter som inte klarar varmare och torrare somrar längre söderut i Europa. Artens spridningsförmåga blir då avgörande för deras framtida överlevnad. Anpassningsbara arter som stenhumla och mörk jordhumla har redan nu spridit sig norr om polcirkeln (Martinet m.fl., 2015), medan andra arter drar sig tillbaka. Hur väl arter klarar av klimatrelaterade förändringar kommer starkt påverkas av utbredningen och kvaliteten hos deras livsmiljöer (Forsgren, 2015).

## TROLLSLÄNDOR

Trollsländor är en insektsgrupp som i tempererade delar av världen är gynnad av ett varmare klimat. I nordliga regioner förutspås därför en artrikare trollsländefauna i takt med högre medeltemperaturer (Hickling m.fl., 2005, Hassall m.fl., 2007, Termaat m.fl., 2019). Globalt kan utfallet dock bli annorlunda; värme och torka kan göra att många arter starkt missgynnas av värmen i sig och om arternas larvhabitat i sötvatten torkar ut (Bush m.fl., 2014).



Bild 3. Flicksländor (*Zygoptera* sp.). Trollsländor är en insektsgrupp som gynnas av ett varmare klimat. Foto: Jarl von Scheele (Johnér Bildbyrå).

I svenska förhållanden är det troligt att nya arter från kontinenten kan etablera sig i landet i takt med varmare klimat, något som redan skett under 2000-talet (Billqvist m.fl., 2023). En annan trolig förändring är att inhemska arter förskjuter sin nordgräns i landet (Pélissié m.fl., 2022). Många inhemska arter finns endast i sydligaste Sverige eller har en utbredning i Götaland, Svealand och längs norrlandskusten (Billqvist m.fl., 2023). Flera av dessa är generalister vad gäller habitat och det är sannolikt att det framför allt är klimatet i norr om dagens utbredningsområden som sätter gränsen för utbredningen. Även arter som är mer specialiserade och knutna till rinnande vatten och småvatten (dammar och gölar) kan troligtvis finna nya livsmiljöer i Norrlands inland om klimatet där blir varmare. En nischmodellering av Sveriges trollsländearter (figur 13) förutspår att de flesta av arterna kommer att expandera norrut i takt med varmare klimat (Pélissié m.fl., 2022). Några nordliga arter skulle missgynnas, kanske främst den rödlistade tundratrollsländan, *Somatochlora sahlbergi*, en art som är känslig för konkurrens och endast finns norr om polcirkeln. Ett varmare klimat skulle sannolikt förändra artsammansättningen av trollsländor i och vid vatten i norra Europa och i Sverige i hela landet (Dingemanse m.fl., 2008, Hassall m.fl., 2007, Pélissié m.fl., 2022).

### 3.3.2 Sjöar och vattendrag

Ett förändrat klimat kommer att påverka limniska miljöer och deras biologiska mångfald. Genom direkta effekter, som till exempel ändrade vattenflöden och temperaturförändringar, men även sekundärt, genom till exempel att ett torrare och varmare klimat kommer att medföra ökat vattenuttag på vissa platser och därmed ytterligare kunna förstärka negativa konsekvenser av vattenbrist. För sjöar och vattendrag kommer klimatförändringen medföra påtagliga effekter på deras ekosystem och arter (Dudgeon, 2010).

## VATTENTEMPERATURHÖJNINGENS EFFEKTER

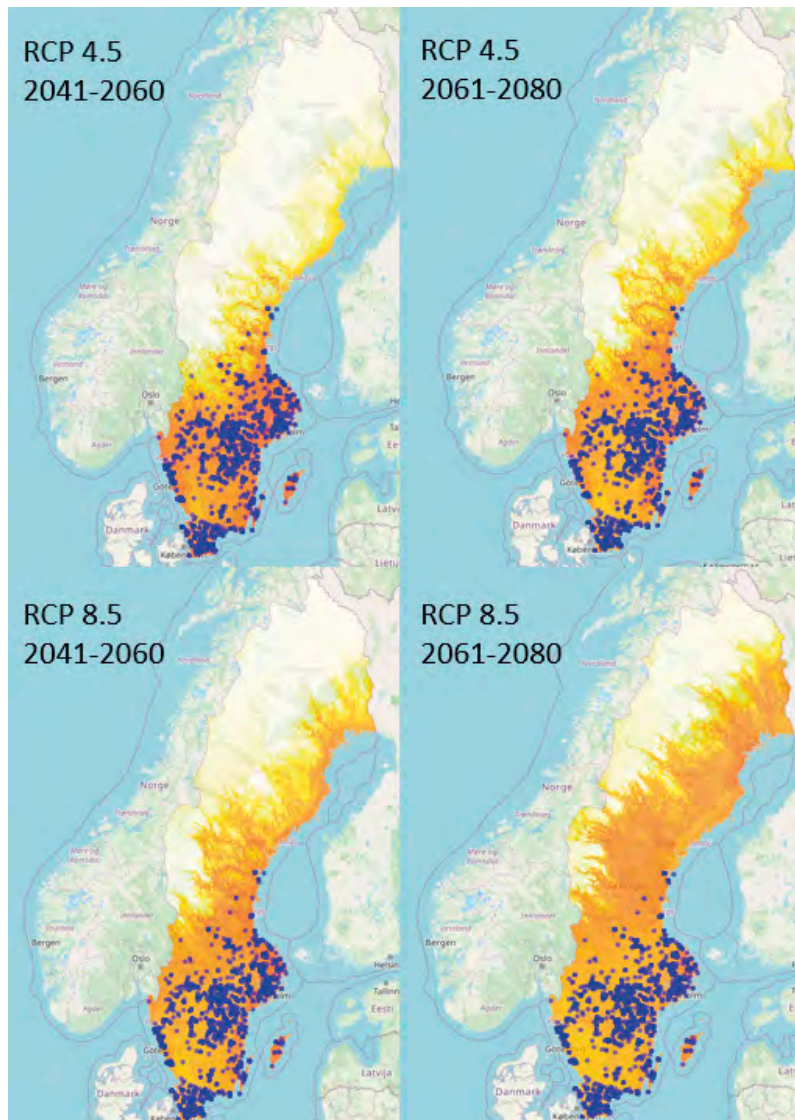
Sjöar och vattendrag värms upp av direkt ljusinstrålning från solen men även sekundärt av lufttemperatur. Ett varmare klimat medför att lufttemperaturen stiger vilket i sin tur påverkar vattentemperaturen.

För limniska arter är ljusinstrålning och vattentemperatur avgörande faktorer för utvecklingen av växtplankton, tidpunkten när ägg från vattenlevande djur kläcks samt när arter reproducerar sig. Temperatur styr således arters tillväxt, reproduktion och antal samt var de kan leva. Förändras temperaturen så medför det konsekvenser för den enskilda arten men kommer också påverka balansen i hela näringsväven. I och med att luft- och vattentemperatur blir varmare förkortas även tiden för isläggning så att perioden för is blir kortare och solinstrålningen kan öka, vilket innebär att växtplanktons utveckling kommer i gång tidigare än om sjön varit isbelagd.

Det har påvisats att små förändringar i vattentemperatur kan leda till stora förändringar i artsammansättningen av fisk i sjöar (Jeppesen m.fl., 2012, Ficke m.fl., 2007). Eftersom arter har olika temperaturoptimum för när utveckling och reproduktion sker så kan en förhöjd temperatur också leda till att kallvattenarter trängs undan. Temperaturen höjs och kallvattensarter behöver söka sig till andra kallare vatten. Det kan också leda till att varmvattengynnade arter etablerar sig och det uppstår konkurrens med den inhemska faunan. Arter i sötvatten är oftast växelvarma där kroppstemperaturen är beroende av den omgivande temperaturen. Omgivande temperatur styr ämnesomsättning men även reproduktion där vattentemperaturen måste bli tillräckligt hög för att arterna ska fortplanta sig.

Sötvattensfiskar är särskilt känsliga för ett varmare klimat (Barbarossa, 2021). För öring så minskar förmågan att upprätthålla livsfunktioner vid temperaturer över 15 grader och på 22–25 grader minskar överlevnaden kraftigt (Elliot och Elliot, 2010). Vid små temperaturökningar vintertid (< 2,5 grader) kan tillväxten (hos sötvattensfisk) öka men om vattentemperaturen ökar med 4 grader vintertid och 3 grader under sommar och höst kan det ha markant negativ inverkan på tillväxten (Elliot och Elliot, 2010).

Förändringen i sötvattensmiljöer kommer att bli mer påtaglig i norra Sverige (Sandin m.fl., 2020). Arter som är beroende av kallare vatten kommer att tryckas allt längre norrut och till högre höjd i och med att vattentemperaturer stiger (Markovic m.fl., 2014). Alla arter har inte förmågan att flytta sig och förflyttning kan även begränsas av vandringshinder. Om det uppstår mycket varma och torra perioder då vattennivåer sjunker och delar av vattendrag torkar ut minskar möjligheten till förflyttning ytterligare. Många arter förflyttar sig också långsamt (t.ex. stormusslor) och påverkas därför negativt i ett varmare klimat (Bolotov m.fl., 2018), genom att de får svårare att överleva i varmare vatten eller att vattendrag helt torkar ut. Klimatförändringen kan också medföra att invasiva främmande arter kan etablera sig och fortplanta sig och därmed påverka inhemska arter negativt till exempel genom konkurrens eller att de för med sig sjukdomar (patogener).



Figur 13. Modellering av framtida utbredning av citronfläckad kärtröllslända (habitatdirektivart). Punkterna är dagens kända fyndlokaler. Modellering gjordes även för majoriteten av Sveriges röllsländearter. En stor andel av dessa förväntas att utöka sina utbredningsområden framöver. Modellen bygger på arternas nutida klimatkrav och optimum där utbredningen i hela Europa använts som analysunderlag.

Källa: Pélissié m.fl., 2022.

## SKIKTNING I SJÖAR (HYDROGRAFI)

I varmare vatten är lösligheten av syrgas lägre. Tillsammans med att nedbrytningen och syrgastäringen ökar med ökad temperatur så kan det leda till att det oftare uppstår syrebrist. Detta är något som kan observeras i mindre vatten under sensommaren där framför allt fiskar och musslor hittas döda. Små, isolerade vatten som arter inte enkelt kan flytta ifrån kommer att drabbas i högre utsträckning. I större djupare sjöar så kan arterna söka sig till kallare och mer syrerikt vatten på större djup. Större sjöar har ofta en skiktning under sommarhalvåret (de är dimiktiska, det vill säga blandas två gånger per år). Om uppvärmningen blir tillräckligt stor så uteblir skiktningen och hela vattenvolymen får ungefär samma temperatur. Då försvinner kallvattensrefugen på djupare vatten dit mer kallvattengynnade arter kan söka sig. Det sker

inte heller någon omblandning av vattenvolymen (som normalt oftast sker under hösten och våren). Vissa sjöar kommer därmed ändra sin karaktär och bli monomiktiska, det vill säga omblandas en gång per år eller inte alls, och det påverkar hela omsättningen av näring och tillgång till syre vilket i sin tur påverkar artsammansättningen. Kallvattensarter som lever vid botten missgynnas till exempel glacialrelikter av kräftdjur eller fiskar som siklöja, sik, lake, röding, nors och hornsimpa.



Bild 4. Röding (*Salvelinus alpinus*), en kallvattenart som uppskattas av många fiskare. Rödingen är en kallvattensart som väntas missgynnas av ett varmare klimat.  
Foto: Fredrik Ludvigsson (Johnér Bildbyrå).

## FÖRÄNDRAD MARKANVÄNDNING – OMGIVANDE VÄTMARKER, MINERALISERING

Vilken markanvändning och naturgivna förutsättningar som finns i avrinningsområde till inlandsvatten påverkar sjöar och vattendragens karaktär alltifrån vattenkemisk till vilka arter som kan leva där (t.ex. sjöar i skogslandskapet skiljer sig från slättsjöar i jordbrukslandskap). Om markanvändningen förändras så kommer det att avspeglas i det vatten som rinner till sjöar och vattendrag (t.ex. mer skog så tillförs mer humusämnen).

Växtsäsongen kommer att förlängas och tillväxten/produktiviteten kommer att öka både i odlingslandskapet och skogsbruket. Det kommer troligen att leda till att markanvändningen förändras och det kan bli ett mer intensivt brukande som kräver mer bevattning av grödor. Varmare temperaturer kan också gynna skadedjur och användning av pesticider kan komma att öka vilka kan spridas till intilliggande vatten.

Ett mer intensivt skogsbruk med högre tillväxt och kortare omloppstid leder till att avverkning kommer att ske oftare i samma områden. Högre temperaturer gör också att det inte kommer att vara tjäle vid avverkning och då ökar risken för att det blir körskador och körspår i vilka vatten kan rinna direkt till sjöar och vattendrag och tillförsel av kvicksilver, sediment (ökad grumling) och humusämnen ökar (ökad vattenfärg, se brunifiering). Lokalt kan detta få stora konsekvenser till exempel på öring, stormusslor och djuputbredningen av vattenvegetation.

## BRUNIFIERING OCH MINERALISERING

Vissa sjöar, som ligger i myr- och barrskogsområden, är naturligt bruna då de tillförs en stor andel humusämnen (löst organiskt material efter nedbrytning av växtdelar). Tillförseln av humus till sjöar och vattendrag har ökat under de senaste åren och olika förklaringar är ökad humusurlakning orsakad av förändrad markanvändning med mer skog genom t ex plantering av träd (gran) eller igenväxning av öppna marker (Kritzberg, 2017). Återhämtning från försurning kan också vara en bidragande orsak till att brunifieringen ökat (Monteith, 2007). Ökad och förändrad säsongsvariation av nederbörd och vattenflöden påverkar också tillförsel och nedbrytning av humus och påverkar brunifieringsprocessen.

I och med att vattnen blir brunare kommer mer av solinstrålningen att absorberas, vilket leder till att de värms upp snabbare. Utsläckning av ljus ökar och gör att det inte når ner lika långt. Detta begränsar utbredningen av bottenlevande växter och leder till minskad produktion av alger och växter, något som i sin tur påverkar insekter och fisk (van Dorst m.fl., 2018).

Betydelsen av tillförseln av terrestert kol blir särskilt påtaglig i klara näringsfattiga vatten där ljusklimatet förändras (Karlsson m.fl., 2009) och heterotrofa bakterier (som får sin energi från dött organiskt material) blir allt viktigare som bas i dessa ekosystem. Detta både eftersom ljusklimatet blir sämre för växtplankton och vattenväxter och primärproduktionen (genom fotosyntes) minskar. Kol som tillförs från omgivningen blir då en alltmer betydande energikälla. En del av det organiska kolet bryts ned och avgår som koldioxid (Sobek m.fl., 2003) och en del fastläggs i sedimenten. Med ökad temperatur ökar mineraliseringen av det lösta organiska kolet och avgången av koldioxid till atmosfären ökar (Gudasz, 2010).

## FÖRÄNDRAD NEDERBÖRD OCH FLÖDEN

Mer nederbörd innebär ökade vattenflöden vilket leder till att mer material, organiskt och oorganiskt, eroderas och transporteras nedströms. Säsongsvariationen i vattenflöden påverkas av om det är snö under vintern eller om avrinningen sker direkt till vattendrag och sjöar. Infiltrationen och grundvattenbildningen påverkas också av om det är tjäle i marken eller inte. Under perioder med lite nederbörd och högre temperaturer kommer fler vattendrag kunna torka ut så att de inte längre blir vattenförande. Det kan fortfarande finnas vatten kvar i fördjupningar med arter som blir kvar i dessa utan att ta sig därifrån. Detsamma gäller småvatten (dammar och gölar) som helt kan torka ut.

Många arter är beroende av att det finns källvattenutflöden i vattendrag och sjöar med klart och mineralrikt vatten och inte minst källmiljöer. I samband med skyfall, som kommer att öka i framtiden, kan det bli häftig ytavrinning och en momentan transport av organiskt och oorganiskt material som riskerar att påverka källmiljöer negativt.

Ökad erosion och avrinning kan leda till grumling av vatten vilket försämrar sikten och ljusklimatet för växter. Beroende på markanvändning i omgivningen (avrinningsområdet) kan det leda till ökad närsaltsbelastning och pesticider om det är jordbruksmark. Ökad närsaltsbelastning i samband med långvarig torka kan göra att det blir övergödningssproblem, vilket missgynnar arter som är känsliga för eutrofiering.



### 3.3.3 Hav

#### ÖKAD TEMPERATUR

En ökad ytvattentemperatur påverkar bland annat ämnesomsättningen för arter och till en början kan tillväxten öka så att det därmed sker en biomassaökning om det finns tillräcklig tillgång till näring eller föda. Även djupare vatten har uppvärmts på senare tid i Östersjöområdet. Humborg m.fl. (2019) observerade kraftigt ökade temperaturer i djupare kustvatten men även i djupare vatten i Norra Egentliga Östersjön i en transekt från Aksö till Tvärmine i Finland.

För fisk har det visat sig att små individer får en ökad tillväxt vid högre temperatur men att större individers tillväxt avstannar, något som påverkar storleksfördelningen inom populationer (Huss m.fl., 2019). Det är förändringar som är skönjbara i planktonsamhällen där tillväxten av växtplankton ökar med temperaturen i kallare vatten och som också får påverkan på högre trofinivåer och inverkar på artsammansättning och antal av djurplankton, fisk även däggdjur, s.k. bottom-up effect (Richardson och Schoeman, 2004).

Om däremot temperaturen blir allt för hög så minskar födointaget och tillväxten avtar och det kan vara dödligt om det blir för varmt (Bergström m.fl., 2020). Arter som har förmåga att röra sig kan söka tillflykt till kallare vatten på större djup eller röra sig norrut. För kustfisk kan man se att arter anpassade till varmare vatten gynnas under senare tid i Östersjöns kustvatten medan de som är knutna till kallare vatten minskat (Olsson m.fl., 2012). Vid uppvärmning av ytvatten kan också effekter av algblomning av cyanobakterier bli mer markanta. Fisk påverkas av ökade temperaturer men även av andra faktorer som beskrivs nedan. Olika livsstadier är också olika känsliga och effekter kan uppstå både för enskilda individer, på populationsnivå, och i förhållande till andra arter (ekosystemeffekter och förändringar i näringsväven) (Bartolino, 2023). Även för kust och hav leder klimatförändringen till att invasiva främmande arter kan etablera och fortplanta sig och därmed påverka inhemska arter negativt till exempel genom konkurrens.

Uppvärmning får också negativa konsekvenser för arter som utgör viktiga livsmiljöer för andra arter. Modeller visar att utbredningen av blåstång kommer att minska till år 2100 och till och med försvinna från Bottenhavet och i stora delar av Stockholms skärgård (Törnqvist, 2019). Modellerna visar att bestånden av ålgräs kommer decimeras kraftigt och i ett av scenarierna (RCP 8,5) kommer arten nästan helt att försvinna norr om Kalmar både på fastlandet och Öland och Gotland.

#### PÅVERKAN PÅ SALTHALT – LÄGRE SALTHALT I ÖSTERSJÖN

I och med att nederbörden ökar i norra Sverige kommer tillrinningen av sötvatten via kustmynnande vattendrag att öka. Detta leder till att vattnet ”späds ut” och salthalten kommer att minska framför allt i Bottniska viken och Bottenhavet. Havsströmmar kommer också att inverka på hur vattnet blandas och fördelas. I och med att det blir mindre skillnad i salthalt mellan vattenmassorna (salthaltsgradient) kommer det att krävas mindre energi för att dessa ska blandas om. Därigenom påverkas skiktningen av havsvatten.

Salthalten i Östersjön har minskat under de senaste decennierna vilket har lett till en mer tydlig skiktning (Liblik och Libs, 2019). När skiktningen förstärks krävs det mer energi för att blanda om ytvattnet med djupare kallare vatten. Detta kan leda till allt kraftigare algblomningar och problem med syrebrist i samband med

nedbrytning av organiskt material. Lägre syrgasnivåer och längre perioder och större områden med syrefria förhållanden kan öka. En minskad salthalt gör också att sött eller brackvattensarter kan sprida sig. Arter som torsk, strömming, blåmussla och blåstång är marina arter som anpassat sig till brackvattensförhållanden och de kommer att få svårare att klara sig om salthalten minskar (Törnqvist m.fl., 2019).



Bild 5. Blåmussla (*Mytilus edulis*) är en marin art som påverkas negativt av minskad salthalt. Foto: Fredrik Ehrenström (IBL/TT).

## SYREHALTER I ÖSTERSJÖN

Ökade temperatur och starkare temperaturskiktning av vattenmassan (termoklinen) samtidigt som varmare vatten löser mindre syrgas leder till att syrehalten minskar (Laffoley and Baxter, 2019). En ökad avrinning från land, där markanvändningen ändras i ett förändrat klimat, kan också medföra att det sker en ökad tillförsel av näringsämnen till havet. Sammantaget gör det att risken för att det uppstår syrebrist då organiskt material ska brytas ned, vilket förbrukar syre och gör att syrefria bottenar breder ut sig ännu mer.

## FÖRÄNDRADE NEDERBÖRDSMÖNSTER

Förändrad nederbörd över land medför förändrade kustvattendrag där det i vissa områden, framför allt i norra Sverige, kommer att bli ökat tillflöde medan i andra områden t ex i sydöstra Sverige kommer att bli minskat tillflöde till havet. Förändrade flöden påverkar i sin tur tillförseln av humusämnen (se avsnitt om sjöar) vilket gör att vattenfärgen i kustvatten kommer att förändras (bli brunare) och ger ett sämre ljusklimat för många arter, vilket leder till att djuputbredningen av bottenlevande vattenväxter (makrofyter) minskar.





Bild 6. Minskande havsis väntas få negativa konsekvenser för den Östersjölevande sälarten vikaren (*Pusa hispida*) som är beroende av istäcket för sin reproduktion. Foto: Sven Halling (Johnér Bildbyrå).

## MINSKAD UTBREDNING AV HAVSISAR

Havsens utbredning kommer att minska i framtiden (Pemberton m.fl., 2021). Perioden för isläggning förkortas och tillsammans med förhöjd vattentemperatur påverkar det när växtplankton utvecklas på våren, något som nu sker tidigare på året i Östersjön jämfört med för 20 år sedan. Modeller förutspår att kortare isperiod kommer att leda till ännu tidigare vårblomning. Tidigare vårblomning kommer att vara mer påtaglig i södra Östersjön än i Bottenviken och Bottenhavet som kommer att vara mer ljusbegränsade på grund av att vinterperioden tar slut tidigare och av högre vattenfärg från brunifiering (Griffiths m.fl., 2017). Exakt hur interaktionerna mellan arter och anpassning i näringsväven kommer att påverkas är inte utrett. Flödet av organiskt material från primärproducenter i den fria vattenmassan till bentiska (bottenlevande) primärproducenter kommer påverkas. Detta genom att sedimentation av organiskt material i den fria vattenmassan minskar på grund av förändrad artsammansättning (Griffiths m.fl., 2017) och samtidigt även påverka toppredatorer. Modeller visar att smältande is kommer att få dramatiska konsekvenser för marina däggdjurs lämpliga livsmiljöer, som till exempel vikare med minskningar på mer än 1/8 år 2100 mot idag (Törnqvist m.fl., 2019).

## HAVSNIVÅHÖJNING– ÖKAT HAVSVATTENSTÅND

Att havsnivån stiger påverkar framför allt kustområden och flacka öar. Höjningen av havsnivån i Sverige är idag på samma nivå som globalt där nivån stiger med 3–4 mm per år (baserat på perioden 2006–2019), (Bergström m.fl., 2020).

Havsnivåhöjningen i Sverige motverkas emellertid av landhöjningen i landets norra delar men i södra Sverige leder havsnivåhöjningen redan idag till att landareal är på väg att försvinna. Stigande havsnivåer påverkar den svenska naturmiljön på

flera sätt. Bland annat väntas kustnära ekosystem och naturtyper, som havsstrandängar<sup>36</sup>, att påverkas negativt när havet stiger. Detta gäller främst kustområden i södra Sverige där det inte pågår landhöjning som kan kompensera för havsnivåhöjningen (Thoni, T., 2018). Dock påverkas även landhöjningsstränder och den speciella naturtyp som de utgör när havsnivåhöjningen motverkar landmassans förflyttning uppåt land (Länsstyrelsen Västernorrland, 2021).

## SURARE HAV

Ökade koldioxidhalter i luften kommer att bidra till att pH-värdet i havet sjunker. Det innebär att havet försuras genom att koldioxidhalten ökar i ytvattnet, något som är svårt att mäta exakt. Modeller visar emellertid på prognoser för hur pH kommer att förändras i Östersjön (Omstedt m.fl., 2012). Förändrat pH påverkar de flesta akvatiska organismer direkt eller indirekt. Olika organismer har olika motståndskraft mot försurning och en del arter kan till och med gynnas av ett lägre pH, men det är mindre vanligt. Framför allt påverkas kalkinlagring i skal och skelett hos vissa organismer, vilket innebär att kalkbildande arter så som musslor och plankton som tar lång tid på sig att bilda skal eller kräver mycket energi drabbas. Detta medför också att näringsväven kan påverkas. Havsförsurning verkar ha större (negativ eller positiv) effekt på enskilda arter än vad som kunnat påvisas på ekosystemnivå i Östersjön och Skagerack (Havenhand m.fl., 2018).

För en fördjupning i konsekvenser av klimatförändringen, med fokus på Östersjön, rekommenderas Helcoms klimatfaktablad, som publicerades 2021<sup>37</sup> (Helcom, 2021).

### 3.3.4 Marina kustmiljöer

Sandstränder, sanddynsområden, lerstränder, strandängar, skärgårdsskog, klippstränder, hedar, laguner, vikar, öar och skär är exempel på livsmiljöer som påverkas.

Havssträndernas karaktär varierar längs kusten, både lokalt och regionalt, beroende på faktorer som topografi, exponering, substrat, havsnivå, salthalt, is- och vågpåverkan samt klimatförhållanden. Med en strandlinje mot havet på 4 800 mil har Sverige många olika typer av kustnära livsmiljöer med stor betydelse både för olika ekosystemtjänster liksom för den biologiska mångfalden (Belgrano 2018, Bergström m.fl., 2020). Några exempel är sandstränder och kustdynsområden, strandängar, klippstränder, landhöjningsskog, laguner, öar och skär. Stigande havsnivåer, men även mildare vintrar, längre växtsäsong och förändrade nederbörds-mönster kommer påverka havssträndernas livsmiljöer och arter.

Med stigande havsnivåer och ökad landerosion kommer utrymmet för havssträndernas livsmiljöer att minska. Effekten av havsnivåhöjningen ser dock olika ut i olika delar av landet på grund av att landhöjningen varierar från söder till norr. I norra Sverige, där landhöjningen är påtaglig, motverkar än så länge landhöjningen de största effekterna av havsnivåhöjningen. I sydligaste Sverige har dock landhöjningen avklingat och är nära noll vilket, tillsammans med faktumet att stora delar av kusten i t ex Skåne och Halland är uppbyggd av lösa sediment, gör att

---

<sup>36</sup> I Västra Götaland bedöms 85 procent av dagens strandängar hamna under vattenytan vid 1 meters havsnivåhöjning. (Finsberg 2013).

<sup>37</sup> <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/09/Baltic-Sea-Climate-Change-Fact-Sheet-2021.pdf>

kusten där är utsatt för erosion (Nyberg m.fl., 2020). Utöver själva havsnivåhöjningen kan också förändrad vågaktivitet och stormfrekvens adderas till faktorer som kommer påverka livsmiljöernas utbredning och dynamik (Forsgren m.fl., 2015).

En central aspekt för de kustnära livsmiljöernas långsiktiga status i ett förändrat klimat är i vilken utsträckning de kan anpassa sig till en ny havsnivå. Graden av anpassning kommer att påverkas av hastigheten med vilken förändringarna sker och möjligheterna för att skapa nya livsmiljöer i områdena som ligger ovanför den nuvarande stranden. Om dessa områden är exploaterade i form av byggnader och infrastruktur, vilket ofta är situationen för sandstränder, kustdynsområden och strandängar, är utsikterna mindre goda för möjligheten till nya områdesskydd i syfte att värna om dessa värdefulla livsmiljöer. Vidare förekommer konflikter mellan naturvård och behovet av att skydda bebyggelse redan idag (Bergström m.fl., 2020). I Västra Götaland har man emellertid identifierat närliggande ytor kring befintliga strandängar som med hjälp av lämplig planering och riktad skötsel kan utvecklas till strandängar i framtiden, och därmed ersätta de livsmiljöer som förloras i takt med att havsnivån stiger (Finsberg, 2014).

Några av landets värdefullaste kustdynsområden med flera specialiserade och sällsynta arter, t ex fältpiplärka och sandödlor, återfinns i södra Sverige. I södra Sverige väntas också effekterna av havsnivåhöjningen bli som mest märkbara och framtida åtgärder kommer här att få betydande konsekvenser för naturtypernas fortlevnad och för de arter som är knutna till dem. Utrymmet för åtgärder är dock begränsat då många kustdynsområden redan delvis är exploaterade i form av fritidsbebyggelse eller angränsar till bostadsområden. Erosion och transport av material med havsströmmarna kan också i viss mån nyskapa livsmiljöer på andra platser (Nyberg m.fl., 2020).

Förändringar i havet påverkar också kustnära livsmiljöer på land. I driftvallar, som består av tång och annat material som spolats upp på land, förekommer en särpräglad artmångfald av insekter och andra ryggradslösa djur. Det stora antalet ryggradslösa djur bidrar till föda för mängder av fåglar, särskilt vadare och småfåglar. Den flora och fauna som är knuten till driftvallarna förändras i takt med att det uppspolade materialet ändrar karaktär. Särskilt vid Östersjöns stränder ökar innehållet av trådalger som ett resultat av en förändrad havsmiljö. Även temperaturhöjningen i sig och en förlängd växtsäsong kan förändra artsammansättningen på driftvallarna och en minskning av naturtypen kan leda till en minskning av antalet organismer som är kopplade till just detta substrat (Follestad m.fl., 2011).

Med ett varmare klimat förväntas också problemen med invasiva främmande arter att öka, och där är strandmiljöer ofta tidigt utsatta. Ett sådant exempel är växten kotula, som härstammar från Sydafrika men är spridd i stora delar av Europa. Växten konkurrerar med den inhemska floran utmed havsstränder och utgör ett direkt hot mot konkurrenssvaga arter som till exempel glasört (Tomasson, 2020). I Sverige är arten under spridning och farhågor finns att den kan bli så pass marktäckande i vissa områden att den kommer påverka rastningslokaler för flyttfåglar (Tyler m.fl., 2015). Kotulan gynnas troligen av klimatförändringens effekter i form av mildare vintrar, stora variationer i nederbörd och en längre växtsäsong (Hulme, 2014).



Bild 7. Den invasiva växtarten kotula (*Cotula coronopifolia*) riskerar att spridas i större omfattning i Sverige då den gynnas av mildare vintrar, varierande nederbörd och längre växtsäsong. Foto: Stefan Cherrug.

### 3.3.5 Våtmarker

Våtmarkerna är viktiga ekosystem för klimatet. De reagerar inte bara på ett förändrat klimat, utan de är också viktiga ekosystem för att mildra effekterna av klimatförändringen och, inte minst, för att minska nettoutsläppen av koldioxid. Våtmarkerna påverkar den globala balansen av växthusgaser genom att binda kol från atmosfären och genom att de vid nedbrytning kan släppa ut växthusgaser (koldioxid, metan och lustgas). Våtmarkerna kan också buffra vatten vid höga vattenflöden och lagra vatten vid torrperioder.

Både en ökad temperatur och en minskad vattenmättnad i våtmarkerna kommer att öka nedbrytningen av torv och ge ökade utsläpp av koldioxid som bidrar till växthuseffekten. Våtmarker kan dessutom påverka lokaltemperaturer genom att den fuktiga och blöta torven har en temperaturbuffrande effekt. Våtmarkerna har således mångfacetterad påverkan på klimatet men även klimatet påverkar i sin tur våtmarkerna.

Våtmarkerna är ofta artrika och viktiga för biologisk mångfald. De har flera unika arter som inte finns i övriga delar av landskapet. Flera arter är på ett eller annat sätt känsliga för höga temperaturer eller torka. Vid studier av förändringar i Skånes flora har det visat sig att flera typiska våtmarksarter redan minskat starkt eller försvunnit från Skåne (Tyler m.fl., 2018, Hallman, Olsson & Tyler 2022), troligen som en effekt av ett förändrat klimat, men den historiskt sett stora torrläggningen av våtmarkerna för jordbruksändamål har gjort populationerna svagare.

En ökad temperatur gör att nedbrytningen av torv går snabbare och tillgängligheten av inbundet kväve kan öka. Detta leder i sin tur till att mer högvuxna växter ökar sin tillväxt och utbredning på bekostnad av småvuxna arter anpassade till näringsfattiga förhållanden (Gunnarsson m.fl., 2002, Tyler m.fl., 2018).

Näringsanrikning är också ett känt problem när man exempelvis ska restaurera rikkärr (den artrikaste myrtypen). Denna näringsanrikning kan också vara en effekt av ett varmare och torrare klimat då torven blir mer syresatt och bryts ner snabbare.

## PÅVERKAN PÅ OLIKA VÅTMARKSNATURTYPER

Våtmarker är ett samlingsnamn för flera olika våta ekosystem och inkluderar stränder, myrar och andra fuktiga ekosystem. De olika våtmarkstyperna reagerar på och utsätts för olika effekter av klimatförändringen, en sjöstrand påverkas exempelvis helt annorlunda än en högmosse eller en palsmyr. Ett generellt mönster som setts i ett antal studier är emellertid den ökade trädväxten på myrarna (Gunnarsson m.fl., 2010). Troligen kommer trädväxten att öka ytterligare på myrarna som en följd av ännu torrare förhållanden, men om det istället blir mer nederbördsrikt kan processen avstanna och till och med bli reversibel.

I och med att nederbörds mängden kommer att öka, i alla fall för större delen av landet, kommer även kväveövergödningen att öka, eftersom det finns ett samband mellan ökad nederbörd och ökad kvävedeposition.

De nordliga palsmyrarna kommer att fortsätta minska i och med det varmare och fuktigare klimatet (Wramner m.fl., 2023). Nedsmältning av palsarnas permafrostkärnor ger både en minskad areal och volym pals (Wramner m.fl., 2017). Detta kommer också att på sikt påverka de arter som hör till palsmyrarna och som är mer eller mindre beroende av palsstrukturerna.





Bild 8. Palsar, som här är 3 till 5 meter höga, i myrområdet Taavavouma som ligger i Torne lappmark. Palsmyrarna är särskilt hotade av ett varmare klimat med tinande permafrost. Foto: Urban Gunnarsson.

Att översvämningar inträffar under andra perioder under året kommer också att påverka våtmarkerna som översvämmas längs våra vattendrag och sjöar. Normalt har de stora älvarna haft en tydlig vårflod, men med klimatförändringen blir vårfloden inte lika stor och när långa regnperioder, framför allt under hösten, orsakar senare översvämningar påverkar detta strändernas arter på ett helt annat sätt. Exempelvis i förhållande till fåglars häckningsmiljöer och häckningsperioder. Till detta kommer de nya kortsiktiga vattenståndsregleringar som kraftverksdammar står för, där regleringen sker momentant efter efterfrågan av vattenkraftsel.

### PÅVERKAN PÅ VÅTMARKERNAS ARTER

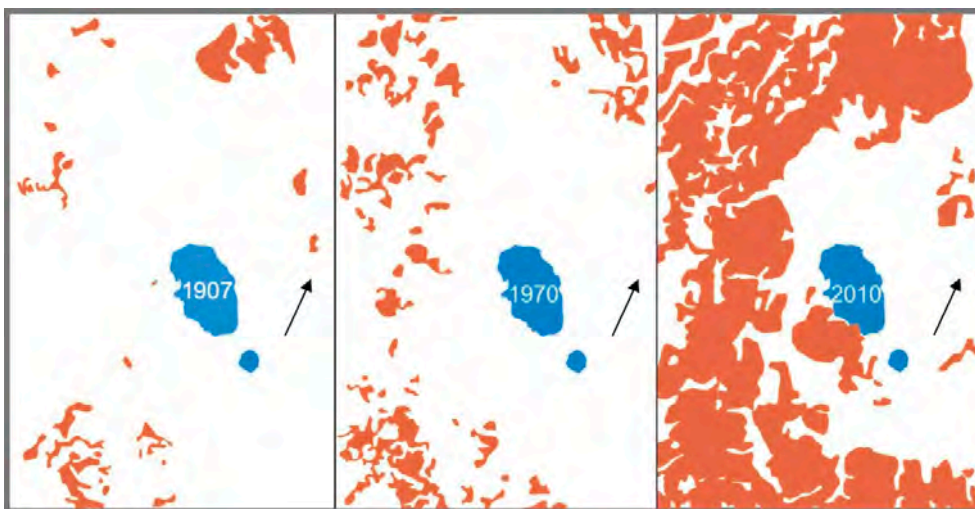
Klimatförändringen kommer att ha en stor effekt på våtmarkernas växt- och djurliv. Vissa växter kommer att gynnas av de nya förhållanden som kommer att råda på våtmarkerna i ett förändrat klimat. Mer träd växer nu på myrarna än för 50 år sedan och i vissa regioner har träd tillväxten även varit kopplad till en ökad näringsdeposition via nederbörden. De viktiga vitmossorna, som är en av myrens viktigaste torvbildare, missgynnas av riktigt varma och torra perioderna men kan å andra sidan gynnas av att växtsäsongen förlängs.

Det finns också flera invasiva främmande arter som lever i våtmarker och grunda vatten, så som gul skunkkalla, sidenört och smal vattenpest. Sådana invasiva arter har en stor påverkan på andra naturligt förekommande arter och hela ekosystem. Invasiva främmande arter kommer att få en större betydelse vid ett förändrat klimat och redan idag satsar samhället stora resurser på att bekämpa dem. Samtidigt är flera av våtmarkernas arter rödlistade (drygt 800 våtmarksarter enligt rödlistan

2020; Eide m.fl., 2020). Det finns flera orsaker till att våtmarksarter är rödlistade och de viktigaste orsakerna är igenväxning, upphörd slåtter och bete, dikning, vattenreglering och eutrofiering. Antagligen kommer antalet rödlistade arter att öka framöver med de klimatrelaterade effekterna.

Den smittsamma chytridiomykos (Chytridiomycosis) är en infektionssjukdom som drabbar groddjur orsakade av vattenlevande mikrosvampar. Fortfarande är mycket om sjukdomen okänt, men klimatförändringen är en viktig faktor även människans handel och utplantering av groddjur har skyndat på spridningen av svampsjukdomen över hela världen och även i Sverige. Fler än 200 arter har till stora delar slagits ut eller redan dött ut på grund av chytridiomykos (Wake & Vredenburg 2008).

Vissa inhemska arter tycks gynnas av ett varmare klimat, och för högmossarna verkar vitag ha blivit mycket vanligare bland annat på Skagershultamossen i Närke (Backéus m.fl., 2023). Arten gynnas av längre och varmare växtsäsonger och har gynnats av det nu rådande klimatet och är kopplat till en minskning av tuvull. Andra förändringar i våtmarksväxternas förekomster har man kunnat se i analyser av landskapsfloror, till exempel förändringar i Skånes flora visar på att arter vanliga i intermediära och fattiga kärr har minskat (Tyler m.fl., 2018). Det har också visat sig varit betydelsefullt att man gör åtgärder för att gynna hotade arter, till exempel Länsstyrelsernas arbete med åtgärdsprogram för hotade arter, vilket har bidragit till att hålla kvar artstocken i rikkärr (Tyler m.fl., 2018) och gjort populationerna större och mer motståndskraftiga mot klimatförändringen.



Figur 14. Tre kartbilder som med orange färg visar expansion av stråväxten vitag och vitagsdominerade mjukmattor från 1907 till 1970 och slutligen 2010. Kartbilderna täcker en yta som är cirka 150 × 300 m<sup>2</sup> stor på högmossen Skagerhultamossen, Närke. Öppet vatten indikeras av blåa fält.

Källa: Backéus m.fl., 2023.

### 3.3.6 Fjäll

Livsmiljöerna i fjällområdena är i hög grad beroende av temperatur, snömängder och snöns fördelning i terrängen. Ett varmare klimat med tidigare snösmältning och längre växtsäsong kommer med största sannolikhet att förändra läget för den klimatiska skogsgränsen, både i höjdlid och norrut längs en zongradient i nordliga områden (ACIA 2005, Tema Nord 2009, Kullmann 2001, 2008, Hofgaard m.fl., 2013, Field m.fl., 2014b). Det kommer förmodligen också att leda till en förskjutning uppåt av de olika kalvfällszonerna; låg-, mellan- och högaltin. När vegetationszonerna drar sig tillbaka upp i fjällen minskar arealen livsmiljö för flera fjällarter och det finns en risk att dessa arters populationer minskar och fragmenteras så att de över tid kan dö ut (Gottfried m.fl., 2012).

Trädgränsen för fjällbjörk, gran och tall har på många platser i landet förskjutits uppemot 200 m under det senaste århundradet, vilket är i linje med den uppmätta temperaturändringen (Kullman och Öberg, 2009). Dock är den genomsnittliga förändringen lägre, runt 70–90 meter. Detta beror på att det finns andra faktorer som också påverkar trädgränsens temperaturberoende förflyttning så som vind-exponering (Kullman och Öberg, 2009), renbete och insektsutbrott (Van Bogaert m.fl., 2011), samt bakslag under våren med frostsador under knoppsprickning (Kollas m.fl., 2014).

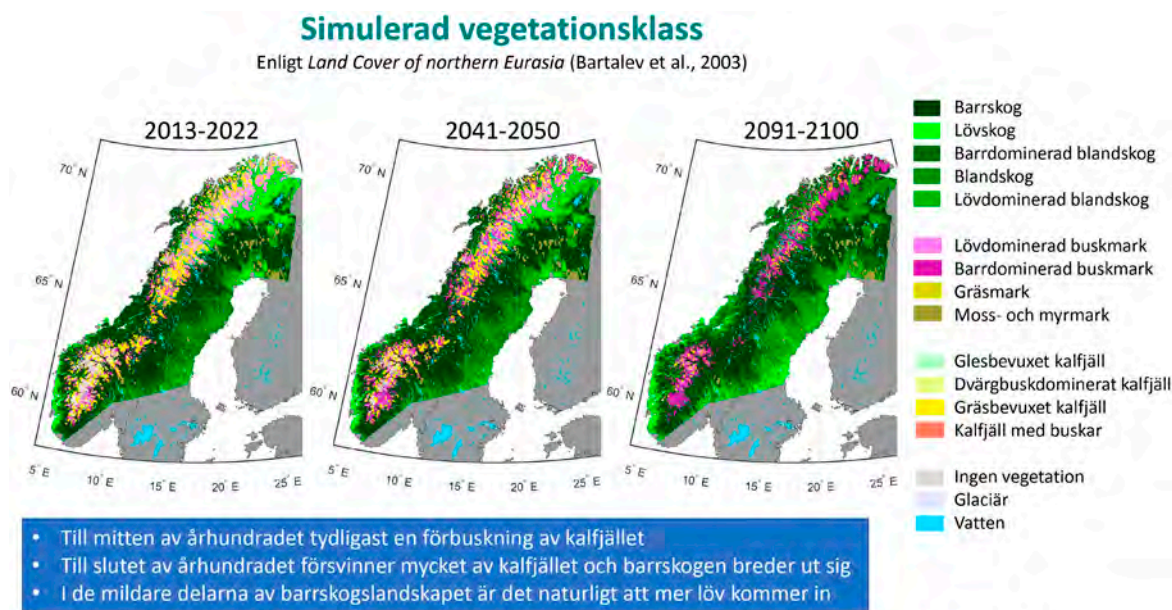
Typiska fjällarter i lågalpina zonen kan komma att flytta högre upp i fjällen och ersättas av mer värmeälskande arter, som redan har registrerats i europeiska fjällområden genom GLORIA-projektet (Michelsen m.fl., 2011, Pauli m.fl., 2012, Gottfried m.fl., 2012). Samtidigt kommer förändringar i lokala ekologiska miljöfaktorer som påverkar vindblotta – snölegra gradienten (vind, temperatur och nederbörd i form av snö) bidra till förändringar i artsammansättningen i fjällen genom olika processer kopplat till ömsesidig påverkan mellan arterna (Klanderud 2005, Klanderud & Totland 2005, 2007, Olsen 2014, Olsen & Klanderud 2014). Med ett varmare klimat antas det biotiska samspelet mellan växter på alpina och boreala hedar bli viktigare för växtsamhällets artsammansättning än tidigare (Meineri m.fl., 2012, 2014, Klanderud m.fl., 2015). Men även graden av renbete påverkar samspelet<sup>38</sup>.

Artmodellering av förändringar i växternas utbredning i samband med klimatförändringar (t.ex. Guisan och Theurillat 2000a, b; Thomas m.fl., 2004, Thuiller m.fl., 2005) ger dock mycket osäkra uppskattningar, då de sällan tar hänsyn till de biotiska interaktionerna, till exempel konkurrens mellan arter genom tätare och högre vegetation, större produktion av förna och stress (Graae m.fl., 2011, de Frenne m.fl., 2014, Klanderud m.fl., 2015). Samtidigt tar de inte hänsyn till den rumsliga temperaturvariationen i fjällen. Stor variation i temperatur inom en topografiskt varierad natur bidrar i hög grad till att buffra mot förändringar i växtsamhället och förlust av biologisk mångfald (Lenoir m.fl., 2013). Förändringarna förutspås därför gå mycket snabbare än vad som är fallet då bufferten fungerar som en fördämning mot en förändring.

---

<sup>38</sup> Reindeer grazing reduces climate-driven vegetation changes and shifts trophic interactions in the Fennoscandian tundra





Lagergren et al. submitted *Biogeosciences*

Figur 15. Simulerad utbredning av vegetationsklasser i fjällkedjan för olika tidsperioder utefter klimatscenariot RCP 8,5. Simuleringen visar att stora areal av kalvfjäll väntas försvinna till slutet av århundradet och ersättas av barrskog och buskmark.

Källa: Lagergren m.fl., 2024

## GLACIÄRER OCH SNÖLEGOR

Snölegornas arter är anpassade till en kort säsong med vattentillgång under längre tid än omgivande områden. De är också skyddade mot vind och låga vintertemperaturer. Snölegor räknas som utsatta miljöer för klimatförändringen i fjällen (Fremstad & Moen 2001, Tema Nord 2009), eftersom de innehåller specialiserade arter som är beroende av snötäckets varighet (Björk & Molau, 2007). En tidigare framsmältning kommer över tid leda till att de specialiserade arterna ersätts med arter som i dag inte kan etablera sig där, såsom buskar, gräs, halvgräs och örter (Sandvik m.fl., 2004, Sandvik & Odland 2014). Inventeringar har visat att platser som tidigare hyste Dovresnögräs har växt igen med annan vegetation. Förändringen kopplas till ökad temperatur och minskade antal snölegor.

Förändringarna förväntas vara störst i den lågalpina zonen, där högre temperaturer förväntas leda till ökad nederbörd som snö och/eller snabbare framsmältning av snölegorna. På högre höjd kan snötäckta områden som sällan smälter fram oftare bli snöfria och skapa förutsättningar för arter anpassade till snölegor. Här är det även större arealer med sena snölegor, men dessa förväntas inte påverkas i så stor grad (Kudo & Hirao, 2006).

I fjällen är säsongen redan kort och tidpunkten för snösmältning viktig. I områden med förväntad ökad nederbörd i form av snö kan detta leda till en förkortad säsong. Snötäckets varighet påverkar också näringsomsättningen. I områden med djup och långvarigt snötäcke sker nitrogenmineraliseringen om vintern, medan det under växlande snötäcke sker om våren (Borner m.fl., 2008; Tema Nord 2009). En förändring i snötäckets varighet kan därför leda till ändrad tillgång av näring för växterna.

Hur den totala förändringen av snölegor och fördelning av tidiga till sena snölegor kommer bli är dock osäkert.



Bild 9. Dovresnögräs är en art som väntas minska till följd av ökad temperatur och minskande antal snölegor samt ökad temperatur. Foto: Sebastian Sundberg.



Bild 10. Många specialiserade arter knutna till snölegor hotas när snölegor riskerar att minska i omfattning när temperaturen stiger. Foto: Ivan Oleynikov (Unsplash).

## ALPINA FJÄLLHEDAR OCH GRÄSMARKER

Studier (Graae m.fl., 2008, Buizer m.fl., 2012) har visat att ökade sommartemperaturer kommer favorisera grobarheten till nordkråkbär och odon, där nordkråkbär har ansetts som vinnaren vid ändrade snöförhållanden (Bienau m.fl., 2014). Försök med vinteruppvärmning av jord och vegetation i Abisko, med en genomsnittsökning på 5 °C (motsvarar RCP 8,5) har däremot visat att mängden nordkråkbär minskar med upp till 30 procent, vilket kan förklaras av ökat angrepp av fjällhöstmätare. Arter som blev utsatta för vinteruppvärmning, men som inte tappade löven, exempelvis blåbär och odon, påverkades inte negativt. Skulle det visa sig att ökad sommartemperatur gynnar lövfällande dvärgbuskar och gräs kan det bli en ändring från eviggröna heddar med nordkråkbär mot mera blåbär- och odondominerade heddar med ökat inslag av gräs (Bokhorst m.fl., 2015).

Trenddata från Nationell inventering av landskapet (NILS) för perioden 2003–2020 visar en ökning i täckningsgrad av både ris och buskar<sup>39</sup>.

## BUSKMARKER

Fjällheddar och läsidor finns i relativt skyddade områden med växtmöjligheter för buskar, ris, gräs och örter. Hedarna är flackare, medan läsidorna ofta är kraftigt sluttande. På fjällhedarnas läsidor finns det skydd mot låga temperaturer och snösmältningen säkrar en stabil markfuktighet.

En ökad årsmedeltemperatur och längre växtsäsong kan bidra till att buskmarkerna etablerar sig på högre höjd. Mätningar inom miljöövervakningen (NILS-programmet) visar en ökande trend för täckning av buskskikt, framför allt på kalfjället. De senaste åren har även visat en viss kolonisation av träd.



Bild 11. I ett varmare klimat förskjuts trädgränsen uppåt i höjdlid, vilket leder till att andelen kalfjäll minskar. Det får betydelse för de arter som är knutna till kalfjällsmiljöer vars livsutrymme krymper. Foto: Timo Persson.

<sup>39</sup> Fjällvegetation – Sveriges miljömål



## FJÄLLNÄRA SKOG

Studier har visat att arealen skadad fjällbjörk i norra Skandinavien har ökat betydligt de senaste årtiondena, och detta kan delvis förklaras genom ökad vinteröverlevnad samt utbredning hos två fjärilsarter, mindre frostfjäril och fjällhöstmätare. Lokalt kan björkdödligheten vara > 90 procent (Jepsen m.fl., 2013). Under de senaste decennierna har utbrott av båda arterna inträffat i nordligare och kallare områden än historiskt (Jepsen m.fl., 2008), troligen på grund av ett mildare klimat. En senare studie (Lehmann m.fl., 2020) bekräftar inte enbart ökad utbredning norrut och på högre höjd av båda arterna, men visar också att mindre frostfjäril även nyttjar andra arter när den förekommer ovanför trädgränsen, såsom dvärgbjörk och olika videarter. Även om klimatet kan bidra till en ökad intensitet av dessa fjärilsutbrott spelar också tidpunkten roll för hur stor skada som påförs björkarna. När fjärils-larverna har ätit sig mätta och krupit ner i marken startar björken en omfattande sekundärproduktion av löv. NDVI-analyser («Normalized Difference Vegetation Index», index för levande växttäckning baserat på satellitdata) från Abisko visar att några veckor senare ser skogen ungefär lika grön ut som normalt (Bjerke m.fl., 2014). De nya löven håller också längre in på hösten än vanliga löv, vilket ger en extra kompensation med allt längre växtsäsonger. Med längre växtsäsong kommer mätarna att avsluta sina attacker allt tidigare på säsongen (eftersom de börjar tidigare på våren). Detta kommer att ge björken en ökande möjlighet att kompensera för skadorna genom sekundär tillväxt (Aarrestad m.fl., 2015). De plantor på marken som angrips av mätarna har dock mycket mindre kapacitet för sådan sekundär tillväxt, förutom till viss grad för blåbär (Bokhorst m.fl., 2011).



Bild 12. Fjällbjörkskog i Sorsele, Västerbotten. Foto: Wenche Eide.

Vid ökade temperaturer och längre växtsäsong har lågalpin fjällhed och läsidor med lite djupare jordtäckte potentialen att utvecklas till skogsmark. Främst förväntas björken röra sig uppåt, men även barrträden gynnas. En förklaring till mindre föryngring av träd kan vara konkurrens från markvegetation som hindrar plantornas överlevnad, bete och vind samt ett ständigt föränderligt is- och snötäcke som begränsar ytterligare tillväxt (Payette m.fl., 2001, Cairns & Moen 2004, Holtmeier & Broll 2005, Aune m.fl., 2011, Hofgaard m.fl., 2013). Även om genomsnittstemperaturen ökar kan extremhändelser enstaka år ge konsekvenser för träden över flera år, både positiva, med lyckad fröproduktion och negativa, med skador från snö, frost och/eller torka. Denna kombination av olika faktorer som dels verkar mot varandra gör det svårt att förut säga hur stora arealer kalvfjäll som inom relativt snar framtid kan bli trädklädd.

## PÅVERKAN PÅ FJÄLLENS ARTER

Fjällräven är klassad som strakt hotad och även om födobrist och konkurrens med rödräv är de främsta orsakerna till detta så påverkar klimatförändringen med trenden av varmare vintrar fjällräven både direkt och indirekt (Naturvårdsverket, 2017). Den direkta påverkan är att såväl boplatser som minskat levnadsutrymme för arten påverkas, medan den indirekta är att det blir en större konkurrens med rödräv då rödräven kan sprida sig norrut med ett mildare klimat, samt spridning av sjukdomar från rödräv.

Klimatförändringens effekter på evertebrater, det vill säga ryggradslösa djur som till exempel insekter, är relativt enkla att upptäcka då de är kortlivade och svarar snabbt på förändringar i miljön som förändrad temperatur. Redan nu hittas arter på högre höjd än för några decennier sen. Ett exempel är alhumlan som är anpassad till väderförhållandena i tundramiljöer. Den är aktiv vid låga temperaturer, men blir överhettad och inaktiv vid högre temperaturer. Studier från Alperna visar att långvariga värmeböljor har överskridit toleransnivån hos arten. På lägre fjäll kan värmeskyende insektsarter snabbt försvinna när deras habitat pressas upp mot toppen och de inte längre har någonstans att ta vägen (Ødegaard m.fl., 2015). Hur nederbörden förändras är också viktig då flera arter är knutna till nederbördsfattiga delar, såsom högnordisk pärlemorfjäril.

Varmare vintrar med flera nollgenomgångar leder till att den subnivala zonen (hålrummet mellan marken och snön) kollapsar. Det är i dessa hålrum som smågnagarna tillbringar vintern. En minskning av smågnagare och i förlängningen bortfall av smågnagarcyklerna påverkar flera andra arter negativt. Exempelvis är hela fjällrävens ekologi och evolution anpassad till dessa cykliska fluktuationer. En annan jägare och kadaverätare är järven. Den behöver bärande skare när den jagar, följaktligen så kan varmare vintrar med blötare snö leda till svårigheter att skaffa tillräckligt med mat. Redan idag kan brist på föda under vintern vara en orsak till att överlevnaden hos unga järvar är låg. En annan anpassning till vinter och snö är ändrad pälsfärg. Vid kortare perioder av snö missgynnas arter som fjällräv och skogs hare, då deras vita vinterpäls inte fungerar som kamouflage och de blir ett lättare byte för andra arter.



Bild 13. Varmare vintrar påverkar såväl enskilda arter, till exempel järven (*Gulo gulo*), som hela ekosystem. Foto: Magnus Elander, Johnér.

I Finland, Norge och Sverige är ungefär 40 procent av marken renbetesmark (Moen, J. 2008; Tyler, N. J. C. m.fl., 2007). I Sverige och Norge ses renskötsel och bete som ett medel för att bevara fjälllandskapet i dess nuvarande tillstånd och formuleras som nationella miljömål (Prop. 1997/98:145; Norske miljömål 2011). I Norge och Sverige är fjällområdet betydelsefullt för dagens renskötsel. Olika delar av fjällområdet erbjuder bra bete beroende av tid på året, med tidigt framsmältande solexponerade områden under vår-försommar, kalfjäll under högsommar samt fjällskog och myrar under sensommar och höst. Under vissa somrar blir också betesfattiga områden i högfjällen tidvis viktiga för att undgå insekter. Extensivt bete utsätts dock i allt högre grad för tryck från annan markanvändning som påverkar renarnas beteende och renskötselmetoder, vilket förändrar betesmönstren (Tyler, N. J. C. m.fl., 2007; Forbes, B. C. m.fl., 2006). Utöver detta tillkommer klimatförändringarna (Collins, M. m.fl., 2013).

Klimatdrivna förändringar kan samverka med förändrad markanvändning på sätt som, beroende på sammanhang, både kan förstärka och motverka effekterna (Oliver, T. H. & Morecrof, M. D. 2018). Vinterbetet i skogslandet nedanför fjällen har en avgörande betydelse för att upprätthålla betesprägel i fjällen. Generellt råder i Sverige ingen brist på renbete i fjällområdet, det är vinterbete i skogslandet som i stort är flaskhalsen.

Till skillnad från i fjällområdet är trycket från andra näringar högt i skogen, med omfattande utbyggnad av och planering för nya vindkraftsparker, skogsbruk, gruvnäring, bebyggelse och infrastruktur. En studie visar att i renbetesområden i Finland, Norge och Sverige är 85 procent av regionen påverkad av minst ett markanvändningstryck och 60 procent av flera markanvändningstryck (Stoessel, M., Moen, J. & Lindborg, R. 2022). Sammantaget leder detta dels till att renarna störs men också att betesområden förstörs och att nya vandringshinder begränsar renarnas

möjlighet att förflytta sig. Långsiktigt har antalet renar legat stabilt, men de senaste åren har präglats av en nedåtgående trend (Naturvårdsverket. Storslagen fjällmiljö). Att renar betar i fjällen är viktigt för bevarandet av den biologiska mångfalden i dessa områden.<sup>40</sup>

När det gäller fåglar i fjällen så påverkar klimatförändringen fåglarna i sig men även deras tillgång på mat i den mån de äter insekter genom att insekternas förekomst och fenologi påverkas. En studie av fjorton fjällfåglar i Skandinavien (Lehikoinen m.fl., 2014) visade en signifikant minskning av nio arter. Huruvida hela eller delar av minskningen kan förklaras av klimatförändringen kunde inte fastställas i studien, men klimatförändringen (med högre genomsnittstemperatur och nederbörd för perioden maj-augusti jämfört med 40 år tidigare) var representerad i alla de förklaringsmodeller som presenterades. En annan studie, av häckande fåglar i Sverige visar liknande resultat där klimatförändringarna kopplades till populationstrender hos fåglarna (Jiguet m.fl., 2013). För lappsparv visar data från svensk fågeltaxering att den fortfarande minskar. Orsaken till den konstaterade minskningen är oklar men kan eventuellt bero på minskad födotillgång vintertid. Lappsparven hör till de arter som på sikt förutspås retirera norrut i takt med ett varmare klimat.

### 3.3.7 Skog

Klimatförändringen kommer påverka skogen på olika sätt och i olika omfattning. Växtsäsongen förväntas bli längre både i nemorala (lövträd) och boreala (barrträd) skogar (IPCC, 2018). Samtidigt kommer klimatrelaterade störningar generellt sett öka, med ökad risk för bland annat vårbakslag med frostsador, men även sommartorka, värmeböljor, skogsbrand, översvämning, stormskador, och en kopplad risk för insektsangrepp och etablering av invasiva arter (IPCC, 2019b).

Klimatet som marklevande arter i skogen upplever skiljer sig från klimatet ovanför träden. Trädkronan buffrar extrema temperaturer så att temperaturvariationen är lägre inom skogen än utanför (De Frenne m.fl., 2019). För att förstå hur arter reagerar på klimatförändringen måste man därför även förstå hur mikroklimatet förändras. Sådana förändringar beror på de kombinerade effekterna av makroklimatförändringar och hur skogens struktur och sammansättning förändras (Zellweger m.fl., 2020).

Även om forskningen ofta har varit inriktad på förändringar i medeltemperaturen är det i de flesta fall inte förändringar i medelvärden som orsakar de mest drastiska förändringarna i den biologiska mångfalden, utan extrema klimatförhållanden (Körner & Hiltbrunner, 2018; Maxwell m.fl., 2019). Den exceptionellt varma och torra sommaren 2018 i Europa illustrerar tydligt de biologiska konsekvenserna av ovanliga väderhändelser (Peters m.fl., 2020). Torkan orsakade stora skogsbränder och orsakade skador där människors liv och hälsa sattes i stor fara.

Klimatförändringen kan gynna arter som kan uppfattas som skadegörare på träd, dels genom att träden blir stressade och därmed kan försvagas, dels genom att vädret gynnar förökning och/eller spridning av sådana arter. Ett exempel är skalbaggen granbarkborre (Schroeder, 2023)<sup>[1]</sup>. Den varma och torra sommaren 2018 gjorde att granbarkborrarnas utveckling gick fortare och en del av barkborrarna hann med två generationer i stället för en som är det normala i Sverige. Utöver detta hann en ökad

---

<sup>40</sup> Reindeer grazing reduces climate-driven vegetation changes and shifts trophic interactions in the Fennoscandian tundra



andel av barkborrarna med att producera en eller flera syskonkullar, där föräldradjuren lämnade sitt först angripna träd för att anlägga en ny kull i ett annat träd. Den extrema torkan medförde dessutom att granarnas försvar mot barkborreangrepp reducerades och det krävdes färre angripande barkborrar för att övervinna trädens försvar. Detta ledde till att antalet granbarkborrar ökade kraftigt nästkommande år.

Ett annat exempel är diplodiasjuka (Brodde m.fl., 2019). Detta är en allvarlig sjukdom hos barrträd, främst tall, orsakad av en svamp. Denna kan finnas i träden utan att det finns tecken på sjukdom men kan bryta ut senare om värdträden är stressade av torka, värme eller mekaniska skador. Det första utbrottet i Sverige upptäcktes 2016 mellan Odensala och Märsta. Efter torkan på Gotland 2018 utvecklades sjukdomen och bidrog till en utglesning av kronan över stora områden.

Pågående klimatförändring påverkar risken för stormskador, eftersom ökad nederbörd vintertid i kombination med tjälfri mark minskar trädens förankringsförmåga vid stormtillfällen. Stormskador ökar risken för efterföljande angrepp av granbarkborre, men denna är samtidigt beroende av hur snabbt och i vilken omfattning vindfällan kan tas om hand och forslas ut ur skogen (Jönsson m.fl., 2015).

I Sverige kan ett varmare klimat ge tidigare knoppsprickning och längre växtsäsong. Skogstillväxten förväntas därmed öka (också på grund av ökad koncentration av koldioxid), men samtidigt kan torkstress under sommaren och högre respiration hos primärproducenter under vintern ta en del av den förväntade tillväxtökningen (Jönsson och Lagergren, 2018). Antalet frostdagar minskar generellt i ett varmare klimat, men samtidigt kan en tidig vår leda till ökad risk för vårbakslag med efterföljande frostskaador på ungskog.

En studie av gammelskogsområden i Mellansverige (Koelemeijer et al., 2022) visade att arter i kantområden var mera utsatta under extrema klimatförhållanden än i sammanhängande skogar. Detta talar för att bevarande av buffertzoner kring skogsområden med höga naturvärden bör vara en viktig bevarandeåtgärd. Gammelskogsarter verkade mindre påverkade av torka i områden inbäddade i mer sammanhängande skogar, där extrem uttorkning och extrem temperatur troligen dämpades mer effektivt.

Storskaliga förändringar i trädthet och därmed i trädslagssammansättning påverkar skogens mikroklimat och biologiska mångfald avsevärt (Zellweger m.fl., 2020). Det kommer att vara de kombinerade effekterna av skogsbruk, naturliga störningar och alla aspekter av klimatförändringen, bland annat magnitud och frekvens av extrema händelser och deras interaktioner och återkopplingar (feedback), som kommer att styra vilka lämpliga mikroklimat där arter kan överleva som kommer finnas. Arternas möjligheter att ta sig till dessa områden beror på om de ligger inom deras spridningsavstånd (Berglund m.fl., 2018).

## PÅVERKAN PÅ SKOGENS ARTER

Utmaningarna för arterna i de nordligare skogarna liknar de som finns för arter som förekommer i fjällen och är beroende av skydd av snön under vintern. Följaktligen kan detta påverka både olika smågnagare och de arter som har dessa som viktig födokälla såsom olika rovfåglar och rovdjur. Islager kan göra det svårt för hjortdjuren att komma åt markvegetationen, och på kort sikt kan detta gynna rovdjuren, då hjortdjuren blir lättare byten, men om bytesdjuren minskar så drabbar det även

rovdjuren på sikt. En del djur är anpassade till vinter och snö genom att ändra pälsfärg. Vid kortare perioder av snö missgynnas dessa arter, som skogshare, småvessla och hermelin, då deras vita vinterpäls inte fungerar som kamouflage och de blir ett lättare byte.

Högre temperaturer kommer att bidra till ökad skogstillväxt, särskilt av nordlig boreal skog, och skogsgränsen kommer att öka på hög höjd och mot norr, vilket förväntas ha en positiv effekt på utbredningen av fåglar knutna till denna typ av skogar med motsvarande utmaningar för de arter som föredrar dagens landskap med öppnare miljöer.

### 3.3.8 Odlingslandskapet

Med odlingslandskapet avses öppna och trädklädda marker som i mer eller mindre grad har präglats av mänskligt nyttjande i form av bete, slåtter eller odling. Den mångfald som finns i dagens odlingslandskap är ett resultat av hur människor har brukat marken under många tusen år. Klimatförändringarna leder till att det uppstår nya utmaningar och möjligheter när det gäller vår markanvändning och vårt nyttjande av naturresurser, vilket också påverkar den biologiska mångfalden (IPCC 2019b, IPBES 2019).

När klimatzoner förskjuts norrut, kommer en del odlingsystem som tidigare varit ekonomiskt gångbara endast på sydligare breddgrader att kunna introduceras längre norrut. De ökade temperaturerna möjliggör även en längre växtsäsong, möjligen också fler skördar, och en längre betessäsong för boskap. Exempel på utmaningar är förändrade nederbördsmönster med ökad och minskad nederbörd under olika säsonger och större risk för värmestress hos både djur och växter. Nya klimatförutsättningar kan även gynna skadeorganismer och sjukdomar i exempelvis jordbruket (t.ex. Eckersten m.fl., 2008) vilket i sin tur kan medföra en ökad användning av växtskyddsmedel.

Klimatförändringen kommer också påverka artsammansättningen i odlingslandskapet, men det är svårt att förutsäga hur det sker då flera faktorer påverkar och samverkar, inte minst markanvändningen (Jordbruksverket, 2010). Hur klimat Anpassningar inom jordbruket kommer utformas förväntas därmed ha indirekta effekter på odlingslandskapets biologiska mångfald. Det finns en tidig mindre studie som indikerar att en förhöjd havsnivå kan komma att minska utbredningen av betade strandängar och där en god förvaltning av omgivande mark är av yttersta vikt för arternas och naturtypernas fortlevnad (Korall, 2020). En intensifierad och förändrad markanvändning, som delvis drivs av klimatförändringarna, är det största hotet mot den biologiska mångfalden (Jordbruksverket, 2022). Idag är nedläggning av betesdriften och igenväxning det främsta hotet mot den biologiska mångfalden i odlingslandskapets gräsmarker (Eide m.fl., 2020).

Både kvävedofall och en längre växtsäsong kommer öka risken för igenväxning och kommer därmed innebära ett ökat skötselbehov för att hålla dessa livsmiljöer öppna. Till det kan läggas problemet med invasiva främmande arter som också gynnas av ett varmare klimat. Ett exempel är växten boerstånds som är ett ökande problem i betesmarker i Europa och i Sydsverige, där den både påskyndar igenväxningen och samtidigt utgör ett problem för betesdjuren då den är giftig (Lachmuth m.fl., 2011, Strand m.fl., 2018).

Sannolikheten för extrema väderhändelser så som mycket varma och nederbördsfattiga somrar eller översvämningar efter perioder med mycket nederbörd förväntas öka med den globala uppvärmningen. I odlingslandskapet kan det innebära konsekvenser både för produktionen och för den biologiska mångfalden. Betesmarker finns ofta på låglänt mark och nära vattendrag vilket medför att de kan utgöra en viktig reglerande buffertzonen samtidigt som betesdriften och de arter som återfinns i dessa miljöer kan påverkas av ett mer nederbördsrikt klimat med återkommande översvämningar (Jordbruksverket, 2016).

## PÅVERKAN PÅ ODLINGSLANDSKAPETS ARTER

Omfattande inventeringar av växter i Skåne visar att värmegynnade arter i odlingslandskapet har blivit vanligare på bekostnad av arter med nordligare utbredning mellan perioderna 1989–2006 till 2008–2015 (Tyler m.fl., 2018). Med tanke på att växter brukar anses reagera relativt långsamt på förändringar i deras livsmiljö är det anmärkningsvärt att det på bara ett par decennier gick att se tydliga förskjutningar i deras utbredning. I ett experiment som pågick under bara fyra växtsäsonger medförde endast en något ökad temperatur under vintern att graminoider (gräs och halvgräs) ökade sin biomassa på bekostnad av andra arter (Roth m.fl., 2023). Det är tydligt att förändringar i arternas livsmiljöer sker redan nu och att dessa förändringar kan ske snabbt.

Klimatet har också en direkt påverkan på organismernas fenologi, det vill säga de årligt återkommande faser under säsongen när olika aktiviteter såsom blomning, ankomst till häckningsområden och reproduktion sker. Förändringar i en arts livscykel kan i sin tur påverka samspelet med andra arter och därmed ge indirekta effekter på dessa. I en sammanställning av några av de mest artrika grupperna av insekter (steklar, skalbaggar, tvåvingar och fjärilar) (Ahrné m.fl., 2022), utgör jordbrukslandskapet den landskapstyp med flest arter som nyttjar växter för nektar eller pollen, över 1 500 arter. Förändringar i växternas blomningssäsong kan därmed påverka tillgången på föda för många blombesökande insekter.

I Sverige har framför allt fåglar som är kortflyttare, det vill säga arter som övervintrar i Europa, visat starka tidsförskjutningar av vårflytten. Många av dessa kortflyttande fågelarter anländer numera betydligt tidigare jämfört med den situation som rådde för 40 år sedan (Kullberg m.fl., 2015). Svenska långtidsstudier av mesar (Källander m.fl., 2017) och starar (Svensson 2004) har visat på stora förändringar i fåglarnas häckningssäsong, så att de nu häckar betydligt tidigare än för några decennier sedan. Förändringar i höstflyttningen är mer variabla (Lehikoinen m.fl., 2004), men hos vissa fågelarter som till exempel grågås övervintrar numera fler individer i Sverige (Nilsson och Kampe-Persson, 2018).

Fåglar kan även påverkas indirekt av klimatförändringen, genom att förändringar i fenologi sker olika fort hos olika organismgrupper. Till exempel kan klimatförändringen leda till att tidpunkten för häckningen för talgoxar och svartvita flugsnappare inte längre sammanfaller med tidpunkten då tillgången på föda är störst (Visser m.fl., 1998, Both m.fl., 2001, men se Charmantier m.fl., 2008). Trots att flyttfåglar generellt kan tänkas gynnas av tidigare ankomst till häckningsområden, indikerar en långtidsstudie av fåglar i Sverige att åtminstone en flyttfågel, den svartvita flugsnapparen som övervintrar i Afrika, kan ha minskat på grund av att de stannfåglar (mesar) som den konkurrerar med, gynnas av milda vintrar (Wittver m.fl., 2015).

Genom unika tidsseriedata har man kunnat följa hur artsammansättningen i fågel-samhällen speglar temperaturförändringar (Tayleur m.fl., 2015). Studien visar att över en period på 35 år har artsammansättningen skiftat så att det motsvarar en förskjutning i utbredning på cirka 105 kilometer, vilket dock är betydligt mindre än förskjutningen i temperatur på cirka 195 kilometer (Lindström m.fl., 2013). Vad som gör att fåglar inte ”hinner med” klimatförändringen är okänt, men en anledning kan vara att livsmiljöerna inte förändras i samma takt som klimatet, eller att fåglarna har begränsad spridningsförmåga.

## 4. Förslag på indikatorer

Nedan följer en beskrivning av vad vi avser med indikatorer (bland annat baserat på en nyutkommen rapport från EU<sup>41</sup>) och vad som var utgångspunkter för urvalet av lämpliga indikatorer för att följa och kommunicera effekter av klimatförändringen på biologisk mångfald i Sverige. Därefter följer förslag på utgångspunkter för möjliga indikatorer att utveckla för att passa det sammanhang som indikatorn ska användas inom för den terrestra miljön och för den akvatiska miljön.

### 4.1 Indikatorer och modeller för att beskriva orsakssamband

#### 4.1.1 Definition och användning

Det finns många beskrivningar av vad en indikator är och med utgångspunkt i hur de beskrivs av EEA:

- En indikator är ett kvantifierbart mått som återspeglar ett fenomen av intresse.
- Det kan vara ett tal eller en kvalitativ deskriptor som tagits fram med en väldefinierad metod som återspeglar ett fenomen av intresse.
- En indikator kan vara enkel eller sammansatt.
- Den kan avse olika skalor, både i tid och rum.

Ett exempel på syfte med en indikator, till exempel genom att mäta förändringar i ett specifikt tillstånd eller situation över tid, kan vara att bedöma nuvarande och framtida riktningar med avseende på mål och delmål.

En indikator är också ett kommunikativt verktyg. Beslutsfattare på olika beslutsnivåer och i olika sammanhang, använder ofta indikatorer för att utvärdera hur mål uppfylls och som vägledare för att göra prioriteringar och fastställa åtgärder.

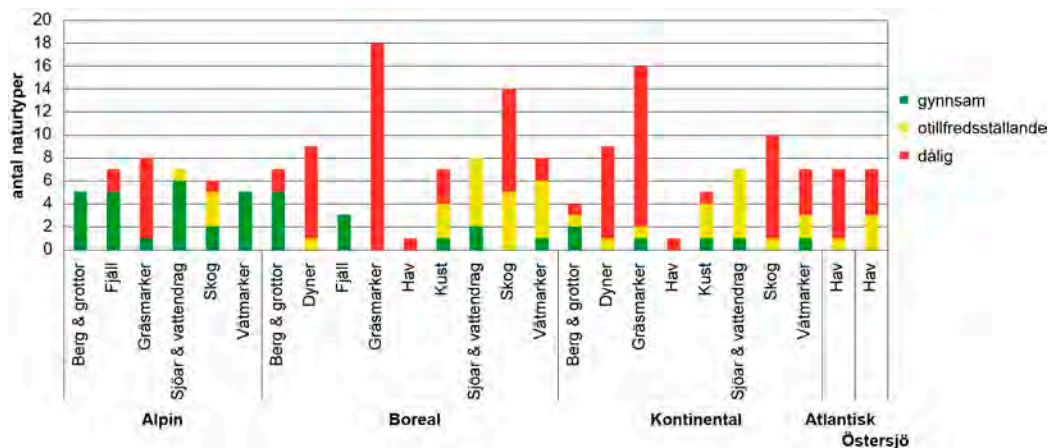
I de uppföljande sammanhangen är indikatorn ett verktyg som kan användas som stöd för att få svar på en fråga. Ett exempel på ett uppföljande system med indikatorer är Sveriges miljömålssystem. Där har indikatorerna (tillsammans med annan information) en vägledande roll för såväl bedömningar i den årliga uppföljningen av miljömålen som för beslut av regeringen.

I figur 25 ser vi som ett exempel en graf från den årliga uppföljningen av miljömålet Ett rikt växt och djurliv, som visar indikatorn *Gynnsam bevarandestatus för naturtyper*. Informationen används för såväl rapportering vart sjätte år till EU enligt art- och habitatdirektivet, som för årlig uppföljning av miljömålet Ett rikt växt- och djurliv. Indikatorn följer de rekommendationer som tas fram av EU-kommissionen och gäller för naturtyper som är listade i Art- och habitatdirektivet. Följande faktorer utgör bedömningsgrund: Utbredningsområdets storlek, förekomstareal, kvalitet (areal i god respektive dålig kvalitet), framtidsutsikt – och de erhållna

---

<sup>41</sup> Naeslund M. et al. (2023) Shared goals and priorities for biodiversity indicators in Biodiversa+. Biodiversa+ report. 39 p. URL: <https://www.biodiversa.eu/>

värdena jämförs med fastställdas referensvärden för bedömning av status. Underlagen till indikatorn kommer från en mängd undersökningar, exempelvis det nationella uppföljningssystemet Biogeografisk uppföljning.



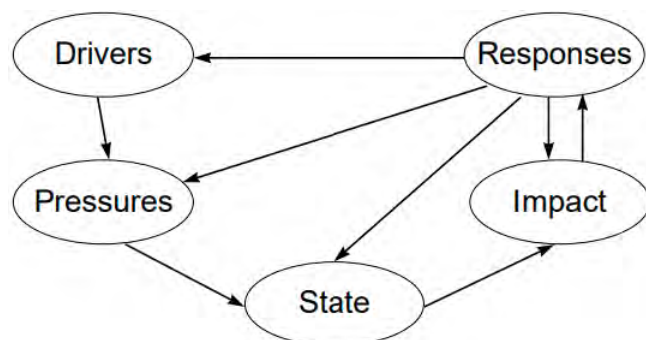
Figur 16. Graf för indikatorn *Gynnsam bevarandestatus för naturtyper*, från den årliga uppföljningen av miljömålet Ett rikt växt- och djurliv. Indikatorn baseras på data som också används till stöd för rapportering vart sjätte år till EU enligt art- och habitatdirektivet.

Källa: Naturvårdsverket, 2020.

#### 4.1.2 DPSIR-modellen

DPSIR-modellen (figur 17) har utvecklats av EEA, EU:s byrå för miljö (EEA-European Environment Agency) och kan användas för att på ett pedagogiskt sätt beskriva orsakssamband i samspillet mellan samhälle och miljö men den kan också användas för att beskriva själva miljöarbetet, miljöanalyser och för beslut om åtgärder.

DPSIR-modellen har inspirerat till flera vidareutvecklingar av modellen för att ytterligare precisera orsakssambanden för specifika miljöområden. Exempelvis används DPSEEA med vilken emissioner inkluderas eller DAPSIR för att ytterligare tydliggöra de bakomliggande aktiviteterna, som en länk mellan drivkrafter och belastning. Dock förändrar dessa tillägg inte det grundläggande konceptet (Bryhn m.fl., 2020).



Figur 17. The DPSIR Framework for Reporting on Environmental Issues. DPSIR-modellen kan användas för att beskriva orsakssamband inom ett miljöproblem. *Drivers* (D) står för de bakomliggande drivkrafterna och *Pressure* (P) för påverkansfaktorer, tillsammans brukar de också beskrivas som källorna bakom ett miljöproblem. *State* (S) beskriver miljötillståndet och *Impact* (I) står för effekterna. Slutligen står *Responses* (R) för de åtgärder som genomförs för att motverka källors negativa effekt samt för att förbättra tillståndet i miljön.

Källa: Europeiska miljöbyrån (EEA).

## 4.2 Förslag på indikatorer – terrestra miljöer

Ett förändrat klimat kan förväntas leda till betydande förändringar för landets biologiska mångfald, för såväl enskilda arter och naturtyper, som för de ingående ekologiska funktionerna i ekosystemen. Nedan listas sex förslag på indikatorer som kan användas för att skapa kunskap om och följa förändringar i terrestra miljöer. Indikatorförslagen bygger främst på data från befintliga mätserier inom dagens miljöövervakning. Några indikatorer bygger helt eller delvis på så kallad medborgarforskning med rapportering till exempelvis Artportalen<sup>42</sup> och Naturens kalender<sup>43</sup>.

Indikatorer som är direkta mått på artsamhällens och naturtypers förändringar har i första hand tagits med, men några indirekta indikatorer på terrestra ekosystem har även inkluderats som huvudsakligen fångar abiotiska faktorer som påverkar naturtyperna.

De listade indikatorförslagen är följande:

1. Arters utbredning
2. Fenologi
3. Temperaturindex för växter
4. Areal öppen myr
5. Invasiva främmande arter
6. Areal glaciär och andra livsmiljöer

### INDIKATORFÖRSLAG 1. ARTERS UTBREDNING

**Beskrivning:** Indikatorn innebär att utvalda inhemska arters utbredningsmönster analyseras.

Arter begränsas bland annat av tillgång på livsmiljö och lämpligt klimat. Exempelvis kan rörliga arter som är mindre specialiserade i fråga om livsmiljö komma att sprida sig norrut till följd av ett varmare klimat. Flera arter av fjärilar, trollsländor, fiskar, däggdjur och fåglar kan vara lämpliga att följa.

**Metod:** Använda de två miljöövervakningsprogrammen Svensk Dagfjärilsövervakning och Svensk fågeltaxering. För att samla in data om dagfjärilar används slinginventering och punktinventering och för fågel används fria punktrutter och standardrutter.

För både fåglar och fjärilar finns en temperaturindikator som är baserad på den relativa sammansättningen av värme- och köldanpassade arter (Community Temperature Index, CTI<sup>44</sup>) inom gruppen. För dagfjärilar ska en ökning av CTI över tid återspegla att artsammansättningen på en plats i ökad utsträckning består av individer från arter som är beroende av höga temperaturer.

Med miljöövervakningsdata, riktade kampanjer eller Artportalsdata kan också till exempel medelvärdet för nordkoordinater studeras för utvalda arter eller artgrupper.

**Responstid:** Dagfjärilar (och fjärilar generellt) kan svara snabbt på förändringar av klimatet. Även de flesta fågelarter svarar snabbt på klimatförändringar, bland annat utifrån respons i födotillgång och tillgång på häckningsplatser.

---

<sup>42</sup> Artportalen (Välkommen till Artportalen – Artportalen) drivs och förvaltas av SLU Artdatabanken. Verktöget finansieras till stor del av Naturvårdsverket.

<sup>43</sup> Naturens kalender (Fenologivaktare – en viktig del av Naturens kalender – följer vårtecken, sommartecken och hösttecken) drivs av Svenska fenologinätverket med SLU, Sveriges lantbruksuniversitet, som huvudman, i samarbete med Naturvårdsverket och flera andra myndigheter samt föreningar.

<sup>44</sup> Community Temperature Index, CTI



**Tillgång på data:** Svensk dagfjärilsövervakning och Svensk fågeltaxering ingår i nationell miljöövervakning (NMÖ) och lagras inom Datavärdskap naturdata – fåglar och fjärilar<sup>45</sup>, vilket Lunds universitet utvecklat och förvaltar på uppdrag av Naturvårdsverket.

På Artportalen lagras data från såväl ideella aktörer som från myndigheter för miljöövervakning och naturvård, för till exempel uppföljning av arter inom art- och habitatdirektivet och för de nationella åtgärdsprogrammen för hotade arter.

Svensk fågeltaxering (NMÖ) inventerar årligen olika typer av rutter som är fördelade över hela landet och data från denna samt annan fågeldata från den nationella och regionala miljöövervakningen lagras och tillgängliggörs via Datavärdskap naturdata – arter.

För andra artgrupper finns data från jaktstatistik, provfisken och medborgarnas rapportering på Artportalen.

**Utförare:** Lunds universitet, SLU Artdatabanken, amatörbiologer och ideella föreningar. Analyser på tillgängliga data kan utföras av universitet, myndighet eller konsult.

**Styrkor:** Bygger delvis på data från nationell miljöövervakning. Svensk fågeltaxerings standardrutter finns jämnt spridda över hela Sverige och ger därmed en bra nationell bild över förändringar. Community Temperature Index för fåglar och fjärilar är en vetenskapligt framtagen metod.

**Svagheter:** Brist på indikatorarter som fångar in organismgrupper med längre generationstid och/eller som förutspås öka/minska på längre sikt. Inom Svensk Dagfjärilsövervakning är mer otillgängliga miljöer och delar av landet (norra Sverige) sämre representerade. De platser som inventeras väljs av inventerarna själva vilket gör att de ofta ligger i närheten av där personerna bor.

## INDIKATORFÖRSLAG 2. FENOLOGI

**Beskrivning:** Fenologin beskriver vilken tid på året en företeelse i naturen inträffar. Det handlar ofta om vårtecken som när de första blommorna slår ut eller olika flyttfåglar kommer tillbaka från sina övervintringsplatser, respektive hösttecken som när de första frukterna mognar eller fåglarna återvänder till sin vintervistelse. Dessa observationer kan påvisa de biologiska effekterna av klimatförändringen.

**Metod:** Instruktioner för fenologiobservationer.<sup>46</sup>

**Responstid:** Det är möjligt att uppskatta hur klimatet har förändrats i historisk tid och följa utvecklingen idag.

**Tillgång på data:** Naturens kalender.<sup>47</sup>

**Utförare:** Frivilliga och professionella observatörer samverkar med forskare och myndigheter inom Fenologinätverket.<sup>48</sup>

---

<sup>45</sup> Start | Datavärdskap Naturdata: Fåglar och fjärilar (lu.se)

<sup>46</sup> <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/svenska-fenologinatverket/manualer/>

<sup>47</sup> <https://www.naturenskalender.se/>

<sup>48</sup> <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/svenska-fenologinatverket/>

**Styrkor:** Fenologiresponser är ofta tydligt kopplade till ett förändrat klimat. Det Svenska fenologinätverket är en etablerad verksamhet som sedan 2015 bidrar med underlag till miljömålsindikatorn Växternas växtsäsong<sup>49</sup>. Samarbetar med fenologinätverk i andra länder och är medlem i det europeiska fenologiprojektet Pan European Phenology Project.<sup>50</sup>

**Svagheter:** Antalet fenologiska observationer är avgörande för (och begränsar) hur långt tillbaka i tiden det är möjligt att följa förändringar i klimatet.

### INDIKATORFÖRSLAG 3. VEGETATIONENS TEMPERATURINDEX

**Beskrivning:** Temperaturindex hos växtarterna som registreras av Riksskogstaxeringen med hjälp av växtarternas indikatorvärden ("Ellenbergvärden") för temperatur.

**Metod:** För varje inventerad provyta tas artlistor fram för växter med angivna abundansmått. Abundansen för varje växtart multipliceras med artens temperaturindex (heltal i spannet 1–9) som skattats av Tyler m.fl. (2021), summeras per provyta och delas med den totala abundansen per yta. Detta värde blir varje provytas viktade temperaturindex, och om arter försvinner, nya arter etableras eller abundanserna förändras så påverkas indexet. Medelvärden för hela landet, olika regioner eller naturtyper kan följas som ett mått över växternas respons på förändrade temperaturer.

**Responstid:** Vegetationen och därmed temperaturindexet har hittills visat sig reagera relativt långsamt på klimatförändringar, vilket gör att långa tidsserier kan behövas (mer än 20 år) för att påvisa förändringar.

**Tillgång på data:** Riksskogstaxeringens data över cirka 300 inventerade växtarter eller artgrupper i drygt 21 000 permanenta provytor om 100 kvadratmeter, där varje provyta återbesöks vart tionde år.

**Utförare:** Riksskogstaxeringen samlar in data. Riksskogstaxeringen, andra universitetsenheter, myndigheter eller konsulter kan utföra analyserna om det blir en operationell indikator.

**Styrkor:** Kan användas på alla Riksskogstaxeringens data bakåt i tiden till 1994 med löpande nya data samlas in årligen. Ett skript är framtaget och testat, finns hos Riksskogstaxeringen (Berglund m.fl., 2022) men metodiken behöver utvecklas med metod för skattningar av medelfel och årliga förändringar.

**Svagheter:** Temperaturindexförändringar sker relativt långsamt.

#### Litteraturtips

Utveckling av indikatorer till rödlistning och EU-rapportering – miljöanalyser för ökad användning av data från Riksskogstaxeringen. SLU Artdatabanken (Berglund m.fl., 2022)

Ecological indicator and traits values for Swedish vascular plants. Ecological Indicators 120: 106923. (Tyler m.fl., 2021.)

<sup>49</sup> <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/svenska-fenologinatverket/indikator/>

<sup>50</sup> <http://pep725.eu/>

#### INDIKATORFÖRSLAG 4. AREAL ÖPPEN MYR

**Beskrivning:** Ett varmare och torrare klimat med längre vegetationsperiod ökar förekomst och volym av träd på myrar vilket gör att areal öppen myr minskar. Öppen myr utgör en viktig livsmiljö för exempelvis vissa våtmarksfåglar. Igenväxning av myrar som en effekt av klimatet påverkar den biologiska mångfalden.

**Metod:** Studera och övervaka förekomst och -volym av träd på myr med hjälp av Riksskogstaxeringens<sup>51</sup> insamlade data och klimatdata från SMHI<sup>52</sup>.

**Responstid:** Responsen har identifierats och kan studeras redan idag.

**Tillgång på data:** Data från RT och SMHI finns löpande och sedan mitten på 1900-talet.

**Utförare:** Riksskogstaxeringen och SMHI samlar in data. Universitet, myndighet eller konsult kan utföra analyserna.

**Styrkor:** Tillgång på data i långtidsserier.

**Svagheter:** Andra påverkansfaktorer som kan leda till igenväxning av myrar, till exempel utdikning, sänkta grundvattennivåer, kvävenedfall, ändrad markanvändning samt regionala skillnader behöver hanteras.

#### Litteraturtips

Mer träd på myrarna: Igenväxning de senaste 20 åren. (Gunnarsson, U., Kempe G. & Kellner, O. 2010.)

Mer skog på landets myrar. (Sandring, S. & Kempe, G. 2011.)

#### INDIKATORFÖRSLAG 5. INVASIVA FRÄMMANDE ARTER

**Beskrivning:** Invasiva främmande arter är främmande arter vars introduktion eller spridning har konstaterats hota eller negativt påverka biologisk mångfald och relaterade ekosystemtjänster (EU-förordning 1143/2014). Med ett förändrat klimat ökar risken för att främmande arter anpassade till varmare, fuktigare eller torrare klimat får konkurrensfördelar jämfört med inhemska arter.

**Metod:** Uppföljning av invasiva främmande arters utbredningsmönster och trender samt kännedom om vilka arter de konkurrerar eller interfererar med.

**Responstid:** Kan gå snabbt regionalt och/eller för olika artkombinationer.

**Tillgång på data:** Artportalen och regional miljöövervakning.

**Utförare:** Kommuner, länsstyrelser och ideella rapportörer. Studier och miljöövervakning behövs för att öka kunskapen om effekter av olika invasiva främmande arter.

**Styrkor:** Lagstiftning och prioriterat område kan bidra till att samlas kring arbete med indikator.

**Svagheter:** Bristande kunskap om effekter. Ingen enhetlig eller samordnad miljöövervakning/uppföljning eller inhämtning av dataunderlag. Klimatförändringar är bara en av flera faktorer som påverkar förekomst och utbredning av främmande arter.

<sup>51</sup> Riksskogstaxeringens (RT)

<sup>52</sup> klimatdata från SMHI

## INDIKATORFÖRSLAG 6. AREAL GLACIÄR OCH ANDRA LIVSMILJÖER

**Beskrivning:** Använda livsmiljöer med tydligt ursprung i abiotiska klimatfaktorer som indikator (snölegor, palsar, glaciärer)

**Metod:** Analyser av glaciärers täckningsgrad utifrån satellitövervakning. Volym av palsar i några utvalda palsmyrar i Sverige (Brochmann Geomatics Sweden AB).

**Responstid:** Utbredningen av glaciärer, palsar (palsmyr) och snölegor minskar i direkt respons till ett varmare klimat.

**Tillgång på data:** Data på nollgenomgångar (det tinar och töar), vinterregn, ändringar av permafrostens djup, utbredning av glaciärer och istäckning på sjöar.

**Utförare:** Data från SMHI, NMD/ Naturvårdsverket och Brochmann Geomatics Sweden AB. Universitet, myndighet eller konsult kan analysera.

**Styrkor:** Abiotiska faktorer är relativt enkla att mäta. Med kännedom om arters livsmiljökrav kan den framtida effekten på arter prognostiseras eller modelleras.

**Svagheter:** Abiotiska faktorer är inget direkt mått av effekten på biologisk mångfald.

## 4.3 Förslag till indikatorer – akvatiska miljöer

Ett förändrat klimat kan förväntas leda till betydande förändringar för landets akvatiska arter och naturtyper och här listas indikatorer som skulle kunna användas för att skapa kunskap om dessa förändringars omfattning.

Förslagen i tabellen nedan är inte ett motsvarande urval som ovan, för terrestra miljöer, utan har sammanställts som en bruttolista och exempel på indikatorer som bygger på befintliga dataserier inom existerande akvatiskt inriktade miljöövervakning. Undantag från det senare är privatpersoners rapportering till Artportalen, vilken skapar kunskap om för landet nyetablerade arter, spridning av invasiva främmande arter och utbredningsförändringar hos inhemska arter.

Förslagen utgörs dels av indikatorer som är direkta mått på artsamhällens och naturtypers förändringar, dels av indirekta mått vilka bedöms vara viktiga för naturmiljöerna i landet. De direkta måtten är t ex provfisken, nationell och regional miljöövervakning av bottenfauna, makroalger, plankton med mera. De indirekta måtten utgörs av meteorologiska serier för istäcke, nederbörd, temperatur etc. samt av vattenkemimätningar där t ex förändringar av pH, salinitet, vattenfärg och syrgasnivåer har stor betydelse för artsamhällenas sammansättning. Förslagen nedan bör ses som en verktygslåda varifrån färdiga indikatorer kan utvecklas på sikt.

Tabell 1. I tabellen listas befintliga undersökningar inom den akvatiska miljöövervakningen som möjliga klimatindikatorer för akvatiska miljöer.

Kategori	Effekt på art/artgrupp	Beskrivning av befintlig undersökning som kan användas	Utförare
Arter – Fåglar	Insjö- och havsfågelarters trender. Artsammansättningen kan förändras.	Data från nationell miljöövervakning (Svensk fågeltaxering), rödlistebedömningar, rapportering till fågeldirektivet. Många fågelarter påverkas av varmare klimat; t.ex. vinteröverlevnad av kungsfiskare, sjöfåglar stannat i landet (förlängs med kortare isbeläggningstid) etc.	Lunds universitet
Arter – Limniska algblomningar	Cyanobakterier. Sötvatten	Cyanobakterieblomningar övervakas genom kontinuerlig datainsamling inom miljöövervakning, fjärranalys/satellitövervakning. Kan uppstå blomning av cyanobakterier som kan vara toxiska eller konkurrera ut alger.	SLU IVM, Cyanoalert
Arter – Limniska evertebrater (bottenfauna)	Standardiserad bottenfaunaprovtagning	Trender i artsammansättning, förekomst av nya arter och kallvattensarter.	SLU IVM
Arter – Limniska fastsittande kiselalger	Nationell miljöövervakning	Trender i artsammansättning, nya arter.	SLU IVM
Arter – Limniska stormusslor	Trender för stormusslor i mindre vattendrag kopplat till torrperioder/lågvattenföring	Pågående inom åtgärdsprogram för hotade arter och regional miljöövervakning, samt SMHI-data. Små vattendrag, särskilt i södra Sverige kan drabbas av ökande perioder av torka/lågvattenföring. Mortalitet och minskad nyrekrytering av stormusslor kan studeras.	SLU IVM
Arter – Limniska plankton	Sammansättning av plankton	Nationell miljöövervakning av plankton. Det har skett ett skifte i planktonsamhället mot högre dominans av cyanobakterier samt mindre kiselalger och mer dinoflagellater. Utöver denna förändring även studera graden av mixotrofi, det vill säga andel autotrofi/heterotrofi.	SLU IVM
Arter – Limniska vattenväxter (makrofyter)	Trender i artsammansättning, förekomst av nya arter och invasiva arter.	Trender i artsammansättning, förekomst av nya arter och (potentiellt) invasiva arter.	SLU IVM, SLU Adb
Arter – Marin bottenfauna	Trender i arters utbredning, sedimentlevande makrofauna	Befintlig nationell (HaV) och regional övervakning av sedimentlevande makrofauna och även stödvariabler för analys av långsiktiga trender i artsammansättning och abundans. Förändringar i livsmiljön till följd av klimatförändringar kan förändra utbredningen av arter både inhemska och främmande arter som redan är eller kan komma att etablera sig.	SMHI
Arter – Marin bottenfauna	Trender i artsammansättning, sedimentlevande makrofauna	Befintlig nationell och regional övervakning av sedimentlevande makrofauna och även stödvariabler för analys av långsiktiga trender i artsammansättning och abundans. Förändringar i livsmiljön till följd av klimatförändringar kan påverka artsammansättningen såväl lokalt som mer storskaligt/geografiskt.	SMHI

Kategori	Effekt på art/artgrupp	Beskrivning av befintlig undersökning som kan användas	Utförare
Arter – Marina alger	Förekomst av Sockertare, Saccharina latissima, inomskärs	Nationell miljöövervakning av vegetationsklädda hårbottnar (västkust). En översikt behöver göras för att undersöka hur väl nationell miljöövervakning täcker hårbottnar inomskärs. Kan även undersökas med droppvideo (utöver programmets dyktransekter). Norsk studie visar på en 80 procentig tillbakagång av sockertare inomskärs vid Norska Västlandet och sydkusten. Undersöks genom dyktransekter och droppvideo. En översikt behöver göras för att undersöka hur väl Nationell miljöövervakning täcker hårbottnar inomskärs. Sockertare är även känslig för ökad turbiditet vilket kan påverkas av avrinning från land.	SMHI
Arter – Marina alger	Förekomst av samtliga tre tarearter längs med västkusten; Saccharina latissima, Laminaria hyperborea, Laminaria digitata.	Nationell miljöövervakning av vegetationsklädda hårbottnar (västkust). MÖ-programmet startades 2019. Tarearterna har sitt ursprung i kallare vatten och är känsliga för höga havsvattentemperaturer. Undersöks genom dyktransekter eller droppvideo. L. hyperborea och L. digitata finns fortfarande i fina bestånd utomskärs. Bra att följa upp hur det går framöver när data ändå samlas in i nationell miljöövervakning.	SMHI
Arter – Marina alger	Utbredning och abundans av filamentösa rödalgsarter med expanderande nordlig utbredningsgräns.	Nationell miljöövervakning av vegetationsklädda hårbottnar (västkust). Norsk studie från västlandet visar på ökad förekomst och abundans av ett flertal filamentösa rödalger med expanderande nordgräns. Undersöks genom dykning då filamentösa alger sällan kan artbestämmas utan att man kan titta närmare på dem. Bra att följa upp hur det går framöver när data ändå samlas in i nationell miljöövervakning.	SMHI
Arter – Marina fiskar	Trender i arters utbredning fisk	Beståndsanalys. Marina fiskarter; Ett urval av arter; kallvatten- och varmvattengynnade; stationära och icke-stationära; kommersiellt fiskade och ej fiskade arter; vars trender kan indikera förändringar och klimateffekter.	SLU Aqua
Arter – Marina fiskar	Trender i artsammansättning fisk	Beståndsanalys. Marina fiskarter; Ett urval av arter; kallvatten- och varmvattengynnade; stationära och icke-stationära; kommersiellt fiskade och ej fiskade arter; vars trender kan indikera förändringar och klimateffekter. Långsiktiga trender.	SLU Aqua
Arter – Marina fiskar	Tillväxthastighet/ämnesomsättning/fördelning av storlek och ålder hos fisk	Beståndsanalys; Kustfisk hälsa (NV): Kustfisk bestånd (HaV). Marina fiskarter; Ett urval av arter; kallvatten- och varmvattengynnade; stationära och icke-stationära; kommersiellt fiskade och ej fiskade arter; vars trender kan indikera förändringar och klimateffekter.	SLU Aqua

Kategori	Effekt på art/artgrupp	Beskrivning av befintlig undersökning som kan användas	Utförare
Arter – Nya arter i landet	Etablering av akvatiska/semiakvatiska arter i Sverige, dels spontant inkomna dels arter införda av människan	Främst spontanrapportering på Artportalen (medborgarforskning). Ett betydande antal arter förekommer i Sverige idag men kan ännu inte sprida sig fritt på grund av kalla vintrar, undersöka om ökning sker av nyetableringar. Dammväxter, sköldpaddor, akvariefiskar etc.	SLU Adb
Arter – Rödlistade arter	Antal akvatiska arter för vilka klimatförändringar har identifierats som ett hot och i vilka biotoper dessa finns	SLU Artdatabankens arbete med den svenska rödlistan. Aktuella arter kan sökas fram i filtret på Artfakta.se.	SLU Adb
Arter – Sötvattensfiskar	Kall- resp. varmvattengynnade fiskarters trender, kondition och utbredning	Nätprovfisken sötvatten. Rödlistebedömningar, dito för habitatdirektivet, SLU Aquas resursöversikt. Indikatorn bör regionaliseras.	SLU AQUA
Arter – Sötvattensfiskar	Kall- resp. varmvattengynnade fiskarters trender, kondition och utbredning	Elprovfisken sötvatten. Rödlistebedömningar, dito för habitatdirektivet, SLU Aquas resursöversikt. Indikatorn bör regionaliseras.	SLU AQUA
Arter – Trollsländor	Trollsländors utbredningsförändringar	Rapportering på Artportalen (medborgarforskning). Flera europeiska studier visar att trollsländor snabbt ökar sin utbredning i takt med varmare klimat. För övriga akvatiska arter inkommer endast små mängder rapporter årligen från allmänhetens spontanrapportering. Trollsländor är ett undantag och är sannolikt den enda akvatiska artgruppen (undantaget vattenanknutna fåglar) som kan följas via medborgarforskning.	SLU Adb, SLU IVM

Kategori	Påverkan	Beskrivning av befintlig undersökning som kan användas	Utförare
Meteorologi	Sjöars och Östersjöns dagar med istäcke över tid	SMHI:s kontinuerliga statistik om istäcke.	SMHI
Meteorologi	Torrepisoders frekvens och magnitud	SMHI:s kontinuerliga statistik av uttorkning.	SMHI
Meteorologi	Översvämningars frekvens och magnitud jämfört med tidigare	SMHI:s kontinuerliga statistik av högflöden och översvämningar.	SMHI
Meteorologi	Trender temperatur marint ytvatten	Nationell miljöövervakning av hydrografi. (Vattnets fysiska egenskaper – temperatur, is och salthalt.)	SMHI, ICES
Meteorologi	Trender temperatur marint djupvatten	Nationell miljöövervakning av hydrografi. (Vattnets fysiska egenskaper – temperatur, is och salthalt.)	SMHI, ICES
Meteorologi	Havsvattennivå – trender	Nationell miljöövervakning av hydrografi. (Vattnets fysiska egenskaper – temperatur, is och salthalt.)	SMHI
Meteorologi	Trender i avrinning från land till hav	SMHI:s kontinuerliga statistik.	SMHI
Meteorologi	Förändring, trend för absorptions (vattenfärg), sötvatten	Skär kontinuerlig datainsamling inom miljöövervakning. Olika sjötyper kommer att vara olika känsliga, det vill säga klarvattensjöar påverkas mer av ökad vattenfärg (försämrade ljuskvalitet).	SMHI



Kategori	Påverkan	Beskrivning av befintlig undersökning som kan användas	Utförare
Vattenkemi	Trender i pH (Försurning) av Västerhavet	SMHI:s kontinuerliga statistik. Havsvattnets förändrade pH (försurning) på grund av koldioxidupptag förändrar tillgängligheten till karbonat.	SMHI
Vattenkemi	Trender i pH (Försurning) av Östersjön	SMHI:s kontinuerliga statistik. Östersjöns förändrade pH (försurning) på grund av koldioxidupptag förändrar tillgängligheten till karbonat.	SMHI
Vattenkemi	Salinitetstress	Nationell miljöövervakning av hydrografi (Vattnets fysiska egenskaper – temperatur, is och salthalt). Differensen mellan maximum- och minimumsalinitet under året.	SMHI
Vattenkemi	Salinitet	Nationell miljöövervakning av hydrografi. (Vattnets fysiska egenskaper – temperatur, is och salthalt.)	SMHI
Vattenkemi	Trender syrehalt/syrebrist Östersjön	Nationell miljöövervakning av hydrografi. (Vattnets fysiska egenskaper – temperatur, is och salthalt.)	SMHI
Vattenkemi	Brunifiering; havsvattnets färgförändring	SMHI:s kontinuerliga statistik. Mätning av siktdjup ingår i nationella miljöövervakningen. Ökad uttransport av organiskt kol till havsområden delvis på grund av klimatförändringar ger upphov till brunifiering och förändrat siktdjup.	SMHI, ICES
Vattenkemi	Vattenkemi och temperatur	En ökad temperatur och ett förändrat nederbördsmonster förväntas påverka tillförseln av näringsämnen, naturligt organiskt material och buffertkapacitet till vattnet.	SLU IVM

# 5. Reflektioner inför fortsatta arbeten

## 5.1 Indikatorer för uppföljning

Grunden för insamling av data, analys och utvärderingar med hjälp av bland annat indikatorer är att skapa ett beslutsunderlag för genomförande av lämpliga åtgärder som syftar till att motverka negativ påverkan på, i det här fallet, naturmiljön. En slutsats från arbetet inom KlimBio-projektet har varit att det redan idag, bland annat genom miljöövervakning och annan uppföljning (t.ex. inom åtgärdsprogram för hotade arter) finns kunskap om de negativa påverkansfaktorerna.

Data från miljöövervakningen ger tillsammans med kunskap och bedömning av till exempel arter i rödlistningsarbetet information om arters status och eventuella hotbilder samt åtgärdsbehov för att motverka negativa trender. Detsamma gäller för de underlag som tas fram för den svenska statusrapporteringen till EU inom ramen för art- och habitatdirektivet<sup>53</sup> och fågeldirektivet, där de viktigaste påverkansfaktorerna också rapporteras.

De bedömningar som görs av arters status i rödlistan, liksom bedömningar av arters och naturtyper bevarandestatus i art- och habitatdirektivet inkluderar påverkan av klimatförändringen. Däremot kan det vara svårt att använda klimatförändringen som enda hot-/påverkansfaktor vid rödlistning eftersom arterna ofta bedöms över för kort tid för att effekter av klimatförändringen ska synas. Det tidsfönster inom vilket bedömningarna sker är 10 år eller tre generationer beroende på vilketdera som är längst (med undantag för om en sårbarhetsanalys genomförs, då en utdöenderisk bedöms på 100 år oavsett art). Det gör att status för arter med kort generationstid, till exempel de flesta insekter, generellt bedöms på 10 år.

Det befintliga kunskapsunderlaget, som föreslår lämpliga åtgärder för att motverka konventionella påverkansfaktorer på inhemska arter och naturtyper, är ett viktigt underlag att använda även inom klimatanpassningsarbetet. Åtgärder kan handla om lokala insatser inom förvaltning av skyddade områden eller till mer omfattande förändringar inom olika markanvändningssektorer i landskapet så som inom jord- och skogsbruk. Forskning visar tydligt att miljöer med en rik biologisk mångfald är mer motståndskraftig mot negativ påverkan från klimatförändringen<sup>54,55</sup>. Det innebär att insatser och åtgärder som identifierats för att motverka den sammanlagda påverkan på biologisk mångfald som sätter press på ekosystemen (klimatförändringen, markanvändning, resursutnyttjande m.m.), också kan ses som en del av klimatanpassningsarbetet av den svenska naturmiljön. En viktig slutsats blir därför att policyområdet "klimatanpassning" och arbetet med naturvård är tätt sammankopplade och en del av samma mål. Till följd av klimatförändringen kan

---

<sup>53</sup> Det är sammanlagt 89 naturtyper och 168 arter som finns listade i bilagorna till Art- och habitatdirektivet. Status för dessa arter och naturtyper ska rapporteras till EU vart 6:e år. Senaste rapporteringen gjordes 2019. För mer information: EU:s art- och habitatdirektiv | SLU Artdatabanken.

<sup>54</sup> <https://www.ipbes.net/global-assessment>

<sup>55</sup> <https://www.ipcc.ch/sr15/>

det emellertid finnas behov av kompletterande eller anpassade åtgärder utöver de som är identifierade i nuläget, samt en beredskap för att de kan komma att behöva justeras vidare. Därmed blir uppföljning av både klimatförändringens betydelse för naturmiljön samt åtgärdsarbete och dess effekter viktiga verktyg i klimatanpassningsarbetet.

Att ta fram mer specifika indikatorer för att identifiera klimatförändringens påverkan på olika ekosystem är en central del i arbetet med att kunna prioritera och peka ut lämpliga insatser. Klimatförändringen har en stor påverkan och kan i en del fall vara den avgörande faktorn utöver andra avseende vilka insatser som bör prioriteras, inte minst vid beslut om vilka miljöer som bör skyddas på sikt. Ekosystemens resiliens, och insatser för att stärka denna, ska därför ses som grund i arbetet med klimatanpassning, samtidigt som kunskapen om klimatförändringens påverkan också är avgörande i utformningen av en mer adaptiv och proaktiv naturvård.

## 5.2 Kunskapsluckor

Det finns stora kunskapsluckor om klimatförändringens effekter på livsmiljöer och arter. Även om man inkluderar studier från grannländer med liknande miljöer är det få studier där effekterna av klimatförändringen har kvantifierats. En norsk studie (Aarrestad m.fl., 2015) lyfter behovet av kvantitativ kunskap om nettoeffekten av klimatförändringen på viktiga livsmiljöer för biologisk mångfald, och följaktligen vilka livsmiljöer som är mest sårbara för klimatförändringar. Nedan ges några rekommendationer för att förbättra kunskapsbasen. Det ska dock framhållas att det finns ett stort kunskapsbehov och rekommendationerna inte är uttömmande.

Denna rapport visar på flera negativa effekter av klimatförändringen på arter och ekosystem, men det finns även positiva effekter. Det rekommenderas att forskning bedrivs där kunskapen om effekten av klimatförändringen på naturen stärks i termer av både negativa och positiva konsekvenser. Vidare finns det ett behov av att undersöka den kumulativa effekten av klimatförändringen och förändrad markanvändning på biologisk mångfald, men också hur förändrad markanvändning påverkar effekterna av klimatförändringen. Förändringar i komplexa ekologiska sammanhang, såsom artinteraktioner, är ofta svåra att förutsäga, särskilt när de påverkas av flera faktorer samtidigt, vilket kräver ytterligare forskning.

I Sverige finns det en systematisk stickprovsbaserad övervakning av naturmiljön. Denna övervakning täcker hela landet vilket är en stor styrka och öppnar stora möjligheter vad gäller dataanalyser. Vissa miljöer har emellertid få träffar i stickprovet, vilket innebär svårigheter att fånga upp statistiskt säkerställa pågående förändringar och hur dessa yttrar sig. Om data ska samlas in för arter blir det ännu svårare, eftersom det finns för få arter där det existerar tillräckligt med data för att säkerställa trendanalyser. Det saknas en systematisk övergripande övervakning av exempelvis insekter eller andra evertebrater.

Denna rapport fokuserar på biologisk mångfald i ett förändrat klimat. Även om klimatet spelar en viktig och ofta avgörande roll finns det även andra faktorer som styr arternas utbredning. Samspelet mellan arter, inklusive människor, och andra fysiska förhållanden är också viktiga faktorer. Eftersom klimatförändringens effekter på framför allt temperaturkontrollerade ekosystem förväntas bli större framgent kommer nya kombinationer av arter och arttätheter som inte finns idag att växa fram. Det är vidare svårt att förutsäga resultatet av interaktioner mellan

arter i nya ekosystemsammansättningar. Därför behövs miljöövervakning för att dokumentera vad som sker och forskning för att förstå orsakssambanden så att effektiva förvaltningsåtgärder för att hantera oönskade förändringar kan tas fram, samt utvärdering av sådana åtgärder (Ims m.fl., 2013; CAFF 2013, Framstad 2014).

## 5.3 Forskning kopplat till klimatmodellering för biologisk mångfald

Många studier som bedömer effekterna av klimatförändringar använder modeller baserade på artens klimatnisch som den ser ut idag (Williams m.fl. 2008). Bland annat beskriver de arternas utbredning idag i relation till dagens och historiska klimat eller använder kunskap om arternas fysiologiska temperaturlösligheter. Prediktioner från dessa modeller utgår från att arter kommer att flytta till områden med liknande klimat i framtiden, och antar att de kan ändra sin utbredning i takt med klimatförändringarna. Förutsägelser baserade på modeller av arters klimatnisch är emellertid osäkra av flera skäl. De bygger på en statisk syn på arternas klimat Anpassningar och de klimatförhållanden som begränsar arterna. Arters anpassningsförmåga vet man lite om, men det är möjligt att evolutionära och beteendemässiga anpassningar till nya klimatregimer skulle kunna kompensera något för de negativa effekterna av klimatförändringarna (Williams et al. 2008). Vid bristande kunskap om artens ekologi finns det en risk att klimatnischmodeller bygger på klimatvariabler som är viktiga för arten under rådande förhållanden. Sådana korrelationer kan komma att förändras i takt med att nya klimatregimer utvecklas.

Klimatnischmodeller fokuserar oftast på medeltemperaturer och medelnederbörd. Det finns emellertid många klimatvariabler som kan påverka populationsdynamiken hos arter, exempelvis isbildning och snötäthet, och därmed väderförhållanden som har en inverkan på denna typ av variabler. Klimatnischmodeller kan innehålla denna typ av kunskap, men det är också osäkert om samma klimatförhållanden kommer att begränsa arten under nya klimatregimer. Utöver detta kan extremväder ha stor påverkan på flera arter, såväl positiva som negativa, med effekter som sträcker sig över flera år. Sådana faktorer kan byggas in i klimatnischmodeller, även om det kan vara svårt att erhålla tillräckliga data för modellpassning. Samtidigt är det fortsatt osäkert att med klimatmodeller förutspå extremer för många klimatvariabler in i framtiden. För att med större säkerhet kunna förutse klimatförändringarnas effekter på arter behöver vi kombinera arters krav på miljön med biotiska interaktioner och arters evolutions- och eller anpassningsförmåga.

## 6. Källhänvisning

- Aarrestad, P.A., Bjerke, J.W., Follestad, A., Jepsen, J.U., Nybø, S., Rusch, G.M., & Schartau, A.K. 2015. Naturtyper i klimatilpasningsarbeid. Effekter av klimaendringer og klimatilpasningsarbeid på naturmangfold og økosystemtjenester. NINA Rapport 1157.
- ACIA. 2005. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press.
- Ahrné, K., Johansson, N., Ljungberg, H. & Nordström, S. 2022. Blombesökande insekter – pollen och nektar som föda hos steklar, fjärilar, tvåvingar och skalbaggar. SLU Artdatabanken rapporterar 27. Uppsala: SLU Artdatabanken.
- Aune, S., Hofgaard, A. & Söderström, L. 2011. Contrasting climate- and land-use-driven tree encroachment patterns of subarctic tundra in northern Norway and the Kola Peninsula. – Canadian Journal of Forest Research – Revue Canadienne De Recherche Forestiere 41: 437–449.
- Backéus, I., Gunnarsson, U. & Strömquist, L. 2023. Bog vegetation re-mapped after 63 and 103 years: expansion of *Rhynchospora alba* (Studies on Skagershultsmossen 2). Mires and Peat 29. DOI: 10.19189/Map.2023.OMB.Sc.2004364.
- Barbarossa, V., Bosmans, J., Wanders, N., m.fl. 2021. Threats of global warming to the world's freshwater fishes. Nature Communications 12: 1701.
- Bartolini, V. Bergström, L. Erlandsson M., m.fl. 2023. Potential climate change effects on Swedish fish and fisheries. Aqua reports 2023:9.
- Belgrano, A. (Ed.). 2018. Biodiversity and ecosystem services in Nordic coastal ecosystems – an IPBES-like assessment. Vol. 1. General overview. TemaNord 2018:536 Copenhagen: Nordic Council of Ministers.
- Berglund, H., Sundberg, S. & Eide, W. 2018. Arters spridning i en grön infrastruktur – kunskapsöversikt och vägledning för analys. ArtDatabanken Rapporterar 19. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Bergström, L., Borgström, P., Smith, H.G., m.fl. 2020. Klimatförändringar och biologisk mångfald – Slutsatser från IPCC och IPBES i ett svenskt perspektiv. SMHI och Naturvårdsverket. Klimatologi nr 56.
- Betzholtz, P.-E., L. B. Pettersson, N. Ryrholm, Franzen, M. 2013. With that diet, you will go far: trait-based analysis reveals a link between rapid range expansion and a nitrogenfavoured diet. Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences 280.
- Bienau, M.J., Hattermann, D., Kröncke, M., Kretz, L. Otte, A., Eiserhardt, W.L., Milbau, A., Graae, B.J., Durka, W. & Eckstein, R.L. 2014. Snow cover consistently affects growth and reproduction of *Empetrum hermaphroditum* across latitudinal and local climatic gradients. – Alpine Botany 124: 115–129. doi 10.1007/s00035-014-0137-8.
- Billqvist, M., Andersson, D. & Bergendorff, C. 2023. Nordens trollsländor : ny och utökad upplaga. Avium förlag, Mörbylånga. 368 s.

- Bjerke, J.W., Karlsen, S.R., Høgda, K.A., Malnes, E., Jepsen, J.U., Lovibond, S., Vikhamar-Schuler, D. & Tømmervik, H. 2014. Record-low primary productivity and high plant damage in the Nordic Arctic Region in 2012 caused by multiple weather events and pest outbreaks. – *Environmental Research Letter* 9: 084006.
- Björk, R.G. & Molau, U. 2007. Ecology of alpine snowbeds and the impact of global change. – *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 39: 34–43.
- Bokhorst, S., Bjerke J.W., Street L.E., Callaghan T.V. & Phoenix G.K. 2011. Impacts of multiple extreme winter warming events on sub-Arctic heathland: phenology, reproduction, growth, and CO<sub>2</sub> flux responses. – *Global Change Biology* 17: 2817–2830.
- Bokhorst, S., Phoenix, G.K., Berg, M.P., Callaghan, T.V., Kirby-Lambert, C. & Bjerke, J.W. 2015. Climatic and biotic extreme events moderate long-term responses of above- and belowground sub-Arctic heathland communities to climate change. *Global Change Biology*, 21, 4063–4075.
- Brodde L, Adamson K, Camarero JJ, Castaño C, Drenkhan R, Lehtijärvi A, Luchi N, Migliorini D, Sánchez-Miranda Á, Stenlid J, Özdag S, and Oliva J. 2019. *Diplodia Tip Blight on Its Way to the North: Drivers of Disease Emergence in Northern Europe*. *Front. Plant Sci.* 9:1818.
- Bryhn A., Kraufvelin P., Bergström, U., Vretborn, M., & Bergström L. 2020. A Model for Disentangling Dependencies and Impacts among Human Activities and Marine Ecosystem Services. *Environ Managm* 65: 575–586.
- Buizer, B., Weijers, S., van Bodegom, P.M., Alsos, I.G., Eidesen, P.B., van Breda, J., de Korte, M., van Rijkevorsel, J. & Rozema, J. 2012. Range shifts and global warming: ecological responses of *Empetrum nigrum* L. to experimental warming at its northern (high Arctic) and southern (Atlantic) geographical range margin. – *Environmental Research Letters* 7 (9pp). doi:10.1088/1748- 9326/7/2/025501.
- Bush, A. A., Nipperess, D. A., Duursma, D. E., Theischinger, G., Turak, E., & Hughes, L. 2014. Continental-scale assessment of risk to the Australian Odonata from climate change. *PloS one*, 9(2), e88958.
- CAFF. 2013. Arctic Biodiversity Assessment. Status and trends in Arctic biodiversity. Conservation of Arctic Flora and Fauna, Akureyi.
- Cairns, D.M. & Moen, J. 2004. Herbivory influences tree lines. *Journal of Ecology* 92: 1019–1024.
- Collins, M. m.fl. 2013. Long-term climate change: Projections, commitments and irreversibility. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (ed. Intergovernmental Panel on Climate Change), 1029–1136 (Cambridge University Press, 2013). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.024>
- de Frenne, P., Coomes, D.A., De Schrijver, A., Staelens, J., Alexander, J.M., Bernhardt-Römermann, M., Brunet J., Chabrierie, O., Chiarucci, A., den Ouden, J., Eckstein, R.L., Graae, B.J., Gruwez, m.fl. 2014. Plant movements and climate warming: intraspecific variation in growth responses to nonlocal soils. – *New Phytologist* 202: 431–441. doi: 10.1111/nph.12672.

- de Frenne, P., Zellweger, F., Rodríguez-sánchez, F., Scheffers, B., Hylander, K., Luoto, M., Vellend, M., Verheyen, K., & Lenoir, J. 2019. Global buffering of temperatures under forest canopies. *Nature Ecology & Evolution*, 3, 744–749.
- Dingemanse, N. J., & Kalkman, V. J. 2008. Changing temperature regimes have advanced the phenology of Odonata in the Netherlands. *Ecological Entomology*, 33(3), 394–402.
- EEA. 1999. Environmental indicators: Typology and overview. Technical report no 25. ©EEA, Copenhagen, 1999. Webbplats: Environmental indicators: Typology and overview | European Environment Agency's home page
- Eide m.fl. (red) 2020. Tillstånd och trender för arter och deras livsmiljöer – rödlistade arter i Sverige 2020. SLU Artdatabanken rapporterar 24. SLU Artdatabanken, Uppsala.
- Finsberg, C. 2014. Havsstrandängar och klimatförändringar – Hot och åtgärder. Rapportnr: 2014: 69. Länsstyrelsen i Västra Götalands län.
- Follestad, A., Evju, M. & Ødegaard, F. 2011. Effekter av klimaendringar for havstrand. – NINA Rapport 667.
- Forbes, B. C. et al. 2006. Reindeer management in northernmost Europe: linking practical and scientific knowledge in social-ecological systems. in *Reindeer Management in Northernmost Europe*, 245–264 (Springer, 2006). <https://doi.org/10.1007/3-540-31392-3>
- Forsgren, E., Aarrestad P.A, Gundersen, H., Christie, H., Friberg, N., Jonsson, B., Kaste, Ø., Lindholm, M., Nilsen, E.B., Systad, G., Veiberg, V., Ødegaard, F. 2015. Klimaendringenes påvirkning på naturmangfoldet i Norge – NINA Rapport 1210. 133 s.
- Fourcade, Y., Ranius, T., Öckinger, E. 2017. Temperature drives abundance fluctuations, but spatial dynamics is constrained by landscape configuration: Implications for climate driven range shift in a butterfly. *Journal of Animal Ecology* 86: 1339–1351.
- Framstad, E. (red.) 2014. Terrestrisk naturovervakning i 2013: Markvegetasjon, epifytter, smågnagare og fugl. Sammenfatning av resultater. – NINA Rapport 1036. 158 s.
- Gossner, M.M, Menzel, F. & Simons, N.K. 2023. Less overall, but more of the same: drivers of insect population trends lead to community homogenization. *Biological Letters* 19: 20230007. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2023.0007>
- Graae, B., Ejrnäs, R., Lang, S.I., Meineri, E., Pablo, T. & Bruun, H.H. 2011. Strong microsite control of seedling recruitment in tundra. *Oecologia*, 166: 565–576, doi: 10.1007/s00442-010-1878-8
- Green, M., Haas, F. & Lindström, Å. 2022. Övervakning av fåglarnas populationsutveckling. Årsrapport för 2021. Rapport, Biologiska institutionen, Lunds universitet.
- Griffiths, J., Kadin M., Nascimento, F., m.fl. 2017. The importance of benthic–pelagic coupling for marineecosystem functioning in a changing world. *Global Change Biology*. 23:2179–2196.
- Gudasz, C., Bastviken, D., Steger, K., Premke, K., Sobek, S. & L.J. Tranvik, 2010. Temperature-controlled organic carbon mineralization in lake sediments. *Nature* 466: 478.



- Guisan, A. & Theurillat, J.P. 2000a. Assessing alpine plant vulnerability to climate change: a modeling perspective. – *Integrated Assessment* 1: 307–320.
- Guisan, A. & Theurillat, J.P. 2000b. Equilibrium modeling of alpine plant distribution: how far can we go? – *Phytocoenologia* 30: 353–384.
- Gunnarsson, U., Malmer, N. & Rydin, H. 2002. Dynamics or constancy on Sphagnum dominated mire ecosystems: – a 40 year study. *Ecography* 25: 685–704.
- Gunnarsson, U., Kempe G. & Kellner, O. 2010. Mer träd på myrarna. – Igenväxning de senaste 20 åren. Länsstyrelsen i Dalarnas län, rapport 2010: 14.
- Hallman, C., Olsson, O., Tyler, T. 2022. Changes in south-Swedish vegetation composition over the last 200 years as described by species-specific indicator and trait values and documented by museum and literature records. *Ecological Indicators*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108486>.
- Hassall, C. 2015. Odonata as candidate macroecological barometers for global climate change. *Freshwater Science*, 34(3), 1040–1049.
- Hassall, C., Thompson, D. J., French, G. C., & Harvey, I. F. 2007. Historical changes in the phenology of British Odonata are related to climate. *Global Change Biology*, 13(5), 933–941.
- Hassall, C., & Thompson, D. J. 2008. The effects of environmental warming on Odonata: a review. *International Journal of Odonatology*, 11(2), 131–153.
- Helcom 2021. Climate Change in the Baltic Sea. 2021. Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings n°180. HELCOM/Baltic Earth 20.
- Hickling, R., Roy, D. B., Hill, J. K., & Thomas, C. D. 2005. A northward shift of range margins in British Odonata. *Global change biology*, 11(3), 502–506.
- Hill, G.M., Kawahara, A.Y., Daniels, J.C. Bateman, C.C. & Scheffers, B.R. 2021. *Biological reviews*, 96: 2113–2126
- Hulme P. E. 2014. Alien plants confront expectations of climate change impacts. *Trends Plant Sci.* 19: 547–549.
- Iltis, C., Louâpre, P., Pecharová, K., Thiéry, D., Zito, S., Bois, B. & Moreau, J. 2019. Are life-history traits equally affected by global warming? A case study combining a multi-trait approach with fine-grain climate modelling. *Journal of Insect Physiology*, 117. Webbplats: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2019.103916>.
- Ims, R. A., Jepsen, J.U., Stien, A. & Yoccoz, N.G. 2013. Science plan for COAT – Climate Ecological Observatory for Arctic Tundra. Fram Centre Report Series 1: 1–177.
- IPCC. 2018. Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J.B.R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M.I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., Waterfield, T. (red.)].

- IPCC. 2019. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Shukla, P.R., Skea, J., Calvo Buendia, E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., van Diemen, R., Ferrat, M., Haughey, E., Luz, S., Neogi, S., Pathak, M., Petzold, J., Portugal Pereira, J., Vyas, P., Huntley, E., Kissick, K., Belkacemi, M. Malley, J. (red.).
- Johansson, V., Kindvall, O., Askling, J. & Franzén, M. 2020. Extreme weather affects colonization – extinction dynamics and the persistence of a threatened butterfly. *Journal of Applied Ecology*, 57: 1068–1077. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13611>
- Johansson, V., Kindvall, O., Askling, J., Seabrook Säwenfalk D., Norman, H. & Franzén, M. 2022. Quick recovery of a threatened butterfly in well-connected patches following an extreme drought. *Insect Conservation and Diversity*, 15: 572–582. <https://doi.org/10.1111/icad.12574>
- Jönsson, A.M., Lagergren, F. 2018. Effects of climate and soil conditions on the productivity and defence capacity of *Picea abies* in Sweden-An ecosystem model assessment. *Ecological Modelling* 384: 154–167.
- Jönsson, A.M., Linderson, M.L., Stjernquist, I., Schlyter, P., Bähring, L. 2004. Climate change and the effect of temperature backlashes causing frost damage in *Picea abies*. *Global and Planetary Change* 44: 195–207.
- Karlsson J., Byström, P., Ask., J., m.fl. Light limitation of nutrient-poor lake ecosystems. *Nature Letters* 460:506–509.
- Klanderud, K. 2005. Climate change effects on species interactions in an alpine plant community – *Journal of Ecology* 93: 127–137.
- Klanderud, K., & Totland, Ø. 2005. Simulated climate change altered dominance hierarchies and diversity of an alpine biodiversity hotspot. – *Ecology* 86: 2047–2054.
- Klanderud, K. & Totland, Ø. 2007. The relative role of dispersal and local interactions for alpine plant community diversity under simulated climate warming. – *Oikos* 116: 1279–1288.
- Klanderud, K., Vandvik, V. & Goldberg, D. 2015. The Importance of Biotic vs. Abiotic Drivers of Local Plant Community Composition Along Regional Bioclimatic Gradients. – *PloS ONE* 10(6): e0130205. doi:10.1371/journal.pone.0130205.
- Koelmeijer, I.A., Ehrlén, J., Jönsson, M., De Frenne, P., Berg, P., Andersson, J., Weibull, H. & Hylander, K. 2022. Interactive effects of drought and edge exposure on old-growth forest understory species. *Landscape Ecology* 37, 1839–1853. <https://doi.org/10.1007/s10980-022-01441-9>
- Kollas, C., Korner, C., Randin, C.F. 2014. Spring frost and growing season length co- control the cold range limits of broad- leaved trees. *Journal of Biogeography* 41: 773–783.
- Korall, E. 2020. Är Sveriges områdesskydd klimatanpassat? – En geografisk analys över hur mycket av Sveriges skyddade natur som påverkas vid en havsnivåhöjning. Kandidatuppsats. Högskolan i Halmstad.

- Kraufvelin P, Bryhn A, Kling J, Olsson J. 2021. Fysisk påverkan i kusten och effekter på ekosystemen. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2020:27.
- Kritzberg, E.S. 2017. Centennial-long trends of lake browning show major effect of afforestation. *Limnology and Oceanography Letters* 2:105–112.
- Kullberg, C., Fransson, T., Hedlund, J., Jonzén, N., Langvall, O., Nilsson, J., Bolmgren, K. 2015. Change in spring arrival of migratory birds under an era of climate change, Swedish data from the last 140 years. *Ambio* 44: 69–77.
- Kullman, L. 2001. 20th century climate warming and tree-limit rise in the Southern Scandes of Sweden. – *Ambio* 30.
- Kullman, L. 2008. Thermophilic tree species reinvade subalpine Sweden – early responses to anomalous late holocene climate warming. – *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 40: 10
- Kullman, L., Öberg, L. 2009. Post-Little Ice Age tree line rise and climate warming in the Swedish Scandes: a landscape ecological perspective. *Journal of Ecology* 97: 415–429.
- Källander, Hans LU ; Hasselquist, Dennis LU ; Hedenström, Anders LU ; Nord, Andreas LU ; Smith, Henrik G. LU and Nilsson, Jan-Åke LU. 2017. Variation in laying date in relation to spring temperature in three species of tits (Paridae) and pied flycatchers *Ficedula hypoleuca* in southernmost Sweden. *Journal of Avian Biology* 48(1). p.83–90
- Körner, C., & Hiltbrunner, E. 2018. The 90 ways to describe plant temperature. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 30, 16–21.
- Laffoley, D. och Baxter, J.M. (eds.). 2019. Ocean deoxygenation: Everyone's problem – Causes, impacts, consequences and solutions. Full report. Gland, Switzerland: IUCN. 580 s.
- Lamers, L.P.M., Vile, M.A., Grootjans, A.P., Acreman, M.C., van Diggelen, R., Evans, M.G., Richardson, C.J., Rochefort, L., Kooijman, A.M., Roelofs, J.G.M. & Smolders, A.J.P. 2015. Ecological restoration of rich fens in Europe and North America: from trial and error to an evidence-based approach. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 90: 182–203.
- Lavergne m.fl. 2010. Biodiversity and Climate Change: Integrating Evolutionary and Ecological Responses of Species and Communities. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 41:321–50.
- Lehikoinen, A., Green, M., Husby, M., Kålås, J.A. & Lindström, Å. 2014. Common montane birds are declining in northern Europe. – *Journal of Avian Biology* 45: 3–14.
- Lehikoinen, E., Sparks, T. H., Zalakevicius, M. 2004. Arrival and departure dates. *Advances in Ecological Research* 35: 1–31.
- Lehmann, P., Ammunét, T., Barton, M., Battisti, A., Eigenbrode, S.D. Jane Uhd Jepsen, J. U., Kalinkat, G. Neuvonen, S., Niemelä, P., Terblanche, J.S., Økland, B. & Björkman, C. 2020. Complex responses of global insect pests to climate warming. *Frontiers in Ecology and the Environment*; 18: 141–150. doi: 10.1002/fee.2160
- Länsstyrelsen Västernorrland. 2021. Klimatförändringar och effekter på naturmiljön i Västernorrland – konsekvenser och anpassning.

- Maxwell, S. L., Butt, N., Maron, M., McAlpine, C. A., Chapman, S., Ullmann, A., Segan, D. B., & Watson, J. E. M. 2019. Conservation implications of ecological responses to extreme weather and climate events. *Diversity and Distributions*, 25, 613–625.
- Meineri, E., Skarpaas, O. & Vandvik, V. 2012. Modeling alpine plant distributions at the landscape scale: Do biotic interactions matter? – *Ecological Modelling* 231: 1–10.
- Meineri, E., Skarpaas, O., Spindelbock, J., Bargmann, T. & Vandvik, V. 2014. Direct and size-dependent effects of climate on flowering performance in alpine and lowland herbaceous species. *Journal of Vegetation Science*, 25: 275–286, doi: 10.1111/jvs.12062
- Michelsen, O., Syverhuset, A., Pedersen, B. & Holten, J.I. 2011. The impact of climate change on recent vegetation changes on Dovrefjell, Norway. – *Diversity* 3: 91–111, doi: 10.3390/d3010091.
- Moen, J. 2008. Climate change: Effects on the ecological basis for reindeer husbandry in Sweden. *Ambio* 37, 304–311.
- Monteith, D., Stoddard, J., Evans, C., m.fl. 2007. Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry. *Nature* 450, 537–540.
- Naeslund M. et al. 2023. Shared goals and priorities for biodiversity indicators in Biodiversa+. Biodiversa+ report. 39 p. URL: <https://www.biodiversa.eu>
- Naturvårdsverket. 2017. Åtgärdsprogram för fjällräv 2017–2021.
- Naturvårdsverket 2020a. Sveriges arter och naturtyper i EU:s art- och habitatdirektiv. – Resultat från rapportering 2019 till EU av bevarandestatus 2013–2018. Reds. Westling A., Toräng P., och Jacobson A. SLU Artdatabanken, Haldin M. Havs- och vattenmyndigheten, Naeslund M. Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket 2020b. Miljömålen. Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2020 – Med fokus på statliga insatser. Rapport 6919. Miljömålen – Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2020. ISBN 978-91-620-6919-3.
- Naturvårdsverket. 2023. Storslagen fjällmiljö. – Fördjupad utvärdering av miljömålen 2023. Rapport 7073, oktober 2022. Webbplats: Storslagen fjällmiljö. – Fördjupad utvärdering av miljömålen.
- Naturvårdsverket. 2025. Webbplats: Bevarandestatus för naturtyper – Sveriges miljömål. 2025-02-01.
- Nilsson, L. och Kampe-Persson, H. 2018. Changes in migration and wintering patterns of Greylag Geese Anser anser from southernmost Sweden during three decades. *Ornis Svecica* 28: 19–38.
- Norden, B., Dahlberg, A., Brandrud, T.E., Fritz, Ö., Ejrnaes, R. & Ovaskainen, O. 2014. Effects of ecological continuity on species richness and composition in forests and woodlands. A review. *Ecoscience* 21: 24–45. DOI: 10.2980/21-1-3667.
- Norske miljömål. Miljødepartementet 2011. md\_norske\_miljomal\_2011.pdf (regjeringen.no)
- Nyberg, J., B. Goodfellow, J. Ising & A. Hedenström. 2020. Kustnära sediment-dynamik. SGU-rapport 2020:04.

- Obladen, N., Dechering, P., Skiadaresis, G., Tegel, W., Keßler, J., Höllerl, S., Kaps, S., Hertel, M., Dulamsuren, C., Seifert, T., Hirsch, M., & Seim, A. 2021. Tree mortality of European beech and Norway spruce induced by 2018–2019 hot droughts in central Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, 307, 108482.
- Oliver, T. H. & Morecrof, M. D. 2014. Interactions between climate change and land use change on biodiversity: Attribution problems, risks, and opportunities. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Chang.* 5, 317–335.
- Oliver, T. H. & Morecrof, M. D. 2018. Interactions between grazing. *J. Veg. Sci.* 29, 469–479.
- Oliver, T. H. Marshall, H.H., Morecroft, M.D., Brereton, T., Prudhomme, C. & Huntingford, C. 2015. Interacting effects of climate change and habitat fragmentation on drought-sensitive butterflies. *Nature Climate Change* 5, 941–945.
- Olsen, S.L. & Klanderud, K. 2014. Biotic interactions limit species richness in an alpine plant community, especially under experimental warming. – *Oikos* 123: 71–78.
- Olsson, J., Bergström, L. & A. Gårdmark. Abiotic drivers of coastal fish community change during four decades in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science.* 69: 961–970.
- Omstedt, A., Edman, M. Claremar, B., m.fl. 2012. Future changes in the Baltic Sea acidbase (pH) and oxygen balances. *Tellus B, Chemical and Physical Meteorology* 64: 1–23.
- Outhwaite, C., McCann, P. & Newbold, T. 2022. Agriculture and climate change are reshaping insect biodiversity worldwide. *Nature*, 605: 97–102.
- Pape, R. & Löffler, J. 2012. Climate change, land use conflicts, predation and ecological degradation as challenges for reindeer husbandry in northern Europe: What do we really know after half a century of research?. *Ambio* 41, 421–434.
- Pauli, P., Gottfried, M., Dullinger, S., Abdaladze, O., Akhalkatsi, M., Alonso, J.L.B., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B., Calzado, R.F., Ghosn, D., Holten, J.I., Kanka, R., Kazakis, G., m.fl. 2012. Recent Plant Diversity Changes on Europe's Mountain Summits. – *Science* 336: 353–355
- Payette, S., Fortin, M.J. & Gamache, I. 2001. The subarctic forest–tundra: the structure of a biome in a changing climate. *BioScience* 51: 709–718.
- Pélissié M., Johansson F. & Hyseni C. 2022. Pushed Northward by Climate Change: Range Shifts With a Chance of Co-occurrence Reshuffling in the Forecast for Northern European Odonates. *Environmental Entomology*, 51: 910–921.
- Pemberton, P., Lind, L., Jönsson, A., m.fl. 2021. Framtida isutbredning I svenska farvatten. SMHI. Analys av isförhållandena runt år 2040 och 2070. 42 s.
- Peters, W., Bastos, A., Ciais, P., & Vermeulen, A. 2020. A historical, geographical and ecological perspective on the 2018 European summer drought. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375, 20190505.
- Pettersson, E. 2022. Myllrande våtmarker, indikator för exploatering av våtmarker. SCB, avdelningen för ekonomisk statistik och analys, enheten för miljö och samhällsbyggnad.

- Pettersson, L. B. & Arnberg, H. 2024. Svensk Dagfjärilsövervakning, årsrapport för 2023. Biologiska institutionen, Lunds universitet. 94 pp.
- Pettersson, L. B., Arnberg, H. & Mellbrand, K. 2019. Swedish Butterfly Monitoring Scheme, annual report for 2018. Department of Biology, Lund University. 92 pp.
- Pranzini, E., Wetzell, L., Williams, A.T. 2015. Aspects of coastal erosion and protection in Europe. *J Coast Conserv* 19: 445–459.
- Pöyry, J., Luoto, M., Heikkinen, R. K., Kuussaari, M. & Saarinen, K. 2009. Species traits explain recent range shifts of Finnish butterflies. *Glob. Change Biol.* 15, 732–743.
- Rasmont, P., Franzen, M., Lecocq, T., Harpke, A., Roberts, S.P.M., Biesmeijer, K., Castro, L., Cederberg, B., Dvůrák, L., Fitzpatrick, Ú., Haubruge, E., Mahé, G., Manino, A., Michez, D., Neumayer, J., Ødegaard, F., m.fl. 2015. Climatic Risk and Distribution Atlas of European Bumblebees. -BioRisk 10, special issue, 234 pp. ISBN 978-954-642-768-7 (hardback) ISBN 978-954-642-769-4 (e-book).
- Rebaudo, F. and Rabhi, V.-B. 2018. Modeling temperature-dependent development rate and phenology in insects: review of major developments, challenges, and future directions. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166: 607–617. <https://doi.org/10.1111/eea.12693>
- Richardson, A.J. & D.S. Schoeman. 2004. Climate Impact on Plankton Ecosystems in the Northeast Atlantic. *Science*. 305: 1609–1612.
- Rosqvist, G. C., Inga, N. & Eriksson, P. 2021. Impacts of climate warming on reindeer herding require new land-use strategies. *Ambio*. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01655-2>
- Roth, N., R. Baxter, M. Furness, A. Kimberley & S.A.O. Cousins. 2023. Experimental warming outside the growing season and exclusion of grazing has a mild effect on upland grassland plant communities in the short term. *Plant Ecology & Diversity*, DOI: 10.1080/17550874.2023.2286229.
- Sandin, L., Donadi, S., Holmgren, K., von Wachenfeldt, E. & D. Jones. 2020. Sötvatten – förvaltning och restaurering i ett förändrat klimat. Naturvårdsverket, 57 s.
- Sandring, S. & Kempe, G. 2011. Mer skog på landets myrar. *Skog och mark* 2011: 7–9.
- Sandvik, S.M., Hegaard, E., Elven, R. & Vandvik, V. 2004. Responses of alpine snowbed vegetation to long-term experimental warming. – *Ecoscience* 11: 150–159.
- Sandvik, S.M. & Odland, A. 2014. Changes in alpine snowbed-wetland vegetation over three decades in northern Norway. – *Nordic Journal of Botany* 32: 377–384.
- Schroeder, M. 2023. Skyddade områden och granbarkborre – en kunskapssammanställning med fokus på biologi, spridning av angrepp och bekämpning Rapport Skog 2023:3. Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå. 45 sidor. rapport-2023-3-schroeder-web.pdf (slu.se)
- SGU. 2025. Grundvatten i framtida klimat – effekter för vattenförsörjningen. RR 2025:01, 2025.
- SMHI. 2025. SMHI:s webbplats 2024-01-11: [www.smhi.se](http://www.smhi.se)
- Sobek, S., Algesten, G., Bergström, A-K., Jansson, M. & L.J. Tranvik. The catchment and climate regulation of pCO<sub>2</sub> in boreal lakes. *Global Change Biology*. 9:4. 630–641.

Stoessel, M., Moen, J. & Lindborg, R. 2022. Mapping cumulative pressures on the grazing lands of northern Fennoscandia. *Sci Rep* 12, 16044. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20095-w>

Sveriges Vatten. 2025. Webbplats 2024-01-11: | Sveriges vattenmiljö

Sunde, J., Franzén, M., Betzholtz, P.E., Francioli, Y., Pettersson, L.B., Pöyry, J., Ryrholm, N. & Forsman, A. 2023. Century-long butterfly range expansions in northern Europe depend on climate, land use and species traits. *Commun Biol* 6, 601. <https://doi.org/10.1038/s42003-023-04967-z>

Svenska miljömål. Miljöpolitik för ett hållbart Sverige. Prop. 1997/98:145. Svenska miljömål. Miljöpolitik för ett hållbart Sverige – Regeringen.se

Svensson, S. 2004. Onset of breeding among Swedish starlings *Sturnus vulgaris* in relation to spring temperature in 1981–2003. *Ornis Svecica* 14.3: 117–128.

Svensson, M., Ahrné, K., Gylje Blank, S. & Pettersson, L.B. 2022. Utarmning och utdöende – tillståndet för rödlistade dagfjärilar och bastardsvärmare. SLU Artdatabanken rapporterar 28. Uppsala: SLU Artdatabanken.

Tayleur, C., Caplat, P., Massimino, D., Johnston, A., Jonzen, N., Smith, H.G., Lindström, Å. 2015. Swedish birds are tracking temperature but not rainfall: evidence from a decade of abundance changes. *Global Ecology and Biogeography* 24: 859–872.

Tema Nord 2009. Signs of Change in Nordic Nature. – Nordic Council of Ministers 2009:551, Copenhagen.

Termaat, T., van Strien, A. J., van Grunsven, R. H., De Knijf, G., Bjelke, U., Burbach, K., ... & WallisDeVries, M. F. 2019. Distribution trends of European dragonflies under climate change. *Diversity and Distributions*, 25(6), 936–950.

Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., de Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., m.fl. 2004. Extinction risk from climate change. – *Nature* 427: 145–148.

Thoni, T (red). 2017. Ekosystembaserad klimatanpassning: En kunskapsöversyn. CEC Rapport Nr 4. Centrum för miljö- och klimatforskning, Lunds universitet.

Thuiller, W., Lavorel, S., Araujo, M.B., Sykes, M.T. & Prentice, I.C. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. – *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.* 102: 8245– 8250.

Tomasson, L. 2020. Kotula hotar mångfalden på våra strandängar. *Svensk botanisk tidskrift* 114: 242–249.

Tyler, N. J. C. et al. 2007. Saami reindeer pastoralism under climate change: Applying a generalized framework for vulnerability studies to a sub-arctic social–ecological system. *Glob. Environ. Chang.* 17, 191–206 (2007).

Tyler, T., Herbertsson, L., Olofsson, J., & Olsson, P.A. 2021. Ecological indicator and trait values for Swedish vascular plants. *Ecological indicators* 120: 106293.

Tyler, T. m.fl. 2015. Invasive plant species in the Swedish flora: developing criteria and definitions, and assessing the invasiveness of individual taxa. *Nord. J. Bot.* 33: 300–317.



- Törnqvist, O., Jonsson, P.R. och Hume, D. 2019. Climate refugia in the Baltic Sea. Modelling future important habitats by using climate projections. Pan Baltic Scope report. 89 s.
- Udd, D., Kempe, G., Sandring, S. & Svensson, J. (manuskript). Indikator för träd-förekomst på öppna myrar. Institutionen för skoglig resurshushållning, Umeå.
- van Bogaert, R., Haneca, K., Hoogesteger, J., Jonasson, C., De Dapper, M., Callaghan, T.V. 2011. A century of tree line changes in sub-Arctic Sweden shows local and regional variability and only a minor influence of 20<sup>th</sup> century climate warming.
- van Dorst, R.M., Gårdmark, A., m.fl. 2018. Warmer and browner water decrease fish biomass. *Global change biology* 25:4. 1395–1408. 0th century climate warming. *Journal of Biogeography* 38: 907–921.
- von Elern, S. 2015. Att tillämpa ekosystembaserade anpassningsåtgärder i Sverige för kustrelaterade klimatförändringshot. Masteruppsats, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur.
- Wake, D. B. & Vredenburg, V. T. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105:11466-11473.
- Warren, M.S., Hill, J.K., Thomas, J.A., Asher, J., Fox, R., Huntley, B., Roy, D.B., Telfer, M.G., Jeffcoate, S., Harding, P., Jeffcoate, G., Willis, S.G., Greatorex-Davies, J.N., Moss, D. & Thomas, C.D. 2001. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. *Nature*, 414: 65–69.
- Williams, S.E., Shoo, L.P., Isaac, J.L., Hoffmann, A.A., Langham, G. 2008. Towards an integrated framework for assessing the vulnerability of species to climate change. *PLoS Biol* 6(12): e325. doi:10.1371/journal.pbio.0060325  
<https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.0060325>
- Wittwer, T., O'Hara, R.B., Caplat, P., Hickler, T., Smith, H.G. 2015. Long-term population dynamics of a migrant bird suggests interaction of climate change and competition with resident species. *Oikos* 124: 1151–1159.
- Wramner, P., Hahn, N., Wester, K., Backe, S. & Gunnarsson, U. 2023. Palsmyrar – en populärvetenskaplig beskrivning. Naturvårdsverket rapport 7113.
- Wramner, P., Wester, K., Backe, S., Gunnarsson, U. & Hahn, N. 2017. Palsmyren Mannavuoma – förändringar under ett halvsekel. *Svensk Botanisk Tidskrift* 111: 140–151.
- Zellweger, F., De Frenne, P., Lenoir, J., Van Gransbeke, P., Verheyen, K., Bernhardt-Römermann, M., Baeten, L., Hédl, R., Berki, I., Brunet, J., Van Calster, H., Chudomelová, M., Decocq, G., Dirnböck, T., Durak, T., Heineken, T., Jaroszewicz, B., Kopecký, M., Máliš, F., Macek, M., Marek, M., Naaf, T., Nagel, T. A., Ortmann-Ajkai, A., Petřík, P., Pielech, R., Reczyńska, K., Schmidt, W., Standovář, T., Świerkosz, K., Teleki, B., Vild, O. M. Wulf, M., & Coomes, D. 2020. Forest microclimate dynamics drive plant responses to warming. *Science*, 368, 772–775.
- Ødegaard, F., Staverløkk, A., Gjershaug, J.O., Bengtson, R. & Mjelde, A. 2015. Humler i Norge. Kjennetegn, utbredelse og levested. – Norsk institutt for naturforskning, Trondheim, 231 s.

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författaren svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

# Klimatets effekter på biologisk mångfald i Sverige

## En kunskapsammansättning med sårbarhetsanalys och förslag på indikatorer

Vår planet har blivit drygt en grad varmare jämfört med förindustriell tid. Mätserier för klimatförändringens påverkan i Sverige pekar på tydliga förändringar i klimatet, vad gäller såväl temperatur som nederbördsmonster.

Forskning visar på att klimatförändringen har storskaliga effekter på alla typer av ekosystem, såväl på land som i vatten. Med detta följer påverkan på både livsnödvändiga ekosystemtjänster, som exempelvis pollinering, som vi ofta tar för givna samt de som i många fall sätter guldkant på tillvaron, som att fiska röding i en fjällsjö.

Rådande kunskap om klimatförändringens påverkan och effekt på naturen är inte alltid tillräcklig för att identifiera de åtgärder som behöver prioriteras för att stoppa förlusten av biologisk mångfald och för utformning av klimatanpassningsåtgärder som gynnar densamma. Denna brist är något som uppmärksammas särskilt inom det nationella och regionala klimatanpassningsarbetet. Det saknas bland annat indikatorer som ger tillräckligt stöd för att på ett samordnat och strategiskt sätt följa klimatförändringens effekter på ekosystemen.

I syfte att överbrygga detta kunskapsgap har denna rapport samlat resultat från den rådande forskningen kring klimatförändringens effekter i Sverige och hur detta påverkar Sveriges natur. I rapporten presenteras även förslag indikatorer för arbete med uppföljning av landbaserade naturmiljöer, baserade på data om bland annat arters utbredning, temperaturindex för växter och areal öppen myr. För akvatiska miljöer lämnas ett större antal förslag på såväl direkta indikatorer med data från provfiske, nationell och regional miljöövervakning som indirekta indikatorer så som förändringar i salinitet och vattenkemiförändringar.

Projektet bakom rapporten har medfinansierats med medel från SMHI:s 1:10-anslag för klimatanpassning.



Havs  
och Vatten  
myndigheten



ARTDATABANKEN