

## Biologisk mångfald och klimatförändringar

Vad vet vi?  
Vad behöver vi veta?  
Vad kan vi göra?



Tommy Lennartsson och Louise Simonsson

*Centrum för Biologisk Mångfald, april 2007*

## Förord

Centrum för Biologisk Mångfald har arbetat med bevarande av biologisk mångfald sedan 1995, bl.a. genom att stödja kunskapsuppbyggnad och förbättrad tillämpning av kunskap. Under den tiden har klimatförändringar blivit en allt viktigare fråga för vårt arbete. Det har blivit uppenbart att arbetet med biologisk mångfald måste bedrivas i ett klimatförändringsperspektiv om vi skall kunna bevara jordens organismer, deras genetiska kapital och de ekosystem de bygger upp. Lika uppenbart är det att biologisk mångfald är av avgörande betydelse för både klimatförändringarna i sig och effekterna av dem. Det är biologisk mångfald som skapar jordens ekosystem och det är genom förändringar i ekosystemen människan mer än på något annat sätt kommer att drabbas av klimatförändringarna. FN varnar för massvält och enorma folkförflyttningar när ekosystem inte längre kan brukas eller bebos av de samhällen som finns där idag. I Sverige kommer ekosystemens buffrande och producerande förmåga att behövas när klimatet förändras, exempelvis fångst av näring och kol eller produktion av bioenergi. Det är därför mycket positivt att Sverige nu ökar insatserna på att motverka klimatförändringar och att anpassa samhället till de förändringar vi inte kan undvika.

Samtidigt är det oroade att insikten om sambanden mellan klimatförändringar och biologisk mångfald ibland tycks vara svag, så att klimatsatsningar och satsningar på biologisk mångfald stundom t.o.m. ställs mot varandra. I skrivande stund diskuteras i Sverige dels att finansiera klimatsatsningar med bl.a. minskade anslag till bevarande av biologisk mångfald, dels att vi måste offra biologisk mångfald när vi motarbetar klimatförändringar eller genomför anpassningsåtgärder. Exempel på det senare är utbyggnad av de sista orörda älvarna och ersättning av storm- och barkborrekänslig gran med främmande trädslag, exempelvis sitkagran. I Sverige är vi ännu på diskussionsstadiet, men på andra håll på jorden har sådana missriktade åtgärder redan genomförts, exempelvis avverkning av regnskog för att i bioenergisyfte odla sockerrör (Latinamerika) eller oljepalmer (Sydostasien). I dessa exempel saknas insikt om att minskad skogsareal till inte obetydlig del bidrar till växthuseffekten och att oljepalmsodling därtill ofta sker på torvmark vilket frigör ytterligare bundet kol till atmosfären.

Förhoppningsvis är emellertid farhågor av detta slag ogrundade, så att vi framöver kan arbeta med bevarande av biologisk mångfald som en del av klimatsatsningarna. Denna rapport blir då ett viktigt steg i det arbetet.

Urban Emanuelsson,

*Föreståndare, Centrum för Biologisk Mångfald*

## **Innehåll**

<b>Om denna rapport</b>	<b>3</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>4</b>
<b>Varför diskutera biologisk mångfald i relation till klimatförändringar?</b>	<b>5</b>
<b>Klimatförändringar – dagens kunskapsläge och utgångspunkter</b>	<b>8</b>
<b>Vad behöver vi veta, vad vet vi, och hur kan vi ta reda på mer?</b>	<b>9</b>
<b>Vad är biologisk mångfald i naturvårdssammanhang?</b>	<b>10</b>
<b>Klimatförändringar och människans nyttjande av naturen</b>	<b>11</b>
<b>Att kombinera olika slags kunskap för att bedöma effekter av klimatförändringar på biologisk mångfald</b>	<b>20</b>
<b>Effekter av klimatförändringar på enskilda arter</b>	<b>29</b>
<b>Effekter av klimatförändringar på ekosystem och naturtyper</b>	<b>34</b>
<b>Ekosystemtjänster</b>	<b>60</b>
<b>Åtgärder för kunskapsuppbyggnad och biologisk mångfald i ett klimatsammanhang</b>	<b>62</b>

## **Om denna rapport**

Rapporten har tagits fram under våren 2007 av Centrum för Biologisk mångfald på uppdrag av Naturvårdsverket, som en underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen.

Rapporten behandlar olika klimataspekter på biologisk mångfald och bygger dels på publicerad kunskap, dels på opublicerade expertsynpunkter. De senare är resultat av intervjuer och diskussioner under 2006-07 med ett stort antal experter, exempelvis forskare, tjänstemän och praktiker inom naturvårdsområdet. Samtliga tackas härmed, ingen nämnd, ingen glömd. Muntliga källor anges bara i enstaka fall eftersom de allra flesta resonemang som inte är direkta litteraturciteringar är synteser av många olika expertsynpunkter och publicerade data.

En första version av rapporten har kommenterats av Per Rosenqvist, Miljödepartementet, Ola Inghe, Naturvårdsverket, Jan Gustavsson, Jordbruksverket och Ulf Gärdenfors och Hjalmar Croneborg, ArtDatabanken.

## Sammanfattning

Förändringar i klimatet det sista århundradet har redan visat sig ge effekter på växters och djurs reproduktion, växtsäsongens längd, fördelning och storlek hos populationer och utbrott och förekomst av skadeorganismer och sjukdomar. Klimatförändringar har således blivit ytterligare en faktor genom vilken människan påverkar biologisk mångfald, ekosystem och dess tjänster. Gedigna kunskapsbaserade rapporter och organisationer som IPCC (2007), *Millennium Ecosystem Assessment* (2005), EEA (2005) och IUCN (2005) framhåller klimatförändringar som en av de viktigaste orsakerna till förlust av biologisk mångfald och förändringar av ekosystemtjänster.

Effekter av klimat på biologisk mångfald måste bedömas i relation till effekterna av andra omgivningsfaktorer, framförallt människans nyttjande och hushållning av natur och naturresurser.

Nyttjandet av naturresurser innefattar areella näringars markanvändning, reglering av sjöar och vattendrag, nyttjande av havens resurser, utsläpp till vatten och luft etc. En stor andel av Sveriges naturtyper och geografiska områden är påverkade av människan. Det är viktigt att inse att människans påverkan på biologisk mångfald även framgent kommer att vara ytterst stark. Markanvändning som idag är negativ för biologisk mångfald kommer att vara det även i ett förändrat klimat. Vill vi bevara biologisk mångfald får vi därför inte flytta fokus från nyttjande till klimat, men vi måste däremot vara medvetna om och förbereda på eventuella *ytterligare* problem, orsakade av klimatförändringarna.

Vi måste också vara medvetna om att när vi förändrar vårt resursutnyttjande för att anpassa det till klimatförändringar, kan anpassningarna många gånger få större konsekvenser för biologisk mångfald och ekosystemtjänster än klimatförändringarna i sig. Vi kan välja styrmedel och markanvändning som minimerar eller aktivt motverkar klimatteffekter på biologisk mångfald eller landskap. Vi behöver därför metoder för att rutinmässigt bedöma ekosystemeffekter av planerade anpassningsåtgärder. Innan anpassningsåtgärder utförs bör vi ha preciserat olika alternativa åtgärder och värderat dem med avseende på bl.a. ekonomi, sociala konsekvenser och biologisk mångfald.

För att kunna göra rimliga förutsägelser om hur klimatförändringar kommer att påverka biologisk mångfald måste effekter av klimat och nyttjande analyseras integrerat. Scenarier för ändrat nyttjande måste i sin tur tas fram genom samarbete mellan olika samhälls- och forskningssektorer, och genom att beakta hur olika regioner kommer att påverkas av klimatförändringarna.

För att ta hänsyn till biologisk mångfald i ett klimatsammanhang krävs ett antal åtgärder omfattande bl.a. policies/lagstiftning/styrmedel, naturvårdsstrategi, praktisk naturvård, forskning, myndighets- och verksamhetssamordning m.m. En utvärdering och revision av regelverk, riktlinjer och stödsystem i internationella konventioner, nationella miljömål och strategier, nationell och europeisk lagstiftning m.m bör utföras för att säkerställa att klimatpolicy och klimatförändringar tas hänsyn till. Naturvård blir därför ett gränsöverskridande problem mellan sektorer, regioner och nationer när klimatförändringar beaktas.

Denna rapport som baseras på en genomgång av kunskapsläget visar att vi idag saknar nödvändig kunskap om biologisk mångfald i ett klimatsammanhang men mycket av den önskade kunskapen relativt enkelt kan tas fram, genom nya analyser och sammanställningar av befintlig kunskap eller genom enklare undersökningar. För vissa kunskapsluckor krävs dock mer omfattande forskning, teoretisk eller empirisk. Rapporten ger förslag till åtgärder för kunskapsuppbyggnad som vore önskvärd för anpassningsstrategier och åtgärder.

## Varför diskutera biologisk mångfald i relation till klimatförändringar?



### *Biologisk mångfald, en del av klimatproblemet*

Biologisk mångfald är nära kopplad till klimat: förändringar i klimatet påverkar biologisk mångfald och förändringar i naturliga ekosystem påverkar klimatet (t ex Reid m fl. 2004). Biologisk mångfald bygger upp jordens ekosystem och klimatförändringarnas effekter på dessa ekosystemtjänster kommer att påverka människor och samhällen. FNs klimatpanel förutspår exempelvis stora folkförflyttningar till

följd av att ekosystem blir obrukbara för de samhällen som idag nyttjar och bebor dem. Tillgång till biologisk mångfald är även en viktig resurs för att hantera och klara av klimatrelaterade kriser. Kunskap om biologisk mångfald är således avgörande för att kunna förutse förändringar i nyttjandepotential och förbereda anpassningar till förändringarna.

Förändringar i klimatet det sista århundradet har redan satt sina spår. De observerade förändringarna som t ex ökade växthusgaskoncentrationer, ökade temperaturer på land och i hav, förändringar i nederbörd och havsytans nivå, har haft effekter på växternas och djurs reproduktion, växtsäsongens längd, fördelning och storlek hos populationer och utbrott och förekomst av skadeorganismer och sjukdomar (IPCC 2007). Klimatförhållanden bestämmer i stor utsträckning om en art kan leva i ett område, både genom direkta effekter på arterna och genom effekter på de ekosystem i vilka de lever. Mänskligt inducerade klimatförändringar har därför blivit ytterligare en faktor genom vilken människan påverkar ekosystem och dess tjänster. I *Millennium Ecosystem Assessment* (2005) framhålls klimatförändringar som en av de viktigaste orsakerna till förlust av biologisk mångfald och förändringar av ekosystemtjänster. IUCN (2005) anser att de beräknade framtida klimatförändringarna under 2000-talet, tillsammans med markanvändningsförändringar och spridning av främmande arter, förväntas begränsa arters förmåga att förflytta sig och att överleva i fragmenterade habitat. För Europa bedömer IPCC (2007) att den stora majoriteten av organismer och ekosystem kommer att ha svårigheter att anpassa sig till klimatförändringarna.

### *Modellstudier*

Flera studier har modellerat, globalt och regionalt, arters förmåga att överleva med de förväntade klimatförändringarna (t ex Thomas m fl. 2004; Leemans & Eickhout 2004; Thuiller m fl. 2005; Schröter m fl. 2004). De nämnda studierna har använt olika klimatscenarier men det förefaller som om även relativt små förändringar (även mindre än 1°C i global medeltemperatur) får effekter i särskilt artrika områden, s.k. ekologiska *hotspots*. Betydande effekter på många platser och regioner i världen kan väntas om uppvärmningen överstiger 2°C. Ett särskilt artrikt område blir särskilt känsligt genom att där finns många krävande och specialiserade arter, vilka utnyttjar mycket specifika livsmiljö. I regel har sådana områden lång kontinuitet, d.v.s. de har fått utvecklas ostört under lång tid. I områden som genomgått kraftiga förändringar har redan de specialiserade arterna slagits ut, endast generalisterna finns kvar, och sådana platser blir därför mindre känsliga för klimatförändringar. Leemans & Eickhout (2004) gjorde en integrerad bedömning där konsekvenser för arter, ekosystem och landskap modellerades med flera troliga framtida temperatur- och nederbördsmönster. Analysen visade att även om stora regionala skillnader

föreligger kan även små förändringar i global medeltemperatur (1-2°C) få stora konsekvenser. I en europeisk studie (Thuiller m fl. 2005) användes IUCNs rödlistningskrav för att beräkna hur arter kommer att hotas under 2000-talet med de förväntade klimatförändringarna. Mer än hälften av de 1350 arter som studerades visades då vara hotade år 2080. Schröter m fl.'s (2004) modeller visar att år 2050 kan hela 80% av 2000 undersökta arter i Europa ha försvunnit om de värsta klimatscenerierna och växthusgasutsläppen blir verklighet.

EEA (2005) har sammanställt några möjliga konsekvenser för ekosystem och biologisk mångfald vid temperaturökningar som visas i tabell 1 nedan.

*Tabell 1. Konsekvenser för ekosystem och biologisk mångfald vid medeltemperaturökning*

<b>Global medeltemperaturökning</b> (jämfört med en pre-industriell nivå)	<b>Exempel på möjliga konsekvenser</b>
< 1 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Begränsade förändringar i ekosystems utbredning</li> <li>• Hot mot, och förluster av, hotspots som t ex våtmarker</li> <li>• Hot mot, och förluster av, flora och fauna i den arktiska regionen</li> </ul>
1-2 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allvarliga förluster av områden och arter i vissa bergsområden</li> <li>• Svår påverkan på vilda djur i de arktiska ekosystemen</li> <li>• Stora konsekvenser för våtmarksekosystem</li> <li>• Upptining av permafrost med varierande konsekvenser på miljö och samhällen</li> </ul>
> 2 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; 20% förändringar av ekosystem</li> <li>• &gt; 10% förlust av kustnära våtmarker</li> <li>• Storskaliga förluster av arter, t ex på bergstoppar</li> </ul>

### *Tolkningar av faktiska observationer*

Det finns också flera studier och vetenskapliga teorier som pekar på att de klimatförändringar som redan har observerats (temperaturer och nederbörd) redan har påverkat arter och ekosystem i Europa, vilket indikerar att ekosystem är sårbara för klimatförändringar (se t ex Smith & Hitz, 2003). En studie utförd i Storbritannien och Irland av Berry m fl. (2003) visade att flera av de 50 arter som testades direkt uppvisade respons på förändringar i klimat. Deras studie visade också att om man beaktade förmågan att anpassa sig till ändrade klimatförhållanden, var det arter och habitat i bergsområden (följt av mossar, tallnaturskog och vissa gräsmarkstyper) som var mest sårbara. WBGU (2003) har identifierat tre europeiska regioner med särskilt sårbara ekosystem: den arktiska regionen (som även innefattar delar av Skandinavien och Grönland), bergsområden, samt flera kustområden över hela Europa, särskilt i Östersjön och vissa delar av Medelhavet. Även Thuiller m fl.'s (2005) europeiska studie visade att bergsområden var särskilt känsliga (60% av arterna beräknades försvinna till år 2080). Den boreala regionen beräknades förlora endast ett fåtal arter, men däremot få ett stort tillskott av inflyttade nya arter.

### *FN:s sammanfattning*

FN:s sekretariat för konventionen om biologisk mångfald (2003) har summerat följande generella konsekvenser för biologisk mångfald till följd av framtida förändringar i medeltemperatur, extrema vädertillfällen och variabilitet i klimat:

1. *Flera arter kommer att flytta norrut eller till en högre höjd än deras nuvarande utbredningsområde.* Deras möjlighet till förflyttning beror av landskapets fragmentering.
2. *Flera arter som är sårbara idag kan komma att utrotas.* Detta gäller särskilt de arter som är

specialiserade till vissa klimatologiska förhållanden, de som begränsas geografiskt (t ex de som befinner sig på en bergstopp, på öar eller halvöar, eller de arter som mest består av små populationer).

- 3 *Naturliga och antropogena störningsregimer i ekosystemen kommer att förändras i termer av frekvens, intensitet, omfattning och plats, och det kommer att påverka på vilket sätt och med vilken hastighet ekosystem förändras. Alla arter i ett ekosystem kommer inte migrera på samma sätt. Ekosystem som påverkas av störningar av hög intensitet och frekvens kan komma att domineras av opportunistiska ”ogräsarter”.*
- 4 *Vissa ekosystem är särskilt sårbara för klimatförändringar. Exempel på sådana i Skandinavien är kalvfället, lämningar av naturlig fodermark (halvnaturlig gräsmark) och ekosystem på permafrost.*

### ***Biologisk mångfald och ekosystemens stabilitet***

Ett argument som ofta i internationella sammanhang framhålls för bevarandet av en rik biologisk mångfald är mångfaldens buffrande förmåga när ett ekosystem är på väg att förändras. En rik biologisk mångfald kan alltså vara en faktor som kan dämpa oönskade effekter av en klimatförändring. Då vi redan upplever en klimatförändring som sker snabbt kommer biologisk mångfald att påverkas negativt och flera ekosystemtjänster bli mindre förekommande. Då klimatförändringar förväntas ha denna ökade effekt på distributionen och funktionen hos arter och ekosystem ter det sig uppenbart att naturvård, i praktik och policy, måste beakta och hantera problemet.



## Klimatförändringar - dagens kunskapsläge och utgångspunkter



Användande av olika utsläppsscenarier och klimatmodeller leder till en spridning i resultaten över klimatförändringen framåt i tiden. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) bedömer i sin senaste kunskapsammansättning (2007) att den globala temperaturökningen kan komma att ligga mellan 1,8-4,0° C för perioden 2090-2099 jämfört med 1980-1999 (för att därefter fortsätta). Dessa beräkningar bygger inte på antaganden om direkta beslut om minskade utsläpp. Det totala osäkerhetsintervallet bedöms

vara 1,1-6,4° C. Det är dock viktigt att poängtera att olika regioner påverkas något olika och kontinenterna och Arktis uppvisar snabbare och större uppvärmning än haven. Vid Rosby Centre (SMHI) görs regionala modellberäkningar av Europa, det nordiska området och Sverige. En sammanställning av fyra scenarier pekar på en höjning av årsmedeltemperaturen på mellan 2,5 och 4° C i Sverige för perioden 2071-2100 i jämförelse med 1961-1990. Temperaturen förväntas stiga något mer på vintern än på sommaren. Uppvärmningen leder också till att vegetationsperioden förlängs. Generellt sett för Sveriges del kan sägas att klimatscenarierna visar en minskning av antalet frostdagar. Andelen riktigt kalla dagar minskar främst i norra Sverige, medan antalet dagar med högsommarvärme och förekomsten av tropiska nätter ökar för kustområdena i södra Sverige.

En klimatförändring innebär också förändringar i nederbörd. Liksom för temperaturen påverkas olika regioner olika mycket. I Sverige så beräknas årsmängderna av nederbörd öka mer på hösten, vintern och våren. Förändringarna sommartid är små i norra Sverige men södra delarna av landet ser ut att få klart mindre mängder. Nederbörden blir dock intensivare även på sommaren. Samtliga scenarier tyder på en ökad avrinning från Sverige som helhet på årsbasis, men med stora regionala och säsongsvisa skillnader.

Snö och isförhållanden påverkas givetvis vid en uppvärmning. Detta är en viktig del av den svenska naturmiljön som direkt påverkar ekosystemen och förutsättningarna för turism och friluftsliv. Svenska glaciärer kan befaras försvinna liksom de små områden med permafrost som finns i Sverige.

Klimatstudier vid SMHI tyder på att den storskaliga regionala cirkulationen i Östersjön kan komma att bli påverkad av den globala uppvärmningen. Detta och en del andra faktorer förändrar de nederbörds- och vindförhållanden som styr färskvatten- och saltvatteninflödena till Östersjön.

Klimatet består inte enbart av medelvärden och säsongsmässiga variationer. Klimatextremer kan definieras utifrån att de förekommer sällan (klimatologiskt är extrema) eller utifrån att de påverkar samhälle, miljö och biologisk mångfald på ett kännbart sätt. Extremer är ofta lokala även om t.ex. kraftiga stormar, värmeböljor, torkor och köldknäppar kan täcka stora arealer och även sträcka ut sig över tiden. En ökad risk för översvämningar verkar troligt, särskilt i Västsverige. Studierna hittills visar inte entydigt stora förändringar i kraftiga vindar för Sverige.

## Vad behöver vi veta, vad vet vi, och hur kan vi ta reda på mer?



Det finns utan tvekan många skäl att beakta biologisk mångfald i ett klimatsammanhang: bevarande av buffrande förmåga, bevarande av andra ekosystemtjänster, internationella konventioner, nationella miljömål och strategier, nationell och europeisk lagstiftning m.m. För att ta hänsyn till biologisk mångfald i ett klimatsammanhang krävs ett antal åtgärder omfattande bl.a. policies/lagstiftning/styrmedel, naturvårdsstrategi, praktisk naturvård, forskning, myndighets- och verksamhetssamordning m.m.

Några exempel är:

- Utforma målsättning, strategi och rutiner för att beakta biologisk mångfald när vi anpassar samhället och markanvändningen till ett förändrat klimat eftersom, vilket diskuteras närmare nedan, anpassningarna mycket väl kan ge större negativa effekter på biologisk mångfald än klimatförändringarna i sig.
- Bedöma olika ekosystems sårbarhet för olika sannolika anpassningsåtgärder inom samhälle och areella näringar, dels till stöd för arbetet i föregående punkt, dels i syfte att utpeka ekosystem och markanvändning för vilka en dialog mellan anpassning och naturvård är särskilt angelägen.
- Utforma klimatanpassade bevarande- och skötselstrategier för områden och naturtyper i syfte att i god tid skapa en beredskap för pågående och kommande sannolika förändringar. Beredskapen innefattar bl.a. åtgärder som behöver lång tid innan de får effekt, exempelvis anläggning av skogs- och vegetationstyper, ökad spridning av vissa organismer, och utveckling nya skötselmetoder.
- Utforma övervakning av biologisk mångfald som detekterar klimatrelaterade förändringar i så god tid att anpassningsåtgärder kan sättas in.

Den första punkten, och liknande policyrelaterade åtgärder, kan utföras redan idag. Övriga punkter kräver däremot kunskap om hur biologisk mångfald förväntas påverkas av klimatförändringar och anpassningsåtgärder. För att bedöma effekter av anpassningsåtgärder krävs dessutom att kunskap om biologisk mångfald analyseras tillsammans med socioekonomisk kunskap i vid mening. Denna rapport begränsas till kunskap om biologisk mångfald.

### *Rapportens slutsatser beträffande kunskapsläget*

Under arbetets gång har det blivit uppenbart att vi *idag saknar nödvändig kunskap om biologisk mångfald i ett klimatsammanhang*. Det har också blivit uppenbart att *mycket av den önskade kunskapen relativt enkelt kan tas fram, genom nya analyser och sammanställningar av befintlig kunskap eller genom enklare undersökningar*. För vissa kunskapsluckor krävs dock mer omfattande forskning. Rapporten redovisar därför inte nämnvärt många svar, men däremot åtskilliga förslag till åtgärder för kunskapsuppbyggnad (se sammanställning i tabell 2 samt i respektive kapitel där området diskuteras).

## Vad är biologisk mångfald i naturvårdssammanhang?



Av konventionens för biologisk mångfald (CBD) definitioner framgår att biologisk mångfald innefattar alla arter och deras genetiska variation, deras livsmiljöer och de förhållanden och ekologiska processer som är grunden för livsmiljöerna. Alla arter är principiellt lika mycket värda, men i ett naturvårdssammanhang prioriterar man ändå ofta ”skyddsvärda arter”, ”nyckelarter”, ”signalarter” etc. Sådana prioriteringar har praktiska orsaker och uttrycker inte någon värdering. Exempelvis är vanliga och

ovanliga arter lika viktiga för naturvården, men naturvårdsbudgeten används främst till att rädda arter som utan åtgärder löper risk att försvinna, exempelvis rödlistade arter. På motsvarande sätt prioriteras ibland nyckelarter vilka skapar förutsättningar för flera andra arter, och signalarter vilka med viss sannolikhet indikerar förekomsten av flera andra arter.

Begreppet ”hög biologisk mångfald” innebär vanligen att ett område eller en naturtyp fungerar ekologiskt, och har alla typiska livsmiljöer och arter knutna till livsmiljöerna. En artfattig mosse som uppfyller dessa kriterier anses vanligen ha högre biologisk mångfald och högre skyddsvärde än en söndergödslad f.d. naturbetesmark, även om den senare kan ha fler arter totalt sett.

Ovanstående resonemang har betydelse för hur vi värderar effekter av klimatförändringar på biologisk mångfald. Eftersom antalet arter per ytenhet, per naturtyp etc. ökar söderut i Sverige och Europa skulle ökat artantal i vissa naturtyper kunna vara en förväntad effekt av ett varmare klimat. Detta kunde tolkas som att klimatförändringar kan bli positiva för biologisk mångfald i Sverige. En ökning av det totala artantalet är dock i naturvårdssammanhang ingen kompensation för eventuell förlust av nordliga arter och arter från nordliga biotoper. På motsvarande sätt kompenseras inte förlust av krävande biotopspecifika arter av ökat antal vanliga generalistarter.

## Klimatförändringar och människans nyttjande av naturen



Effekter av klimat på biologisk mångfald måste bedömas i relation till effekterna av andra omgivningsfaktorer, fr.a. människans nyttjande av natur och naturresurser. Det innefattar areella näringars markanvändning, reglering av sjöar och vattendrag, nyttjande av havens resurser, utsläpp till vatten och luft etc. En stor andel av Sveriges naturtyper och geografiska områden är påverkade av människan och nyttjande har stor betydelse för vilka effekterna blir av ett förändrat klimatteffekterna blir, och för hur vi kan prediktera effekterna.

### *Nyttjande av naturresurser är det största hotet mot biologisk mångfald idag och i framtiden*

I så gott som alla ekosystem på jorden ser vi negativa trender för biologisk mångfald och de kan vanligen hänföras till överutnyttjande eller olämpligt nyttjande av naturresurser. Detta gäller även i Sverige. Även i många ekosystem där trenderna tycks någorlunda stabila är nivåerna för biologisk mångfald låga genom tidigare negativa förändringar.

#### **Exempel**

Biologisk mångfald i skog går tillbaka genom att arealen naturskog (i vid mening) fortfarande minskar genom avverkning, och genom att få skogsarter kan ha livskraftiga populationer i den produktionskog som skapas. Därtill påverkas biologisk mångfald negativt av fragmentering, d.v.s. av att en stor del av resterande naturskogsfragment är små och isolerade från varandra.

Biologisk mångfald i jordbrukslandskapet går tillbaka främst genom igenväxning i övergivna slätter- och betesmarker, felaktig skötsel i ännu hävdade marker och genom den fragmentering som orsakas av igenväxningen och av tidigare rationaliseringar av jordbruksmarken.

Biologisk mångfald i sjöar och vattendrag är redan kraftigt förändrad av eutrofiering, reglering, introduktion av främmande arter.

Biologisk mångfald i våtmarker är i södra Sverige kraftigt förändrad av reglering av vattendrag, markavvattning och upphörd traditionell hävd.

Det är viktigt att inse att människans påverkan på biologisk mångfald även framgent kommer att vara ytterst stark. Markanvändning som idag är negativ för biologisk mångfald kommer att vara det även i ett förändrat klimat. Vill vi bevara biologisk mångfald måste vi vara medvetna om, och förberedda på eventuella *ytterligare* problem, orsakade av klimatförändringarna.

### *Två effekter av nyttjande*

I ett klimatsammanhang får nyttjande av naturresurser två huvudsakliga effekter.

1. "Motorn" i naturtyper är olika slags ekologiska processer vilka dels skapar livsmiljöer för arter, dels påverkar populationerna direkt. Många av processerna är tydligt klimatrelaterade, medan andra inte är det. Människans aktiviteter utgör ofta mycket kraftfulla ekologiska processer, mot vilka klimatrelaterade processer måste vägas när man bedömer nettoeffekten på biologisk mångfald.

### Exempel

Ändrad temperatur och humiditet kan antas påverka tidpunkten för och omfattningen av blomning i naturbetesmarker. Blomrikedomen och blomningstiden har i sin tur stor betydelse för växt-, frö-, pollen- och nektarätande insekter, i sin tur föda för predatorer. För växter och insekter i betesmarker är emellertid *avbetningen* den överlägset viktigaste faktorn (Wissman 2006). Det innebär att smärre klimatbetingade förändringar i blomproduktion och blomningstidpunkt kan antas få liten ekologisk betydelse jämfört med markanvändningen, fr.a tidpunkten för bete och betesintensiteten.



*Tidpunkten för bete påverkar blomrikedomen i gräsmarker betydligt mer än klimatbetingade förändringar i blomningstidpunkt. Bete från mitten av juli i fällan bakom stängslet, från maj i förgrunden.*

2. Nyttjande av naturen har stor betydelse för det globala klimatet, exempelvis genom frigörande respektive bindning av koldioxid och metanutsläpp från djurproduktion, har diskuterats i klimatrappporter. Nyttjande av naturen kan bidra direkt och mycket starkt även till lokal- och mikroklimatet genom påverkan på vegetationen, både på träd-, busk-, fält-, och bottenkikt. Vegetationsstrukturen påverkar i sin tur temperatur, solexponering, vindförhållanden, vattentillförsel och avdunstning, d.v.s. sådana faktorer som kommer att förändras med ett förändrat klimat.

### Exempel

I sedan tre år ohävdad gräsmark med hög vegetation och tjock förna är dygnsmedeltemperaturen vid markytan i maj och juni minst fem grader lägre än i hävdad gräsmark (Clapperton m.fl. 2002). Detta leder till halverad och närmare tre veckor försenad frögröning (Lennartsson opubl.).

På samma sätt leder skillnad i dygnsmedeltemperatur mellan lövdominerad och grandominerad skog till två veckor senare kläckning av grön aspvedbock i grandominerad skog (Lennartsson m.fl. opubl.).

Abundans av flygande fjärilar i kustnära betesmark i juni varierar avsevärt mellan år, bl.a. beroende på vår- och försommarvädret. En nästan lika stor variation finns mellan betesmarker, beroende på innehåll av buskar som ger lä i den blåsigaste kustmiljön (Lennartsson m.fl. opubl.).

Fuktigheten har stor betydelse för epifytiska lavar på gamla lövträd, och kust- och sjönära lokaler är ofta artrikare än lokaler längre från vatten. Om sly får växa upp bland gammelträden blir artsammansättningen ”torrpräglad”, beroende på att slyet stoppar dimma, nattdagg och i viss mån regn (S. Hultengren, muntl.).

Tidpunkten för och omfattningen av högvatten, exempelvis vårflod, har stor betydelse för biologisk mångfald längs sjöar och vattendrag. Vattenföringen förutsågs påverkas av ett ändrat klimat, men alla aspekter på vattenföring påverkas också mycket kraftigt av reglering (L. Tranvik, muntl.; Upplandsstiftelsen, opubl. data).

Vegetationszoneringen på strandängar avgörs till stor del av var medelvattenlinjen ligger på strandängen, i sin tur en effekt av variationerna i vattennivå i vattendrag, sjöar och hav. Vissa slags hävd kan också förskjuta vegetationszonerna många tiotals meter, bl.a. genom att marken kompakteras av betesdjur (Lennartsson & Vessby 1996).

### *Klimat effekter kan maskeras av mark- och resursanvändningen*

Många naturtyper är mycket starkt påverkade eller rentav skapade av människans markutnyttjande, och stora områden kan betraktas som rena kulturlandskap. I sådana fall kan effekterna av klimat vara små jämfört med effekterna av markanvändningen (Jfr. Skogsstyrelsen 2001 s. 49 ff.). Även mark som skyddas från markanvändning, som skogsreservat, är ofta föremål för skötselinsatser, d.v.s. en slags markanvändning med naturvårdssyfte.

#### **Exempel**

Om en naturskogsbiotop avverkas och omförs till produktionsskog innebär det en närmast total omvandling av biotopens biologiska mångfald. Eventuella effekter av klimatförändringar blir marginella i förhållande till effekter av markanvändningen. I Sverige står skogsbruk för den huvudsakliga påverkan på biologisk mångfald på mer än 90% av den produktiva skogsmarksarealen.

Motsvarande gäller för biologisk mångfald i hävdskapade naturtyper: även måttliga hävdförändringar får så stora effekter på biologisk mångfald att effekter av klimatförändringar blir små relativt sett.

I havsekosystemen utgör bl.a. fiske en så stor påverkan på ekosystemen att klimatteffekter ofta är svåra att modellera (Ojaveer & Lehtonen 2001).

### *Stor eller liten klimatteffekt – en fråga om vald referensnivå*

Av ovanstående resonemang framgår att en effektbedömning kan ge mycket olika resultat beroende på vilken referensnivå vi väljer när vi mäter förändring.

#### **Exempel**

Tar vi naturskogens biologiska mångfald som utgångspunkt skulle de flesta direkta effekter av ändrat klimat vara närmast försumbara jämfört med effekterna av en slutavverkning. Tar vi däremot som referensnivå biologisk mångfald på hygget kan klimatteffekten tänkas bli relativt stor, exempelvis genom att ökad avdunstning kan slå ut de sista restförekomsterna av torkkänsliga skogsarter under hyggesfasen.



### *Klimat effekter kan förstärkas av markanvändningen*

Klimatförändringar kommer med säkerhet att leda till modifierade brukningsmetoder och till nya former av nyttjande. Dessa förändringar i markanvändningen kan i sin tur få stora konsekvenser för biologisk mångfald, betydligt större än effekterna av klimatförändringen i sig. Detta har kallats ”tertiära effekter” av klimatförändringar (efter: primära – effekter på växt- och djurindivider, och sekundära – effekter på populationer och arter, se t ex Würsig m fl. 2002).

#### **Exempel**

Minskad tjäle och ökad stormfrekvens kan komma att framtvunga ökad användning av lövträd på granens bekostnad, vilket kan antas ge stora, huvudsakligen positiva, effekter på biologisk mångfald i produktionsskog. Om skogsbruket å andra sidan väljer andra rotfasta trädslag som sitka-gran, får det stora negativa effekter på biologisk mångfald. I båda fallen är effekterna av klimatbetingade trädslagsbyten större än av klimatförändringarna i sig.

### *Nya brukningsformer: biobränsleproduktion*

Bland förväntade nya brukningsformer kan särskilt nämnas ökad framställning av biobränsle, både på skogs- och jordbruksmark. Effekter på biologisk mångfald av biobränsleproduktion kan variera från positiva till negativa dels beroende på hur (vilka metoder) och var (vilka naturtyper och landskap som tas i anspråk) produktionen sker, dels beroende på i vilken rumslig skala man gör bedömningen.

När biologisk mångfald diskuteras i biobränslesammanhang handlar det ofta om att minimera de negativa effekterna av biobränsleuttag. Även om det till dags dato finns få exempel på produktionsmetoder med otvetydigt positiva effekter på biologisk mångfald skulle det förmodligen gå att skapa både nya och traditionella naturtyper där exempelvis ljus- och värmekrävande biologisk mångfald gynnades av regelbunden skörd av biomassa.

#### **Exempel**

- Skottskog. Skottskogsbruk med traditionella skottskogsträdslag (ask, lind, bok, hassel etc).
- Glesa bestånd av gammelträd där djur saknas för hagmarksbete. Öppethållande med regelbunden röjning av föryngring i ädellövvhagar och glesa gammeltallbestånd.
- Strandäng. Slåtter av vass och annan vegetation.
- Vidmakthållen öppenhet i gammal fåbodskog. Regelbunden skörd av föryngring i exempelvis fåbodpräglad fjällbjörkskog (inkl. f.d. slåttermyr).
- Vidmakthållen skogsgräns i fjällen. Regelbunden skörd av fjällbjörk där biologisk mångfald hotas av att trädgränsen höjs.

**Att göra:** Det är angeläget att se över ekonomiska, praktiska och ekologiska förutsättningar för olika brukningsformer som kombinerar biobränsleproduktion med naturvård.

Om skogsmark tas i anspråk för biobränsleproduktion kan det vara fråga om ökat uttag i samband med skogsbruk, exempelvis uttag av grot. Detta extra uttag har någorlunda begränsade effekter på biologisk mångfald utom i vissa regioner som östra Kalmar län, där det finns en rik insektsfauna knuten till lövgrot (Skogsstyrelsen 2001). Allt ökat uttag av biomassa ökar behovet av återföring av näring till skogsmarken. Gödslingen påverkar exempelvis mossor och mykorrhizasvampar negativt, men effekterna varierar beroende på gödselmedel. Det finns alltid risk för negativa effekter på näringsfattiga våtmarker, sjöar och vattendrag, även utanför det gödslade området.

Om biobränsleproduktion på skogsmark innebär att nya naturtyper, tidigare olönsamma för skogsbruk, tas i anspråk, torde produktionen i de flesta fall få starkt negativa konsekvenser för

biologisk mångfald. Undantag är metoder som skapar värdefulla naturtyper, exempelvis av det slag som diskuteras ovan.

**Att göra:** Effekter av biobränsleproduktion på skogens biologiska mångfald har behandlats av Skogsstyrelsen (2001), men det är angeläget att dels fördjupa utvärderingen regionvis (bl.a. baserat på de värde-trakter som utpekats i regionvisa strategier för skogsskydd), dels genomföra regionvis bedömning av effekter av produktionsformer som tillkommit sedan 2001.



*GROT, grenar och toppar, ett av skogens biobränslesortiment*

Om åkermark tas i anspråk torde effekterna på biologisk mångfald bli neutrala eller positiva vad gäller själva produktionsområdet. Detta eftersom åkermark idag har mycket låg biologisk mångfald, med undantag för vissa speciella åkerjordar (fr.a. sand) och brukningsformer (t.ex. långliggande träd). Ligger produktionsområdet i helåkersbygd kan biobränsleproduktion sannolikt vara positiv för biologisk mångfald även i produktionsområdets närmaste omgivning, genom att det skapar nya landskapsstrukturer och därigenom ökar variationen. I skogsbygd blir däremot effekterna i närområdet ofta negativa, genom att gamla bryn mellan åker och skog försvinner vid exempelvis energiskogsodling. Påverkan ännu längre från produktionsområdet kan tänkas bli svagt positiva genom minskat läckage av näring och bekämpningsmedel till vattendrag, sjöar och hav jämfört med åkerbruk.

Biobränsleproduktion i semi-naturliga naturtyper, exempelvis naturbetesmark, torde vanligen vara starkt negativ för biologisk mångfald, såvida den inte skapar värdefulla naturtyper av det slag som diskuteras ovan.

**Att göra:** Sammanställ troliga effekter på biologisk mångfald av olika slags biobränsleproduktion i olika naturtyper i olika jordbrukslandskap. Väg effekterna mot andra värderingskriterier, som lönsamhet i biobränsleproduktion och jordbruk och eventuella andra alternativa nyttjandeformer.



*Få enkla orsak-verkan-samband mellan nyttjande och klimatförändringar –därför få enkla samband mellan klimatförändringar och biologisk mångfald*

Även om klimatförändringar utan tvekan kommer att på många sätt förändra vårt nyttjande av landskapet, finns det få enkla orsak-verkan-mekanismer. Nyttjande av naturresurser är inte bara resultat av naturförutsättningarna utan också i hög grad av politik, attityder och styrmedel. Särskilt uppenbart är det i jordbrukslandskapet där markanvändningen regleras av ett omfattande ersättnings- och regelsystem på europeisk nivå. Även i skogslandskapet är markanvändningen i hög grad ett resultat av nuvarande och tidigare styrmedel, exempelvis bidrag till skogsbilvägar, markavvattning och skogsbruksplaner, skogsvårdslagstiftning, beskattningsregler för virkesuttag och avsättning till naturvård etc. Nyttjande av havens resurser är i stor utsträckning styrt av politiska beslut om uttagskvoter, handelsavtal och stöd till fiskerier.

Vi kan med andra ord i stor utsträckning *välja* hur vi låter klimatförändringar förändra nyttjandet av naturen, exempelvis markanvändningen. Eftersom nyttjandet har så stor betydelse för biologisk mångfald innebär det att vi i viss utsträckning kan välja hur vi låter klimatförändringar påverka biologisk mångfald.

**Exempel**

Högre nederbörd och flöden i vattendrag kan leda till att lågt liggande skogs- och jordbruksmark, exempelvis i gamla dikningsföretag, blir svåra eller omöjliga att bruka. Vi kan därvid välja att låta sådan mark tas ur traditionell skogs- eller jordbruksproduktion, kanske delvis i avsikt att binda kol och näringsämnen. Detta skulle ge starkt positiva effekter på biologisk mångfald genom ökade arealer våtmark och sumpskog. Vi kan också välja att kompensera ökad fuktighet med nya tröskelsänkningar och dikningsföretag (jfr. pågående diskussioner betr. Helgeån), generösare markavvattningslagstiftning etc. Detta skulle kunna skapa ett ännu torrare landskap än vi har idag, med starkt negativa konsekvenser för biologisk mångfald.



*Våtmark på sedan länge övergiven försumpad åkermark*

Minskad tjäle och ökad stormfrekvens kan försvåra sågtimmerproduktion baserad på gran. Vi kan välja ökad plantering av lövträd och andra mer rofasta trädslag, vilket kan antas ge positiva effekter på biologisk mångfald i produktionsskog. Vi kan också välja att arbeta med granproduktion i kortare omloppstider, vilket troligen skulle påverka biologisk mångfald negativt genom ökad avverkningsfrekvens och minskad areal äldre skog. Ytterligare en väg är att välja främmande trädslag, vilket skulle ge starkt negativ effekt på biologisk mångfald.

Minskad tjäle och ökad stormfrekvens kan förväntas öka frekvensen av vindfällen och barkborredödade träd i produktionsskog. Vi kan välja att låta antalet döda träd per hektar öka, vilket skulle öka mängden död ved och ge positiva effekter på biologisk mångfald. Vi kan också välja juridiska eller ekonomiska styrmedel för att "städa skogen", vilket skulle ge neutral eller, om det leder till minskad mängd död ved, negativ effekt på biologisk mångfald. F.n. är det den sistnämnda vägen vi valt i de stormdrabbade områdena i Götaland, och där diskuteras även uttag av död ved från skyddade områden för att undvika "smitta" på produktionsskog (Skogseko nr 1 2007).

Valet av styrmedel kan, som i exemplen ovan, baseras på prioriteringar beträffande produktionen. Vi kan också välja styrmedel och markanvändning i syfte att *aktivt motverka klimateffekter på biologisk mångfald eller landskap*.

#### **Exempel**

Försvårade vinterbetesförhållanden för ren till följd av mildperioder kan leda till minskat renantal och renbetetryck i fjällen. Vi kan å andra sidan välja att med styrmedel gynna rennäringen, generellt eller i vissa områden, om vi tror att ett ökat renbetetryck kan motverka igenväxning på kalvfjället.

#### **Är klimateffekter på biologisk mångfald alltid negativa?**

Utvärdering av effekter på biologisk mångfald görs lämpligen värdeneutral, d.v.s. man letar efter en effekt oavsett om den förväntas vara positiv eller negativ. I ett naturvårds- eller åtgärdssammanhang kommer däremot troligen negativa effekter att prioriteras eftersom det är de som innebär problem för biologisk mångfald och som därmed måste åtgärdas. Det finns dock i vissa sammanhang anledning att särskilt leta efter positiva effekter av klimatförändringar på biologisk mångfald. Särskilt i två sammanhang kan biologisk mångfald antas påverkas positivt av klimatförändringar.

- Arter, naturtyper etc. som idag huvudsakligen hotas av det nuvarande klimatet. Det gäller sådana som så starkt begränsas av klimatfaktorer, exempelvis temperatur och nederbörd, att de riskerar att försvinna. För vissa av dessa kan de förväntade klimatförändringarna innebära att de på sikt kan avföras från hotlistorna (medan för andra kan situationen givetvis komma att förvärras).

#### **Exempel**

Minst tretton svenska fjärilsarter lever på krissla i Sverige. Av dessa når endast fyra så långt norrut som Uppland, trots att krisslan är mycket vanlig där. Det är troligt att åtminstone några av de mer sydliga arterna har sin utbredning begränsad av klimatet.

- Situationer där klimatförändringar, beroende på vilka styrmedel vi väljer, erbjuder möjligheter att förbättra förhållandena för biologisk mångfald.

#### **Exempel**

Växter blir generellt mer beteskänsliga under torra somrar (Lennartsson 2000). Därför kan torrare klimat i delar av Sverige leda negativa trender för många växtarter och deras associerade insekter i betesmarker, om betetrycket i förhållande till produktiviteten hålls konstant. Om vi å andra sidan med styrmedel gynnar restaurering av igenväxande betesmarker kan vi med samma antal betesdjur hävda större arealer, vilket ger positiva effekter på biologisk mångfald.



*Krisla*

### *Direkta och indirekta effekter av klimatförändringar på markanvändningen*

Klimatförändringar kan, som ovan diskuterats, direkt föranleda förändringar i markanvändningen, eventuellt via förändringar i styrmedel. Det är också möjligt att markanvändningen påverkas indirekt, genom på sikt ökad eller minskad lönsamhet.

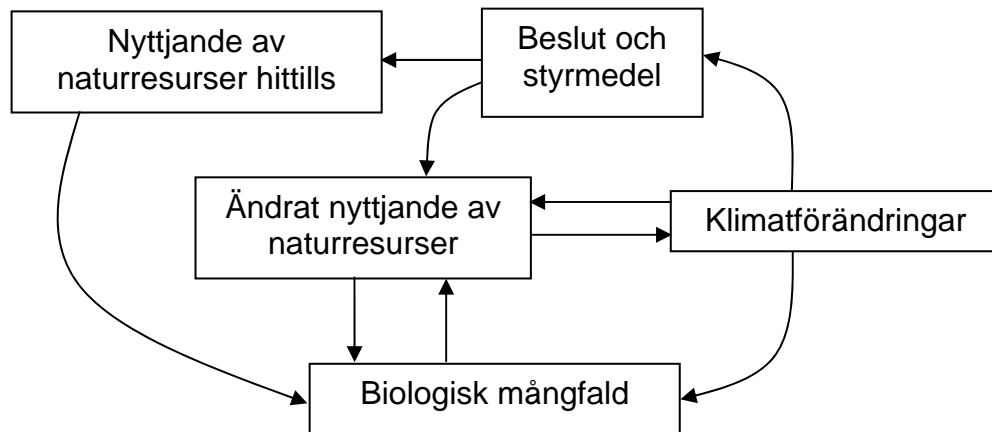
#### **Exempel**

Renbetet och dess påverkan på olika fjällbiotoper kan antas förändras genom ändrad fördelning av betet i fjällen sommartid. Försvårat bete vintertid kan på sikt leda till minskad lönsamhet i rennäringen, minskat renantal och ett svagare bete generellt.

Globala förändringar i jordbruksmarkens produktionsförmåga, exempelvis torrare klimat i delar av Europa, kan på sikt leda till ökad lönsamhet i livsmedelsproduktion i fuktigare områden, som Skandinavien, särskilt mot bakgrund av längre växtsäsong. Detta kan radikalt förändra markanvändningen i exempelvis jordbruksbygder med idag låg lönsamhet i jordbruksproduktion.

### *Sammanfattning: att bedöma effekter av klimatförändringar respektive människans nyttjande av naturen*

För att kunna göra rimliga förutsägelser om hur klimatförändringar kommer att påverka biologisk mångfald måste effekter av klimat och nyttjande analyseras integrerat, se figuren nedan. Scenarier för ändrat nyttjande måste i sin tur tas fram genom samarbete mellan olika samhälls- och forskningssektorer, och genom att beakta hur olika regioner kommer att påverkas av klimatförändringarna. Det är viktigt att, innan anpassningsåtgärder utförs, ha preciserat olika alternativa åtgärder och värderat dem med avseende på bl.a. ekonomi, sociala konsekvenser och biologisk mångfald.



*Samband mellan klimatförändringar, nyttjande av naturresurser och biologisk mångfald.*

Nyttjande av naturresurser hittills bestämmer i stor utsträckning dagens status för biologisk mångfald. Ändrat nyttjande anpassat till ett förändrat klimat, har diskuterats i det föregående. Notera att vårt val av framtida nyttjande har stor betydelse för vilka klimatförändringarna blir, och att våra möjligheter till olika framtida nyttjandeformer till stor del beror av hur vi hanterar ekosystemens biologiska mångfald.

**Att göra:** Det är angeläget att kategorisera olika aspekter på biologisk mångfald i termer av hur de påverkas av klimatförändringar och nyttjande av naturresurser:

1. Påverkas starkt av klimatförändringar oavsett val av nyttjande (pil klimatförändringar → biologisk mångfald).
2. Påverkas förhållandevis lite av klimatförändringar jämfört med nyttjande och nyttjandet förväntas inte förändras (pil nyttjande hittills → biologisk mångfald).
3. Klimatpåverkan förstärks av förväntade förändringar i nyttjande (pil ändrat nyttjande → biologisk mångfald).
4. Klimatpåverkan motverkas av förväntade förändringar i nyttjande (pil ändrat nyttjande → biologisk mångfald)
5. Klimatpåverkan kan motverkas genom val av viss markanvändning (pil ändrat nyttjande → biologisk mångfald)
6. Klimatpåverkan erbjuder möjligheter att med rätt skötsel/markanvändning förbättra situationen för viss hotad biologisk mångfald (pil ändrat nyttjande → biologisk mångfald)

Den första kategorin innehåller aspekter på biologisk mångfald för vilka vi inte kan välja/påverka climateffekterna, medan kategorierna 3 till 5 omfattar aspekter för vilka vi kan det. Den andra kategorin omfattar biologisk mångfald för vilken klimatförändringar kan förväntas få mindre betydelse. Med aspekter avses här exempelvis biotoper, strukturer, processer och arter. Utvärderingen kan göras exempelvis organismgruppsvis, biotopvis eller regionvis. Hotad (idag och förväntat i framtiden) biologisk mångfald prioriteras.

## Att kombinera olika slags kunskap för att bedöma effekter av klimatförändringar på biologisk mångfald



### *Biologisk mångfald – en kombination av rumsliga skalor*

Biologisk mångfald i ett landskap består, förenklat, av:

1. Mosaiken av biotoper i landskapet
2. Biotopernas innehåll av strukturer (livsmiljöer för arter inom biotopen)
3. Landskapets innehåll av icke-biotopknutna strukturer (utspridda livsmiljöer)
4. De populationer som utnyttjar strukturerna i biotoperna och i landskapet
5. De populationer som utnyttjar biotoper som helhet (eller komplex av biotoper), d.v.s. utan att vara knutna till specifika biotopstrukturer
6. De populationer som utnyttjar landskapet som helhet, d.v.s. utan att vara knutna till specifika biotoper
7. De grundläggande förhållanden som tillsammans med 8 skapar förutsättningar för 1-6 ovan, exempelvis temperatur, humiditet, topografi, jordmån/berggrund, biogeografiskt läge (bestämmer bl.a. ”tillgänglig artpool”).
8. Ekologiska processer som tillsammans med 7 skapar förutsättningar för 1-6 ovan, både abiotiska (t.ex. torka, översvämning, vind, skred, brand, markanvändning) och biotiska (t.ex. herbivori, predation, nedbrytning, symbios, konkurrens).

Punkterna 1-3 innefattar således de element som en stor del av landskapets populationer lever på. Punkterna 4-6 innefattar landskapets innehåll av populationer, vilka vanligtvis kan hänföras till arter, men ibland till lägre taxa eller ekotyper (utöver sådan inomartsvariation har genetisk variation utelämnats i beskrivningen). Vilka arter som faller under respektive punkt 4-6 beror till största delen av arternas storlek och rörlighet. En avsevärd del av ett landskaps biologiska mångfald kan dock sägas vara uppbyggd, så att säga, underifrån, av små arter som utnyttjar småskaliga livsmiljöer; dessa arter och livsmiljöer bygger i sin tur upp biotoper och mosaiken av biotoper bygger upp landskapet. Punkterna 7-8 innefattar ”motorn” i ekosystemen och härvid är klimatet relaterat både till förhållanden (7) och processer (8). Det är här vi måste kunna koppla småskaliga processer och förhållanden till processer och förhållanden på biotopnivå, landskapsnivå och regional nivå. Först då kan vi använda regionala klimatdata för att förutsäga effekter på landskap, biotoper, biotopstrukturer och arter, d.v.s. på biologisk mångfald.

### *Nedskalning av klimatdata, uppskalning av ekologiska data*

Globala klimatförändringar är en rumsligt storskalig process och det finns givetvis begränsningar för hur långt klimatmodeller kan skalas ned för att beskriva regionalt och lokalt klimat. Ur ekologisk synvinkel är det däremot ofta mycket lokala klimatförhållanden som påverkar arter och biotoper, för enskilda arter rentav mikroklimatet i en skala av någon kvadratmeter. För att kunna användas i biologisk mångfald-sammanhang måste alltså klimatmodeller i möjligaste mån skalas ned beskriva vilka effekter mer storskaliga klimatförhållanden får för regional-, lokal- och mikroklimatet. Ekologens uppgift är att definiera sådana klimatrelaterade förhållanden och processer som är av avgörande betydelse för biologisk mångfald, d.v.s. att formulera behovet av klimatdata. Detta arbete är till stor del en fråga om att skala upp ekologisk kunskap.

**Att göra:** Utan tvekan finns för vissa ekosystem åtskillig kunskap som skulle kunna bearbetas för att bli användbara i en dialog med klimatmodeller. Det är angeläget att komma igång med sådan bearbetning för att se hur långt den räcker och vilka typer av ny kunskap som behövs. Bearbetningsbehovet belyses närmare under följande punkter.

### *Kunskap om populationer*

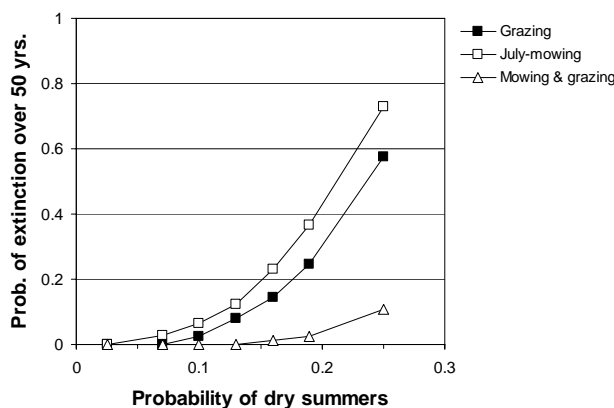
Populationsdata finns för en rad organismer, även om det finns stora brister för många taxonomiska grupper och ekosystem (t.ex. Menges 2000). Populationsmodeller beskriver hur en populations tillväxt, utdöenderisk etc påverkas av olika studerade faktorer, exempelvis genetiska, demografiska, och faktorer relaterade till populationens omgivning, som mellanartsförhållanden, hävd, och klimatiska faktorer. Modellerna möjliggör analys av slumpmässig eller regelbunden variation i omgivningen. De kan ofta identifiera kritiska nyckelfaktorer och kvantitativa tröskelvärden.

Ibland har populationernas omgivning manipulerats experimentellt, medan man i andra fall har låtit variationen infinna sig spontant. När man väl har sett effekter av vissa förhållanden, kan populationstillväxt eller utdöenderisk modelleras under olika frekvens av dessa förhållanden. Olika parametrar kan studeras i förhållanden till varandra, exempelvis lokalklimatiska förhållanden i relation till hävd.

Få populationsstudier har direkt analyserat klimatrelaterade faktorer, men i många fall skulle det kunna göras baserat på befintlig kunskap. Exempel på klimatrelaterade faktorer som förekommer i populationsstudier är torka, översvämning, brand, vinterklimat/övervintring och frekvens av exempelvis vindfällan (Menges 2000). Populationsstudier är sannolikt den typ av ekologiska studier som oftast behandlar effekter av klimatrelaterade förhållanden och processer. Detta är möjligt genom att populationsstudierna bygger på så detaljerade data över livsmiljöer och processer. Den lilla skalan är samtidigt ett problem vad gäller att dra generella slutsatser. Avgörande för att kunna använda populationsdata i klimatsammanhang är (1) att kunna bedöma populationens/artens generella relevans för sin biotop och (2) att kunna relatera förhållanden och processer i populationens närmaste omgivning till förhållanden och processer i biotopen. Vidare uppskalning till landskap och region behandlas under nästa punkt, kunskap om naturtyper.

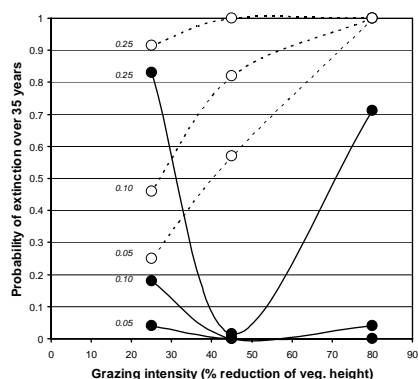
## Exempel

Effekten av frekvens av olika väderleksförhållanden kan uppskattas, i exemplet nedan i en slumpmässig modell som visar betydelsen av sommartorka i förhållande till hävdmetoden.



Utdöenderisk under 50 år för fältgentiana i betesmark, under tre hävdformer och i relation till sannolikheten för sommar(juli)torka. Från Lennartsson & Oostermeijer 2001.

Ett annat sätt att indirekt bedöma effekter av klimatförändringar är att studera populationer i olika miljöer, i exemplet nedan på växtplatser med olika markfuktighet. Ett torrare klimat kan antas öka täckningen av torra växtplatser



Utdöenderisk under 35 år för fältgentiana i betesmark, under tre sannolikheter för sommartorka (0,05, 0,1, 0,25) i relation till betestrycket. Streckade linjer visar torr, heldragna frisk växtplats. Från Lennartsson 2000.

**Att göra:** Gå igenom befintliga publicerade populationsstudier relevanta för svenska naturtyper och bedöm översiktligt studiernas generaliserbarhet. Sammanställ vilka klimatrelaterade parametrar som studerats och utvärdera möjligheterna att relatera parametrarna till biotopprocesser och klimatförändringar.

## Kunskap om naturtyper

Som nämnts drivs och definieras varje naturtyp (biotop) till stor del av vissa avgörande förhållanden och processer. Dessa skapar förutsättningar för arter vilka genom återkoppling i sin tur påverkar förhållanden och processer i biotopen. Även om många populationer reagerar på förhållanden och processer i mycket liten rumslig skala (någon kvadratmeter mark, enstaka träd, grenar, lågor, stenar etc.) är denna småskaliga påverkan vanligen resultatet av förhållanden och processer i större skala. Vissa processer försiggår inom biotoper relativt

oberoende av förhållandena i landskapet som helhet (exempelvis bete i en betesmark). Andra beror tydligt av förhållanden, ofta relaterade till klimat, i hela landskapet. I vissa fall kan man också se hur förhållanden i en biotop påverkar en annan (exempelvis renbete, där betestillgången i en biotop påverkar betestrycket i en annan).

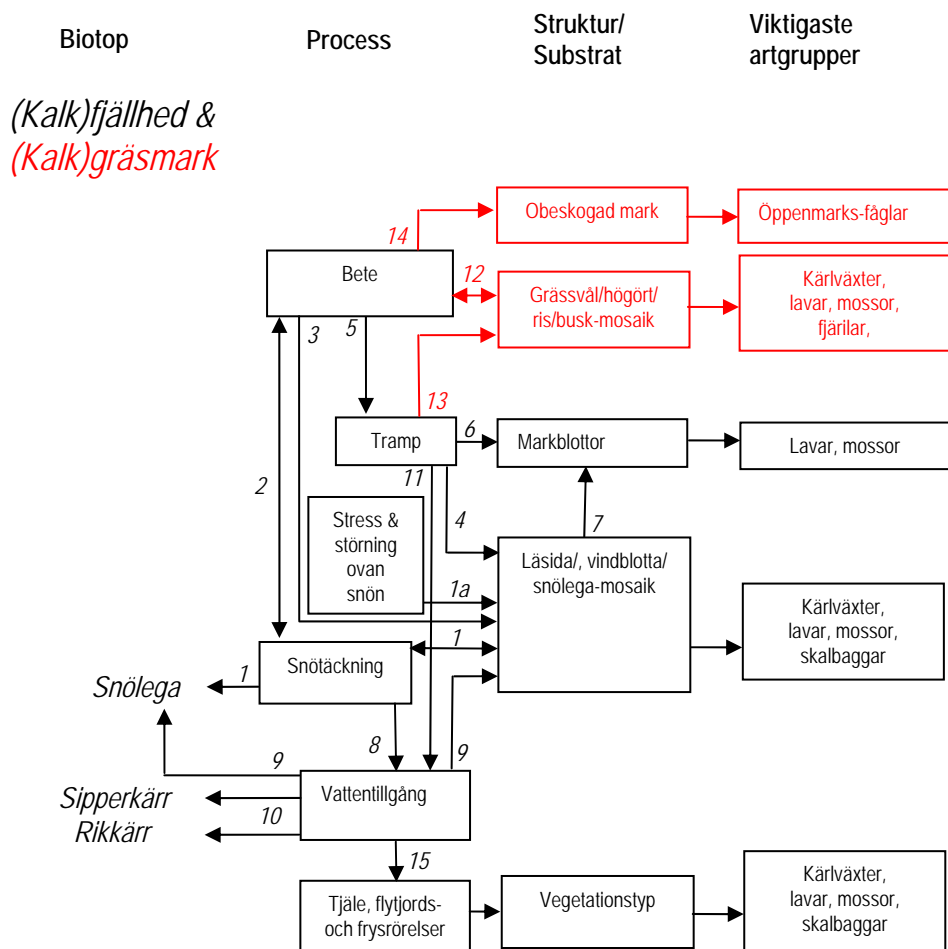
Förhållandet mellan processer, strukturer och arter i naturtyper har inte sammanställts annat än i enstaka fall (t.ex. Lennartsson m.fl. 2005), och det rör sig då vanligen om kvalitativa förhållanden, d.v.s. vilka faktorer som påverkar biologisk mångfald i en biotop och i vilken riktning. Storleksordningen av påverkan är troligen svår att bedöma, men en kvalitativ bedömning ger ett bra underlag för att påvisa kunskapsbehov beträffande exempelvis kritiska tröskelvärden för vissa klimatrelaterade parametrar. Kvalitativ beskrivning av olika naturtyper är också nödvändig för att kunna utnyttja populationsdata på det sätt som diskuterats ovan.

#### **Exempel: Fjällhed**

Fjällheden är fjällens vanligaste biotop och förekommer överallt där det är tillräckligt vindexponerat och tillräckligt små snömängder för att en ojämn snöfördelning skall uppkomma, alltså en mosaik av vindblottor, läsidor och snölegor. Fjällhed finns därför från lågpalt och ett gott stycke upp i mellanalpint bälte. På silikatmark är den en av fjällens artfattigaste biotoper, medan den på kalkmark blir en av de artrikaste. En typisk art i kalkhed är fjällsippan, *Dryas octopetala*, och kalkfjällheden kallas ofta *Dryas*-hed. Artsammansättningen på båda jordarterna varierar med altituden.

Vindblotte-läside-snölege-mosaiken beror på snöns fördelning vintertid (från Lennartsson m.fl. under publicering) (pil 1 i schemat nedan) i kombination med kyla, isdrev etc. ovan snön vintertid (1a). Vindblottor finns främst på små höjder på fjällheden, där snön lätt blåser av. Större snölegor betraktas ofta som en egen biotop (1). Snötäckningen och graden av fastfrysning påverkar betet av gnagare vintertid (2), vilket har stor betydelse för fördelningen mellan olika ris och örter. Omvänt påverkas snötäckningen i viss mån av betet, eftersom nerbetad vegetation inte kan hålla kvar snön (2). Vindblottor skapas också av att läsidornas risvegetation direkt skadas och trängs tillbaka av bete (3) och tramp (4). Tramp är en störningsfaktor som alltid följer med renbete (5), men inte med gnagarbete. Hårt tramp bidrar till att skapa markblottor utan vegetation av kärleväxter (6), men markblottor på kalk är ofta rika på lavar och mossor. Markblottor är ett naturligt inslag i vindblotte-läsidemosaiken (7), och kan i princip ses som en särskilt utpräglad vindblotta. Snötäckningen påverkar inte bara hur skyddad vegetationen är för det bistra vinterklimatet, utan även vattentillgången (8). Vattentillgången är i sin tur en viktig faktor för fjällhedens vegetation, framför allt för vindblottor (torra) och snölegor (fuktiga, 9). På vissa jordar, nedanför snölegor etc, kan sipperkärr bildas om vattentillgången är god (10). Sipperkärr är en slags våtmarksbiotop utan torvbildning, och den är ofta ett karaktäristiskt inslag i fjällheden. Längst ner i lågpalt bälte förekommer även torvbildande våtmarker (myrar), i kalkområden i form av rikkärr (10). Kraftigt tramp kan i enstaka fall orsaka att vatten leds bort från våtmarksbiotoper, exempelvis genom att stigar fungerar som diken (11). Vattentillgången har betydelse för flytjords- och frysrörelser i markytan, i sin tur en viktig vegetationstypbildande process (15).





Processer, strukturer och artgrupper i fjällhed (svart text) och fjällgräsmark (svart + röd text).

### Exempel: Gräsmark i fjällen

Till skillnad från fjällheden är fjällgräsmarken, som vi definierar den, till största delen snötäckt under vintern. Vi avser alltså gräsmark som biotop, inte som vegetationstyp (både vindblottor och läsidor kan vara gräsdominerade). Ofta finns inslag av vindblottor och vindblotte-snölege-läside-mosaik på högre partier. Där sådana inslag av fjällhed förekommer, fungerar den som tidigare beskrivits och illustrerats i schemat ovan.

Eftersom gräsmarken är snöskyddad vintertid kan högrörter och buskar utan vidare överleva där. I fjällgräsmarken tillkommer därför ett par tydliga strukturer relaterade till igenväxning (rött i schemat ovan). Balansen mellan grässvål (lågörtvegetation), högörtvegetation och busksnår bestäms troligen till stor del av betet, samtidigt som vegetationen i sin tur styr var renarna främst betar (12). Vid tillräckligt hårt bete, eller efter perioder med mycket hårt bete, bildas en artrik grässvål, särskilt på kalk. Biotopen liknar låglandets naturbetesmarker. Vid svagare bete eller den första tiden utan bete, ersätts grässvålen på fuktig mark med högörter, som så småningom i sin tur ersätts av videsnår. På torrare eller fattigare mark är högörtvegetation ovanlig och där ersätts grässvålen vid svagt bete av risvegetation (exempelvis fjäll-en och dvärgbjörk) som med tiden kan utvecklas till enbusksnår. Även gnagarbetet påverkar vegetationen och snöförhållandena vintertid, exempelvis förekomsten av subnivalt rum, är viktiga för betet under snön (2). Även trampet har stor betydelse för denna mosaik, kanske särskilt för fördelningen mellan ris och grässvål (13). När en ung fjällbjörk når över det skyddande snötäcket skadas knoppar och kvistar av isdrev och kyla. Om den å andra sidan lyckas överleva denna kritiska höjd och få kronan över isdrevet, kan fjällbjörken många gånger etablera sig långt ovanför skogsgränsen. Det är därför möjligt att betet är en avgörande faktor för att hålla

fjällgräsmarken trädfri (14). Snötäcket gör också att gräsmarken blir betydligt fuktigare än heden, med ett större inslag av kärr, och till fuktigheten bidrar också ofta stora snölegor (10).

### **Exempel: Fjällbjörkskog**

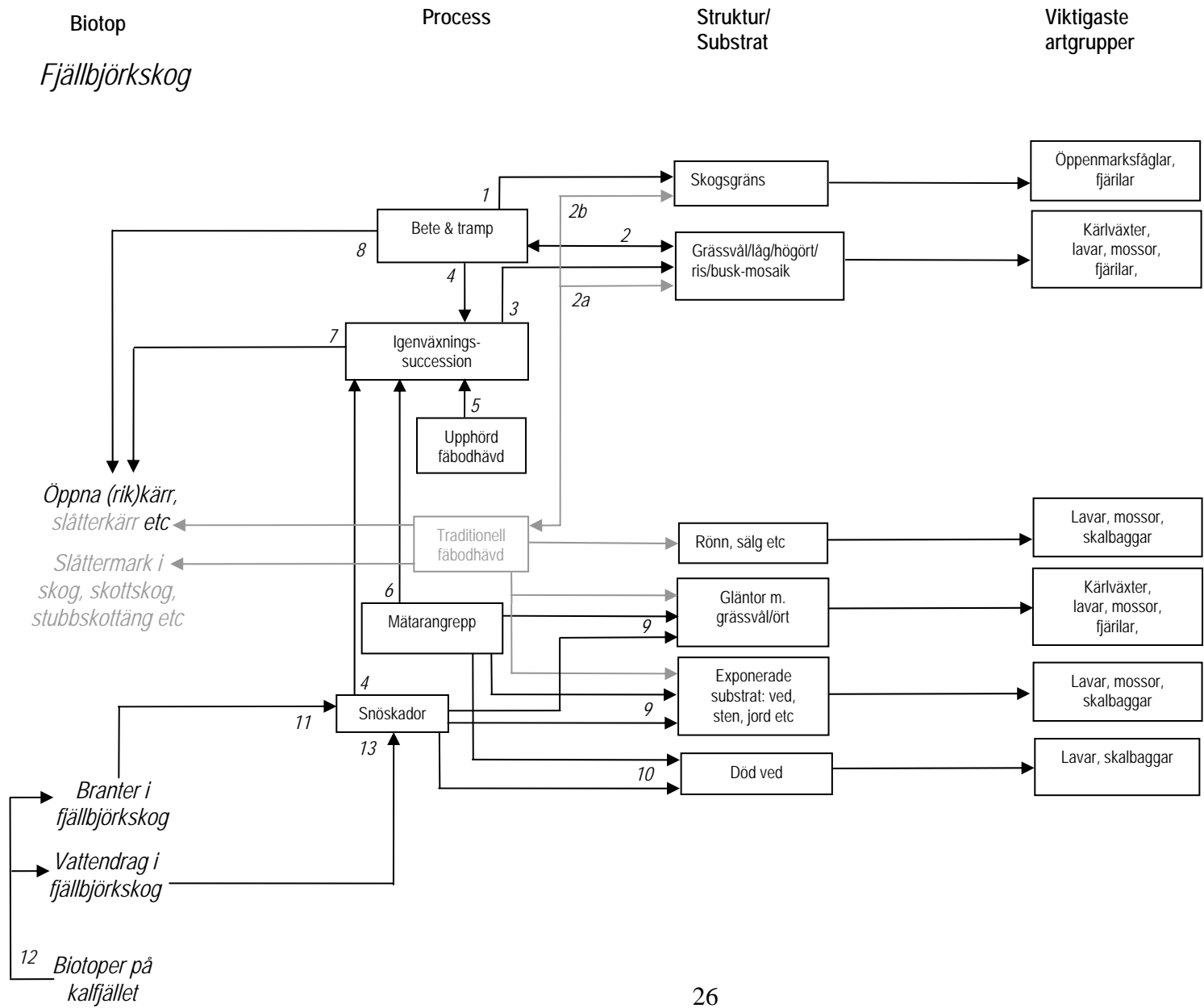
Även fjällbjörkskogen (se figur 5) är snöskyddad vintertid och betet bidrar, på samma sätt som beskrivits för gräsmarken, till att påverka skogsgränsen (1) och förhållandet mellan grässvål, högörtvegetation, ris- och buskvegetation (2). Betet utgörs av renbete sommartid och gnagarbete sommar- och vintertid. Betet påverkar således vegetationen, men vegetationen påverkar samtidigt betet (2). Exempelvis blir renbetetrycket svagare när videbusksnår breder ut sig genom att renarna söker sig till andra marker. Förr i tiden hade också det traditionella fåbodbruket stor betydelse för vegetationens sammansättning och vice versa i fjällbjörkskogen (2a). Lokalt har fåbodbruket också påverkat skogsgränsen (2b). Fåbodbruket hade förr stor utbredning i många fjälldalar men saknas idag nästan helt (grå pilar och boxar).

Betet i fjällbjörkskog är, och har varit dynamiskt och samspelar därmed med naturliga successionsprocesser. Idag består vegetationen i stora områden av olika igenväxningssuccessioner (3). Vid svagt bete i öppna ytor i ängsbjörkskog övergår grässvål i låg- eller högörtvegetation som i sin tur ersätts av videbusksnår och slutligen slutna ängsbjörkskog. I hedbjörkskog går successionen via risvegetation och enbusksnår. Bete kan inte på egen hand öppna fjällbjörkskogen men bete påverkar igenväxningen när gläntorna (eller skogsgränsen) väl finns där (4). Hårt ren- eller boskapsbete kan däremot trycka tillbaka videbusksnår. En vanlig orsak till dagens igenväxning i odlingsdalarnas närhet är upphört fåbodbruk (5). Igenväxning i fjällbjörkskog är också en helt naturlig process, till följd av tidigare fjällbjörkmätarangrepp eller snöskador (6).

Det traditionella fåbodbruket skapade således öppningar i skogen, vilket i sin tur gav ett antal viktiga biotopstrukturer (grå pilar). Vissa av dessa strukturer, som slätterkärr, slagen björkskog, skottskog etc, kan betraktas som egna biotoper. Slättermarken är idag försvunnen, och även i naturliga rikkärr märks en tydlig igenväxning (7) som i viss mån hålls emot av renbete (8). Idag skapas gläntor i fjällbjörkskogen nästan enbart av naturliga processer, som snöskred och liknande samt fjällbjörkmätarangrepp (9). Dessa processer är också viktiga för skapandet av död ved (10). Skredprocesser drivs av tyngdlagen (11) i kombination med snöförhållanden och avblåsning på högre belägna fjällhedar (12). Därför blir skredskador särskilt vanliga under branter i trädgränsen (11), längs fjällbäckar med snöslasklaviner etc. (13).

Till schemat kunde också läggas olika slags modern mänsklig påverkan, vilken lokalt har påverkat fjällbjörkskogen. Exempelvis skapas gläntor i fjällbjörkskog genom skidturismen. Den orsakar också, tillsammans med terrängkörning, dränering av kärr. Det är dåligt känt hur sådana antropogena biotopstrukturer utnyttjas av arter. Exempelvis är spår och nerfarter vanligen alltför störda för att utveckla naturlig vegetation, men det har inte studerats i vad mån sådana öppningar gynnar exempelvis vissa exponeringskrävande artgrupper knutna till ved, eller kan fungera som ersättningsmiljöer för exempelvis fåglar som behöver öppna ytor i fjällbjörkskogen.

*Figur nästa sida: Processer strukturer och artgrupper i fjällbjörkskog*



**Att göra:** Gå igenom svenska naturtyper, exempelvis enligt klassificeringen i Natura 2000, på liknande sätt som beskrivits ovan för tre fjällbiotoper. Identifiera de avgörande processerna och förhållandena och bedöm deras relation till klimat och klimatförändringar, exempelvis genom att formulera frågor till klimatforskare. Bedöm även biotopers eventuella beroende av varandra samt identifiera behov av ny kunskap, kvalitativ och kvantitativ. Analysen görs lämpligen genom att kombinera biotopkunskap med kunskap om biototypiska arters krav.

### *Kunskap om utbredningsgränser*

Flera studier har påvisat en förväntad spridning av arter norrut och uppåt i altitud. Utbredningsgränser för arter i nord-sydlig, oceanisk-kontinental, kustnära-alpin etc riktning ger allmänt en möjlighet till deskriptiva studier som kan användas till att förutsäga förändringar. En svårighet med sådana analyser är att jämföra kolonisationsmöjligheter i dagens landskap med kolonisationsmöjligheterna då dagens utbredningsgränser en gång etablerades. (Linkowski & Lennartsson 2002, Edenhamn m.fl. 1999). Sannolikt måste också spridningsvägar (funktionella och strukturella) jämföras på samma sätt. Man kan lätt överskatta arters spridningsförmåga om man baserar bedömningen på deras idag fragmenterade utbredning.

#### **Exempel**

Exempel: Det är möjligt att många av jordbrukslandskapets arter spritt sig till sina nuvarande områden med människans hjälp i det traditionella jordbrukslandskapet. Isåfall har de inte heller idag möjlighet att själva sprida sig i nödvändig omfattning.

Omvänt torde många skogsarter haft helt andra spridningsmöjligheter innan produktionsskogsbruket omvandlade skogslandskapet. Många arter som idag skulle behöva kapacitet till långdistansspridning mellan naturskogsfragment kunde i det naturliga skogslandskapet sprida sig meter för meter under långa stabila perioder.



*Vilka möjligheter har arter att sprida sig i fragmenterade landskap; vilka möjligheter hade de förr?*

Även om utbredningsbegränsningar kan studeras deskriptivt finns få studier som påvisar orsaker (Hoffmann & Blows 1994). Vi vet exempelvis mycket lite om vad som begränsar sydliga arter norrut: är det sommartemperatur, växtsäsongens längd, vintertemperatur/övervintringsförhållanden, temperatursummor, extremiteter etc.?

**Att göra:** Sammanställ kunskap om ekologiska effekter av medelvärden resp. extremvärden. Koppla sammanställningen till utveckling av biotopmodeller som föreslagits ovan.

Ännu mindre vet vi om vad som begränsar nordliga arters utbredning söderut: Ökad konkurrens brukar framhållas, men vi vet egentligen inte hur sådana begränsningar ser ut. Sannolikt skulle en analys av biotopstrukturer och biotopprocesser, som föreslagits ovan, kunna påvisa mekanismer för några utbredningsbegränsningar, relaterade till brist på livsmiljöer.

**Att göra:** Starta ett försök med reciprok transplantation av ett antal växter och eventuellt insekter längs gradienter för vilka vi kan förvänta oss förskjutningar (t.ex. sydliga populationer flyttas till nordgränsen, nordliga till utbredningscentrum). Följ dessa med populationsmodeller kombinerat med biotopmodeller för att hitta begränsningsmekanismer.

### *Ekologisk kunskap i större skala*

Flera studier där arters förmåga att överleva med de förväntade klimatförändringarna har som tidigare påpekats modellerats globalt och regionalt (t ex Thomas m fl. 2004; Leemans & Eickhout 2004; Thuiller m fl. 2005; Schröter m fl. 2004). Generellt brottas emellertid storskalig modellering av ekosystem med samma problem som storskalig modellering av klimat, bl.a. att val av modell och scenario betyder mycket för resultatet, och att det är svårt att förutsäga förändringar och mekanismer i den skala som naturvärden kan arbeta med (enskilda biotoper, markägare, populationer etc.).

### *Experimentbaserad kunskap*

I princip är det möjligt att experimentellt i liten skala efterlikna vissa aspekter på förväntade klimatförändringar. Det har gjorts bl.a. i alpin/arkiskt miljö i Abisko och Alaska (van Wijk m fl. 2003) och påvisat stora effekter av högre temperatur. I Abisko har experimenten baserats på tält för att öka temperaturen och pågått sedan 1990 (se [www.ans.kiruna.se](http://www.ans.kiruna.se)). Både effekter på enstaka arter och på vegetationen i stort har analyserats.

Svårigheter med experiment av detta slag är att verkligen efterlikna de förändringar vi förväntar oss, d.v.s. rätt kombinationer av temperatur, nederbörd, solinstrålning etc., och utan att skapa andra oönskade mikroklimatförändringar. Det finns också en risk att experimentförhållandena påverkar frekvensen av extremer, vilka kan ha stor betydelse för biologisk mångfald.

### *Långa tidsserier*

Utan tvekan finns flera äldre studier, antingen avslutade eller igång (i det senare fallet som långliggande försök) som skulle kunna användas för att se förändringar hittills och framöver. Avslutade serier kunde återupptas. Det är givetvis inte alltid lätt att frikoppla klimateffekter från exempelvis ändrad markanvändning, men studiernas potential bör utvärderas.

**Att göra:** Sammanställ potentiella data av den typ som diskuteras ovan och utvärdera deras möjligheter i ett klimatsammanhang.

## Effekter av klimatförändringar på enskilda arter



Gustafsson (2006) presenterar en genomgång av olika artgruppers tänkbara respons på klimatförändringar. Genomgången belyser viktiga faktorer för olika grupper och ger artexempel. Som tidigare diskuterats kommer dock klimateffekter på enskilda arter, liksom på ekosystem, i hög grad att bero på förändrad markanvändning, vilket gör det svårt att bedöma effekter på arter och artgrupper baserat på deras ekologi. De flesta arter kommer att påverkas genom påverkan på naturtyper och effektbedömningar görs troligen lättast genom

utvärdering av naturtyperna. Det finns dock ett antal kategorier av arter som förtjänar diskuteras separat.

### *Hur svarar arter på klimatförändringar?*

UNEP (2006) definierar tre sätt på vilket arter kan svara på klimatförändringar:

- De kan byta utbredningsområde.
- De kan stanna och anpassa sig, genom evolutionär eller beteendemässig respons.
- De kan bli utrotade.

Till dessa punkter måste rimligen läggas en fjärde, nämligen att arten redan är så tolerant mot skilda miljöförhållanden (för växter exempelvis genom hög plasticitet) att den överlever utan vidare.

### *Problem med konkurrensstarka arter*

En ofta anförd effekt av klimatförändringar är att främmande konkurrensstarka eller på annat sätt skadliga arter kan komma att hota inhemsk biologisk mångfald. I själva verket kan dessa arter delas upp i fyra kategorier:

1. Invasiva arter, d.v.s. främmande arter som hotar biologisk mångfald om de introduceras utanför sitt nuvarande eller historiska utbredningsområde (definition enl. CBD).
  - a. För Sverige nya arter
  - b. För regionen nya arter, som tidigare funnits på annat håll i Sverige.
2. Spontant invandrande främmande arter som hotar biologisk mångfald där de nyetablerar sig.
  - a. För Sverige nya arter
  - b. För regionen nya arter, som tidigare funnits på annat håll i Sverige.
3. För regionen naturliga arter som inte tidigare skapat problem, men som blir konkurrensstarka eller på annat sätt problematiska vid ett ändrat klimat.
4. Redan introducerade och etablerade arter som hittills inte spridit sig nämnvärt utöver den aktiva planteringen, men som blir konkurrens- och spridningsstarka vid ett ändrat klimat

I ett klimatsammanhang kan problem med kategori 1a uppstå genom att avsiktligt eller oavsiktligt införda arter allt oftare klarar att etablera sig på våra breddgrader, för att slutligen ha etablerat starka populationer som hotar inhemsk flora och fauna, exempelvis genom konkurrens eller genetisk förorening (CBM 2004). Exempel är akvatiska arter (exempelvis införda med ballastvatten) som kan komma att etablera sig om vattnet blir varmare. Motsvarande gäller för regioner beträffande kategori 1b-arter.

Kategori 2-arter förutspås bli vanliga i takt med att växt- och djursamhällen förflyttar sig norrut (2a och b) och mot högre höjd (2b). Vad gäller 2a, d.v.s. för landet främmande arter, finns dock få konkreta uppgifter om vilka arter det kan röra sig om.

Kategori 3-arter är vanliga arter som idag hålls tillbaka i många regioner av torka eller temperatur, men som vid ändrat klimat kan komma att ändra vegetationens sammansättning så att vissa arter slås ut. Exempel kan vara starkväxande gräs och halvgräs, och hit hör också skadeorganismer som granbarkborre och eventuellt även vissa av de svampar som f.n. dödar flera av ädellövträden i Sverige.

Kategori 4-arter blir ett problem när klimatet allt oftare liknar det i arternas ursprungsområden, exempelvis främmande trädslag i produktionsskog som contortatall och cembratall (Gustafsson 2006).

Arter inom kategorierna 2, 3 och 4 behandlas inom Nordiska Ministerrådets nätverk North European and Baltic network on invasive alien species (NOBANIS, [www.nobanis.org](http://www.nobanis.org)).

*Vad gäller önskade arter generellt* är det angeläget att diskutera både motverkande åtgärder och anpassningsåtgärder. Till de förra hör att motverka införsel, motverka frisläppande/etablering, och i sista hand utrota etablerade arter, (T. Ebenhard, muntl.). Anpassningsåtgärder innebär åtgärder för att minimera negativa konsekvenser av arter vi inte kan undvika.

*Vad gäller önskade arter och klimatförändringar* är det viktigt att identifiera klimatförändringarnas del i problemet. Några särskilt viktiga aspekter är:

- Många invasiva arter har rätt nyligen fått fotfäste i landet eller regionen och deras spridning idag kan många gånger tänkas försiggå oberoende av klimatförändringarna. Svenska troliga exempel är jättebjörnlöka, jättebalsamin och hårkvastmossa. Dessutom är det viktigt att komma ihåg att även inhemska arter helt naturligt kan vara stadda i spridning, helt enkelt för att deras hela kolonisationspotential ännu inte realiserats på grund av att spridning är en långsam process. Dagens utbredningsgränser skulle m.a.o. inte ligga fast även om klimatet var oförändrat.
- Många invasiva arter är aktivt införda och ofta aktivt nyttjade av exempelvis skogs- och jordbruket. I sådana fall är det således markanvändningen som främst orsakar problemet, även om anpassningsåtgärder till ändrat klimat kan förstärka det (exempelvis plantering av sitka-gran, se skogsmark nedan). Exempel på arter som orsakar omfattande ekosystemförändringar är contortatall, blågranar, sykomorlönn och jättegröe.
- Många nya arter kan givetvis tänkas etablera sig i Sverige utan att det uppenbart hotar biologisk mångfald. Troliga exempel på det i Sverige är etableringen av nya fjärilsarter, exempelvis sälgskimmerfjäril och kartfjäril (J-O Björklund, muntl.).

**Att göra:** Sammanställ, bl.a. med hjälp av NOBANIS, potentiella problematiska arter enligt kategorierna ovan, bedöm deras relation till klimatförändringarna samt föreslå motverkande åtgärder eller anpassningsåtgärder. Sammanställningen bör inkludera att utvärdera olika arters påverkan på sin miljö i andra klimatregioner, detta för att exempelvis

bedöma eventuellt ändrad potens hos skadeorganismer och konkurrensstarka vegetationsbildare, samt lista potentiella invasionsarter från andra klimatzoner.

### *Vilka arter flyttar norrut/uppåt och vad blir resultatet?*

Vid ett varmare klimat kommer många arter att kunna leva längre norrut/högre än idag vilket gäller både för konkurrensstarka och andra arter. De konkurrensstarka arterna kan hota biologisk mångfald dit de kommer och ersätta ett antal utkonkurrerade arter. Följden blir ett lägre artantal totalt sett. Arter som inte blir dominerande på detta sätt kan i stället tänkas fylla på artpoolen dit de kommer, med ökat artantal som följd. Det är i princip denna mekanism som gör att naturtypernas artantal vanligen ökar söderut i landet och Europa.

Vilka arter som flyttar beror dels på spridningsförmågan, dels på förmågan att etablera sig på den nya platsen. Alla arter i exempelvis ett växtsamhälle har inte samma potential vilket gör att endast vissa arter i samhället flyttar. Vi kommer således inte att se en förskjutning av hela samhällen, utan i stället att nya artsammansättningar uppstår.

### *Migrerande arter*

Flyttande arter är i vissa avseenden särskilt känsliga för klimatförändringar genom att de är beroende av många olika områden och naturtyper (UNEP 2006). Svenska flyttfåglar kan alltså drabbas genom att viktiga miljöer längs flyttvägar och på övervintringsområden förändras, även om själva häckningsområdena i Sverige är oförändrade. Flyttande arter som ändrar flyttidpunkt kan också påverkas negativt genom att de kommer i otakt med exempelvis sin födoresurs. Å andra sidan är flyttförmåga i sig en egenskap som buffrar för klimatförändringar genom att migrerande arter har potential att hitta nya områden.

UNEP (2006) framhåller att migrerande arter finns inom många fler artgrupper än som vanligen uppmärksammas, men att kunskapen om många grupper är bristfällig. Exempel på ofta glömda grupper är fladdermöss, landdäggdjur och marina ryggradslösa djur, fiskar och däggdjur inklusive arter som sälar och isbjörn.

### *Nyckelarter*



Nyckelarter betecknar arter som på något sätt är av stor betydelse för andra arter, exempelvis genom att utgöra födoresurs (smågnagare, olika slags myggor), skapa särskilda livsmiljöer (vednedbrytande svampar, torvbildande mossor och våtmarksväxter), tillgängliggöra föda (stora rovdjur, barkborrar och andra insekter som dödar träd), eller skapa särskilda biotopstrukturer (hålbyggande hackspettar). Många arter utgör i sig livsmiljö för många andra, antingen på individnivå (gamla hagmarksekar) eller samhällsnivå, (vass, tång, skogstypsbyggande träd), och även sådana arter brukar ibland räknas till nyckelarterna.

*Tallticka, en nyckelart i boreal skog eftersom den rötar tall och på det sättet gör tallen tillgänglig som boträäd åt hackspettar*



Med tanke på nyckelarternas stora betydelse finns anledning att särskilt uppmärksamma dem, både i klimat- och markanvändningssammanhang. Det finns indikationer på att nyckelarter kan komma att drabbas av klimatförändringar, exempelvis har minskning av smågnagarstammar i Västerbottens skogsland kopplats till frånvaro av skyddande snötäcke (Ecke & Hörnfeldt 2005).

**Att göra:** Utred särskilt tänkbara effekter på nyckelarter, med avseende på befintlig kunskap och kunskapsluckor. Initiera forskningsprojekt där kunskapsluckor redan är kända, särskilt i fall där miljöövervakningsdata och andra fältdata redan finns.

### *Starkt klimatberoende arter*

De flesta arter kommer förmodligen att påverkas av klimatförändringar huvudsakligen genom att arternas livsmiljöer och naturtyper förändras. Sådana effekter behandlas under följande rubrik och effekterna på arter bedöms lämpligen genom att bedöma hur naturtyperna förändras. Vissa arter är dock direkt beroende av vissa klimatrelaterade förhållande och livsmiljöer och torde därför kunna bedömas separat. Exempel är skogsharen som är beroende av ett visst snödjup för att nå knoppar och kvistar under vintern, sälar och andra arter som är beroende av is, smågnagare, beroende av ett skyddande snötäcke vintertid, och utpräglade vindblottearter i fjällen, beroende av hårda vinterförhållanden.

**Att göra:** Utpeka, på basis av expertkunskap om arter (exempelvis genom ArtDatabankens expertkommittéer), starkt klimatberoende arter av det slag som diskuterats ovan, ange hur de kan antas påverkas av klimatförändringar samt föreslå åtgärder.

### *Arter med "stationära krav"*

Om klimatzonerna gradvis förskjuts har många arter i princip möjlighet att följa med, givet att de klarar att sprida och etablera sig. Det finns dock ett stort antal arter som utöver vissa klimatförhållanden kräver livsmiljöer som inte förskjuts i takt med klimatförändringarna (Gustafsson 2006). Till de mest utpräglade stationära livsmiljöerna hör geologiska (exempelvis kalkkrävande eller sandkrävande arter) och topografiska krav (exempelvis arter i branter). Arter i sådana miljöer måste kunna långdistanssprida sig till närmaste lämpliga lokal.

**Att göra:** Utpeka, på basis av expertkunskap om arter (exempelvis genom ArtDatabankens expertkommittéer), arter med stationära krav av det slag som diskuterats ovan, ange hur de kan antas påverkas av klimatförändringar samt föreslå åtgärder.

### *Värmekrävande arter*

Många arter är växelvarma och blir därför starkt beroende av temperaturen. Eftersom deras ämnesomsättning är proportionell mot temperaturen gäller temperaturberoendet särskilt starkt för ettåriga arter, som insekter, som måste hinna fullborda sin reproduktion under exempelvis en sommar. För exempelvis de flesta fjärilar är troligen sommartemperaturen en större begränsningsfaktor än vintertemperaturen, d.v.s. fler arter klarar att övervintra i kalla klimat än som klarar att fullborda sin sommar-livscykel (J-O. Björklund, muntl.). Även om man således kunde anta att många insekter och andra artgrupper som idag begränsas av sommartemperaturen skulle gynnas av förväntade klimatförändringar, är bilden inte entydig. Det kan nämligen tänkas att lufttemperaturen har mindre betydelse jämfört med de riktigt höga temperaturer som skapas av solexponering i skyddade lägen. I ett varmare men

molnigare klimat minskar sådana solbetingade varma miljöer och klimatförändringar av det slaget kan alltså komma att missgynna snarare än gynna ett antal särskilt värmekrävande arter.



*Solexponerad tall med reliktböck (skalbaggen t.v.) och åttafleckig praktbagge (t.h.).*

### *Nya hot, nya ansvar*

Befintliga rödlistor inkluderar endast till mindre del hot orsakade av klimatförändringar och i princip inte alls förväntade hot (rödlistan är huvudsakligen retrospektiv, d.v.s. baseras på förändringar vi redan kunnat registrera). Även om man skulle kunna utforma modifierade hotlistor som inkluderar prospektiva bedömningar av förväntade klimatförändringar, skulle bedömningarna sannolikt vara osäkra så länge de inte inkluderar även markanvändningsförändringar (klimatbetingade och andra). Detta eftersom markanvändning och annat nyttjande av naturen i de flesta ekosystem utgör den största delen av hotbilden. Den svenska rödlistan, baserad på IUCNs kriterier, beaktar dessutom endast i mindre grad att arter försvinner från delar av landet, så länge de är livskraftiga i någon region. Det innebär att kriterierna kan visa sig vara ett trubbigt instrument för att fånga in arter som hotas av klimatförändringar (eller andra faktorer) i delar av Sverige.

Många arter kan komma att försvinna från länder och regioner där de idag är vanliga. Det medför ökat ansvar för de områden där arterna fortsättningsvis kommer att finnas, exempelvis Sverige som helhet eller vissa regioner.

#### **Att göra:** Sätt samman listor över

- Hotade arter regionalt i Sverige, i syfte att stödja 16:e miljömålet (arter skall förekomma livskraftigt i sina naturliga utbredningsområden i Sverige) och att täcka in arter som hotas av ändrade utbredningsområden till följd av klimatförändringar.
- Ansvarsarter för Sverige (arter som är eller kan förväntas bli starkt hotade i andra länder) och för regioner (arter som är eller kan förväntas bli hotade i andra regioner).

## Effekter av klimatförändringar på ekosystem och naturtyper



### *Alpina biotoper och subalpin björkskog*

I fjällen är klimaterelaterade processer mer tydliga än i något annat ekosystem och därför har fjällen diskuterats särskilt mycket i samband med klimatförändringar. Bl.a. har man för fjällen med hjälp av pollen- och makrofossilanalys undersökt vegetation under tidigare varma perioder (postglacial värmetid), och den kunskapen skulle i viss mån kunna användas för att förutsäga effekter av kommande uppvärmning.

### **Hot mot biologisk mångfald i alpina och subalpina miljöer idag**

I fjällen har trädgränsen höjts 100-150m de senaste 100 åren (Kullman 2003) , vilket medfört även en höjning av skogsgränsen. Det pågår således en igenväxning i den biologiskt rika skogsgränsen vilket är ett hot mot många artgrupper (Linkowski & Lennartsson 2006b, Linkowski m fl.. 2006). Till igenväxningen bidrar emellertid också fördröjda effekter av upphörd hävd, vilka är särskilt märkbara i fjällbjörkskog och i myrar i fjällbjörkskogen (Linkowski & Lennartsson 2006b).

Under de senaste decennierna har det blivit en spridd uppfattning att överbete av ren är ett hot mot fjällen och dess biologiska mångfald. Det finns dock inga belegg för överbete, ekologiskt sett, i fjällen eller för att för hårt bete skulle hota biologisk mångfald. Forskare i FjällMISTRA har avfärdat problembeskrivningen som en myt (Fjällfokus 2003). Bilden lever dock ännu kvar i många nationella sammanhang (Björklund m.fl. in press). Tvärtom är det lika troligt att ett för svagt renbete hotar biologisk mångfald i många områden och fjällbiotoper, och att det problemet kan komma att öka med ett varmare klimat (Linkowski & Lennartsson 2006a).

Det är viktigt att notera att fjällområdet har blivit den sista tillflyktsorten för en rad arter som tidigare var vanliga i jordbrukslandskapet långt söderut. Exempel är stenskvätta, kattfot och norrlandslav.

### **Allmänt om klimateffekter på biologisk mångfald i alpina och subarktiska områden**

Det största hotet mot biologisk mångfald i de svenska fjällområden är inte en lokal minskning av antal arter, utan förlusten av arktiska och alpina arter i ett regionalt och globalt perspektiv då flera är unika och kommer att förlora en betydande del av deras habitat på grund av de förväntade klimatförändringarna. Mest hotade är arter på mellan- och högalpina zoner samt de som behöver ett visst rumsligt utrymme (Nordic Council of Ministers. 2005). Som tidigare nämnts förväntas medeltemperaturen stiga mer på de nordliga latituderna, och dessutom kommer de att stiga förhållandevis ännu mer i nordliga bergsområden än i bergsområden i

tempererade och tropiska områden (Nogues-Bravo m fl. 2007). Uppvärmningshastigheten i bergsområden förväntas bli två till tre gånger än den som uppmätts under 1900-talet. Detta kommer mycket sannolikt ha effekter på biologisk mångfald, vattenresurser (förändringar i glaciärer och snötäcken), och naturkatastrofer (t ex översvämningar och massrörelser). Permafrostområden i norra Europa förväntas också försvinna gradvis med stigande temperaturer (Haeberli & Burn 2002). Förändringar i snötäckningsmönster till följd av förändringar i nederbörd vintertid kan dock komma att minska takten på förändringarna (Harris m fl. 2003; Stieglitz m fl. 2003).



*Efter fåbodbrukets upphörande i fjällbjörkskog hotas biologisk mångfald på många håll av igenväxning*

Flera artiska och alpina växter har egenskaper som gör att de kan överleva korta snöfria växtsäsonger, lite ljus, permafrost och låga marktemperaturer, låg näringstillgång och fysiska störningar. Dessa växter kan antas ha en låg konkurrensförmåga mot immigrerande arter då klimatet ändras. Terrestra djur i Arktis är också särskilt anpassade till stora temperaturskillnader men då de hittills har varit relativt besparade från konkurrenter, sjukdomar, parasiter och fiender kommer de troligen att vara sårbara om somrarna blir varmare och torrare samtidigt som migrationsvägar, snö- och töförhållanden ändras, och nya konkurrenter och predatorer, parasiter och sjukdomar kommer till området. Arktiska växt- och djurarter kommer sannolikt att ändra sin utbredning snarare än att snabbt anpassa sig till ett förändrat klimat (Callaghan m fl. 2004).

### **Förändring av skogsgräns och vegetation**

Skogsgränsen i fjällen och förhållandet mellan kalfjäll och den boreala zonen kommer troligen att förändras på grund av framtida förändringar i klimat och markanvändning. Moen m fl. (2004) har beräknat att skogsgränsen till följd av förändringar i temperatur kommer att förskjutas uppåt med 233-667 meter beroende på vilket klimatscenario som används och det geografiska läget i fjällkedjan. Fjärranalysstudier av Arktis visar på att den pågående uppvärmningen redan har lett till förändringar i trädgränsen och en minskning av tundra (Wang & Overland 2004). Skogsgränsen bestäms dock även till stor del av markanvändning och betetryck. En studie gjord i norra Sverige visar att där en hög population av renar finns återfinns också mycket färre träd, varför trädgränsen inte enbart kan beräknas utifrån klimatologiska parametrar (Cairns & Moen 2004).



*Naturtyper i skogsgränsen hör till de artrikaste miljöerna i fjällen*

### **Klimat, markanvändning och biologisk mångfald**

Avgörande för bedömning av klimateffekter på biologisk mångfald i arktiska och alpina ekosystem är rent allmänt att förstå vilka processer och förhållanden som skapar biotoper och förutsättningar för arter, och vilka av dessa processer och förhållanden som är klimatrelaterade respektive relaterade till exempelvis markanvändning (Linkowski & Lennartsson 2006a, b, Linkowski m.fl 2006).

Markanvändning och sektorer i fjällen som direkt påverkas av dessa förändringar är bl a rennäringen och turismen. Eftersom vinterturismen i Europas alper kan komma att minska till följd av klimatförändringarna (t ex. Elsasser & Burki 2002) kan en ökad efterfrågan på skidorter i Sverige och Skandinavien bli verklighet. Detta i sin tur kommer att öka och

förändra användningen av naturresurser (bl. a. vatten för produktion av konstsnö) och den fysiska planeringen i fjällområden. Det finns anledning att närmare undersöka positiva och negativa effekter av olika slags turismrelaterad markanvändning i fjällen, för att skapa underlag för prediktion och planering inför en eventuellt intensifierad vinterturism. Till exempelvis biotopschemat för fjällbjörkskog kunde läggas olika slags modern mänsklig påverkan, vilken lokalt har påverkat fjällbjörkskogen.

Rennäringen och tillgång till föda för renar påverkas direkt av förändringar i snö- och isförhållanden. Studier har även visat att varmare och blötare vintrar och hög variabilitet i vinterklimatet ger färre kalvar och en lägre födslovikt. (Lee, m fl. 2000; Weladji & Holand 2003). Detta har betydelse för bedömningen av hur ekosystem i fjällområden kommer att påverkas av klimatförändringar. Snöförhållanden, vårtemperaturer och topografi visade sig vara de viktigaste faktorerna för vegetationen (Pettorelli m fl. 2005) som också påverkar rennäringens (och andra gräsätarens) möjligheter att expandera, reduceras eller stanna kvar på dagens nivå av betestryck.

### **Tjäle och permafrost**

Tjäle är en viktig process i fjällen genom att den skapar rörelser i markskiktet, vilket i sin tur skapar flytjords- och andra sluttningsprocesser samt uppfrysningpolygoner och andra strukturmarker. Denna dynamik i markskiktet är viktig för att skapa fjällens vegetationstyper och har även utpekats som en viktig evolutionär process för Skandinavien flora efter istiden (Jonsell 1990).

En extrem aspekt på tjäle är permafrost. Permafrostområden beräknas minska drastiskt till följd av den globala uppvärmningen. Detta kan också påverka och bidra till en nordlig expansion av busk- och skogsmark (Lawrence & Slater 2005). I norra Sverige är det främst fysiska parametrar som styr permafrostutbredningen och även om mänskliga aktiviteter har pågått i dessa områden under lång tid är de försumbara på avrinningsområdesnivå. Klimatförändringar i dessa områden med ökad nederbörd i form av snö kommer troligen att leda till att permafrosten försvinner inom några årtionden, åtminstone i lägre liggande områden. (Johansson m fl 2006). I Sverige förekommer palsar (permafroststrukturer i torvmark) i den sydliga gränzonen för permafrost och dessa ingår som ett prioriterat skyddat habitat i EU:s *Habitat Directive*. Palsar och den associerade myrmarken är områden som karakteriseras av en hög diversitet av fåglar och även unika geomorfologiska processer. Dessa områden är klimatberoende och påverkas nu negativt av den regionala uppvärmningen. Modellering av dessa områdens utbredning för flera olika klimatscenarier visar att en liten förändring (1°C och 10% nederbörd) får stora effekter på utbredningen av palsar. Alla övriga testade scenarier predikterar en total förlust av områden som är lämpliga för palsmyrmarker till slutet av 2000-talet. Detta skulle bl. a. få konsekvenser för bl.a. migrerande fåglar (Fronzek m fl. 2006).

### **Snötäckning och vinterförhållanden på fjällhed**

Av biotopschemana ovan framgår att minskat snötäcke (genom snöfattigare eller blåsigare klimat) skulle leda till att vegetationen blir mer utsatt vintertid, under förutsättning att vintertemperatur, snö- och isdrev är tillräckliga för att skada icke snöskyddad vegetation. Detta skulle i sin tur leda till ökad utbredning av vindblottor, d.v.s mer utpräglat kalfjäll. Om, å andra sidan, vinterförhållandena blir alltför milda, innebär minskat snötäcke bara en längre vegetationsperiod, vilket skulle ge ökad tillväxt av ris, buskar och annan snöhållande vegetation, på vindblottornas bekostnad. För att förutsäga hur det blir behöver vi således från

klimateforskarna information om vintertemperaturer och från ekologerna information om vilka vinterförhållanden, exempelvis extremer, som behövs för att skada uppstickande vegetation vintertid.



*Mosaik av vindblottor, läsidor och snölegor.*

Av detta resonemang framgår att medelvärden i snödjup, temperatur etc. knappast är tillräckliga. För temperatur behöver vi veta extremer, för snötäckning värden för själva kalfjället, inte bara medel för olika fjällregioner (O. Inghe, muntl.).

Snömängd i kombination med avblåsning är också avgörande för biologisk mångfald knuten till snölegor, både små snölegor i vindblotte-läside-snölegemosaiken och stora hängdrivor nedanför fjällhedarna. De senare är i sin tur motorn i en rad alpina biotoper, exempelvis sippervattenkärr (se biotopschema), alpina vattendrag och biotoper präglade av flyjordsrörelser. Generellt innebär förekomsten av stora snölegor att vatten från vinternederbörden blir tillgängligt inte bara under vårsnösmältningen, utan även långt in på sommaren, d.v.s. under vegetationsperioden. Minskade snölegor, exempelvis genom att mer vinternederbörd kommer som regn eller att snön inte blåser av från fjällheden (t.ex. genom mer vegetation), skulle innebära torrare förhållanden i många sluttningar.

### **Klimatets respektive markanvändningens betydelse för alpina skogsgränser**

Under senare år har man inom centraleuropeisk naturvård alltmer diskuterat vad som egentligen skapar skogsgränser i bergstrakter. Traditionellt har trädfria vegetationstäckta bergsområden ansetts naturliga, men ökad uppmärksamhet mot markanvändningshistoria har väckt frågan om hur många av Europas vegetationstäckta kalfjäll som egentligen skulle bestå utan fortsatt nyttjande. I exempelvis Karpaterna verkar bergtall kunna kolonisera så gott som all mark med tillräckligt tjock jord. I Skandinaviska fjäll är skogsgränsen otvivelaktigt starkt påverkad av klimatet, men frågan är om inte markanvändningens (rennäringens) betydelse även här har underskattats (Linkowski & Lennartsson 2006, 2006a).

### **Snötäckning och renbete**

Kortare vinter ger längre betessäsong för renarna, vilket i viss mån skulle kunna kompensera för ökad tillväxt. Vi skulle även behöva bättre kunskap om vilken betydelse renbetet (i samspel med gnagarbete) har för vindblotte-läside-snölegemosaiken i relation till betydelsen av vinterförhållanden (föregående punkt). Betet kan antas påverka den dels genom tramp och bete sommartid, dels genom att minska täckningen av snöhållande vegetation.



*I brist på renbete (till vänster om stängslet) tar busksnår över vegetationen i artrik alpin kalkgreäsmark. Mittåklappen, Härjedalen.*

### **Snötäckning och gnagarbete**

Frekvensen av milda dagar vintertid avgör hur snön fryser fast på marken, i sin tur avgörande för gnagarbete (och gnagarcykler?) vintertid, vilket starkt påverkar fördelningen mellan olika ris och örter, samt risens utbredning totalt sett. Risens utbredning påverkar i sin tur hur mycket snö som "fastnar" på fjällheden. Vi vet inte vilken frekvens av milda dagar som ger effekt på gnagarpopulationer och gnagarbete.

### **Renbete som naturvårdsåtgärd?**

Vi kommer inte att kunna påverka klimatet i fjällen, men rennäringen kan däremot i viss mån påverka vilka effekterna på fjällens biotoper blir. Det är angeläget att utvärdera markanvändningens respektive klimatrelaterade processers påverkan på biologisk mångfald, för att hitta eventuella möjligheter att kompensera oönskade climateffekter med ändrad markanvändning.

### **Klättrar alla vegetationsbälten uppåt?**

Det kan antas att vegetationsbältena förskjuts uppåt (mot en högre altitud) i alpin och subalpin miljö vid förväntade klimatförändringar. Vi vet dock inte ifall denna förskjutning inträffar på alla nivåer (vilket skulle slå ut högalpin biologisk mångfald som inte kan klättra uppåt), eller om förhållande i exempelvis högalpint bälte även framgent blir tillräckligt "högalpina" (vilket skulle slå ut biologisk mångfald i lägre bälten genom att den trängs både nerifrån och uppifrån). Här behövs kunskap om eventuella kritiska gränsvärden i exempelvis snötäckning och vintertemperatur, samt om hur vegetationsbälten fördelar sig i fjällen. För den senare kunskapen torde det vara möjligt att studera befintliga gradienter i fjällen, både nord-sydliga och öst-västliga.



### **Vandrar alla vegetationszoner norrut?**

I många avseenden förändras biologisk mångfald på samma sätt längs en nord-syd-gradient som längs en höjdgradient. De frågor som ovan ställts om klättring uppåt måste på motsvarande sätt diskuteras för vandringen norrut. I vilka avseenden kan vi, exempelvis, förvänta oss avbrott i migrationspotentialen, och i vilka avseenden kan vi förvänta oss att vår biologiska mångfald kommer att klara sig i arktiska områden i Norge? Ett exempel på avbrott är norra Sveriges palsmyrar (se ovan) vilka saknar potential längre norrut genom avsaknad av myrmarker. Generellt utgör Skandinaviska halvön tillsammans med Kolahalvön en återvändsgränd för åtskilliga arktiska och subarktiska naturtyper (O. Inghe, muntl.).

### **Humiditet och öst-västgradienten**

Fjällens vegetation påverkas i hög grad av fuktigheten under vegetationsperioden, vilken idag varierar från väster (hög humiditet) till öster (låg) i fjällkedjan. Med fuktigare somrar kan renlavlar antas bli mer konkurrenskraftiga och få potential att dominera vegetationen vid svagt renbete. Samma sak gäller med varmare vårar och höstar eftersom lavarna har potential att tillväxa vid lägre temperatur än kärlväxter.

### **Biologisk mångfald och glaciärer**

Glaciärer är resultat av hög vinternederbörd i kombination med låg sommaravsmältning. Kraftigt ökade snömängder kan alltså i princip leda till att glaciärer växer även i ett mildare klimat. Sveriges få glaciärer minskar dock f.n. och den vanligaste åsikten är att de kommer att försvinna. Det borde vara möjligt att med befintlig kunskap utvärdera vilka effekter det skulle få på biologisk mångfald knuten till exempelvis jökellävar, sippervatten och glaciärernas närområde.

### **Alpina och subalpina myrar**

Torvbildning i södra Sverige är till stor del betingad av syrefattiga förhållanden genom stillastående vatten. I kalla områden bildas torv också genom att låg temperatur minskar nedbrytningen av växtmaterial. Alpina myrar bildas och vidmakthålls därför av en balans mellan produktion (ökar med högre temperatur och till en viss gräns större vattentillgång) och nedbrytning (ökar med högre temperatur). Vattentillgången är i sin tur en kombination av tillflöde och avdunstning, där det senare ökar med högre temperatur. Många alpina och subalpina myrmarker anses ha börjat bildas i samband med ett kallare och därför mer fuktigt klimat omkring 500 B.C (Elven 1990).

Hur balansen kommer att ändras i de svenska fjällen vet vi inte, men eftersom särskilt kalkrika myrmarker hör till fjällens artrikaste biotoper finns anledning att särskilt belysa problemet, exempelvis genom modellering baserat på fältdata och övervakning. Ändrad torvbildning i ett varmare klimat kan antas ha relativt stor betydelse för fjällens biologiska mångfald totalt sett.

Även upphörd traditionell hävd av gamla slåttermysrar bidrar starkt till pågående förändringar i dessa biotoper.

## Skoglandskapet

### Hot mot skogens biologiska mångfald idag

Totalt sett minskar biologisk mångfald i Sveriges skogsekosystem, genom att arealen naturskog (i vid mening) fortfarande minskar genom avverkning, och genom att få skogsarter kan ha livskraftiga populationer i den produktionsskog som skapas. Idag finns så lite naturskog kvar att biologisk mångfald sannolikt påverkas negativt av fragmentering, d.v.s. av att en stor del av resterande naturskogsfragment är små och isolerade från varandra. Fragmenteringen gör även att naturliga processer, t.ex. brand, saknas och även att de blir svåra att införa genom skötsel. I många skyddade skogsbiotoper hotas biologisk mångfald av bristen på störningsregimer, exempelvis brand i boreal skog och skogsbete i byarnas närhet.



Naturskog

### Effekter av klimat på skogsbruk

I Sverige är skogsbruk pågående markanvändning på mer än 90% av arealen av de produktiva skogsbiotoperna. Dagens produktionssystem, med slutavverkning (föryngringsavverkning), beståndsanläggning och beståndsvård för volym- och kvalitetsproduktion har så genomgripande effekt på skogsbiotopernas biologiska mångfald att man vanligtvis skiljer mellan produktionsskog och skog där naturliga processer ännu är påtagliga (naturskog, kontinuitetsskog, skog med höga naturvärden, nyckelbiotop och liknande begrepp). Vid bedömning av klimateffekter på biologisk mångfald är det därför nödvändigt att skilja mellan produktionsskog (där effekterna till största delen kommer att bero på markanvändningen) och icke-produktionsskog, exempelvis i skyddade områden.

Det är ett pågående arbete att skydda vissa kvarvarande naturskogsfragment från skogsbruk, i princip genom naturreservat (större områden) och biotopskydd (mindre). Sedan 90-talet tas hänsyn till biologisk mångfald vid avverkning, även om variationen är stor mellan olika delar

av Sverige och mellan avverkningsytor. Hänsynen utgörs av exempelvis sparade högstubbar, evighetsträd och hänsynsytor. För att bedöma hur klimatförändringar kan tänkas påverka mer krävande biologisk mångfald, t.ex. rödlistade arter, i skogen, måste vi först veta hur olika slags skydd och hänsyn idag påverkar biologisk mångfald. Naturreservat och nyckelbiotoper är definierade av att ha hög biologisk mångfald, och skydd av sådana områden har därför i de flesta fall stor positiv effekt. Eftersom skyddade områden i viss mån präglas av naturliga processer kan klimatförändringar tänkas få stor betydelse i vissa skogstyper. Vilka skogstyper det rör sig om torde gå att uppskatta genom att sammanfatta olika skogsbiotopers ekologi som föreslagits under 'klimatförändringar och nyttjande'.

Effekten av hänsyn vid avverkning är däremot förvånansvärt dåligt känd med tanke på hur stora resurser som satsas på hänsynen (K Perhans, muntl.). Studier pågår och medan många anser att hänsynen har stor betydelse indikerar vissa studier att hänsyn i produktionsskog knappast kan hysa livskraftiga populationer av mer krävande arter såvida inte landskapet innehåller relativt stor andel icke-produktionsskog i vilken arterna kan överleva under de långa ogynnsamma perioderna (exempelvis ungskogsfasen) i produktionsbestånden (O. Kindvall, muntl., Ranius & Kindvall 2006). Effekter av klimatförändringar på biologisk mångfald relaterad till hänsyn i produktionsskog kan därför antas vara mycket begränsade jämfört med landskapets innehåll och kontinuitet av livsmiljöer för skogsarter, i sin tur en effekt av hur skogsbruket bedrivs

En förväntad klimateffekt i skyddade områden hänger samman med att utbredningen av de flesta inhemska trädarter i Europa vid ett varmare klimat antas expandera norrut. I Sverige förutspås gran att naturligt dra sig tillbaks från kustområdena i sydöstra och centrala Sverige men kvarstå i de inre delarna av Skandinavien (Bradshaw m fl. 2000). Även skogsbränder och extrema väderhändelser, angrepp av skadedjur, svampar etc. kan förändra sammansättning och utbredning av skogsbiotoper och arter där dessa tillåts utvecklas fritt (t ex. Linder 2000).

I produktionsskog väljer vi själva trädslag. J. Bergh (under publicering inom ramen för utredningen) menar att granen även fortsättningsvis kommer att vara gångbar i södra Sveriges produktionsskog. Därtill diskuteras ökad användning av främmande trädslag, exempelvis sitka-gran, som anpassningsåtgärd till ökad risk för barkborreangrepp i ett varmare klimat (t.ex. Skogseko 1:2007).

### **Ändrad produktionspotential och ekonomiska förhållanden**

Både jord- och skogsbruk kommer att direkt påverkas av förändringar i medeltemperatur och variation i klimatet i norra och södra delarna av Europa. I Skandinavien och norra Europa förväntas klimatförändringarna få positiva effekter genom en längre växtsäsong/högre tillväxt, nya områden som lämpar sig för odling samt möjligheter för nya grödor/trädslag.

Å andra sidan kan många aspekter på klimatförändringarna, exempelvis ökad nederbörd, minskat snötäcke, frost och tjäle få negativa effekter på de nuvarande produktionsbestånden vilket kan leda till att de behöver avvecklas i förtid med minskat ekonomiskt utfall som följd (Maracchi m fl. 2005). Vindskador och ökad frekvens av extrema vindtillfällen (stormar och orkaner) diskuteras givetvis i relation till skog. Det finns dock ännu inget entydigt scenario för huruvida dessa kommer att öka i styrka och/eller antal i Sverige i framtiden.

Då jord- och skogsbruk i de södra delarna av Europa kan komma att påverkas negativt av exempelvis torrare förhållanden, kan ekonomiska konkurrensförhållanden, behov av mat-, energi- och fiberproduktion leda till en intensifiering och förändring av de arella näringarna i de norra regionerna (Olesen & Bindi 2002). Biologisk mångfald i Sveriges skogar kommer således att påverkas starkt av nationella och internationella förhållanden och policies.

### **Ändrad produktion skapar nya produktionsproblem**

Ett ändrat klimat kan antas leda till ökat behov av pesticider mot sjukdomar, parasiter och skadeorganismer till följd av längre växtsäsong, minskad begränsning av kalla vintrar, inflyttning av nya arter, plantering av nya trädslag o.s.v. Effekterna på biologisk mångfald och miljön av dessa förändringar bestäms till stor del av hur vi väljer att hantera detta ökande behov, samt vilka typer av produktion vi väljer.

På motsvarande sätt kan vi förvänta oss ökat behov av näringstillförsel inom skogsbruket, både genom ökad urlakning och genom nya produktionsformer, exempelvis produktion av biobränsle (t.ex. Skogsstyrelsen 2001).

Så länge skogspolitiken jämnställer produktions- och miljömål är säkerställande av biologisk mångfald en fråga för både skogsbruket och naturvården. Noss (2001) argumenterar att ett skogsbruk som idag tar tillräckliga hänsyn till biologisk mångfald har goda förutsättningar att klara biologisk mångfald även under ett snabbt förändrat klimat. Mer omsorg bör dock ägnas åt att säkerställa skydd för klimatrefuger och spridningskorridorer (Noss 2001).

### **Biobränsleproduktion**

Biobränsleproduktion i skogen diskuteras under rubriken klimatförändringar och nyttjande.

### **Hotas boreala arter av invasion söderifrån?**

Potentialen för sydliga skogsarter att förekomma längre norrut kan antas öka, men vi vet inte (1) om potentialen kommer förverkligas genom spontan spridning, eller (2) om sådan kolonisation innebär att nordliga skogsarter slås ut och därmed skulle behöva sprida sig ännu längre norrut eller till högre altitud. Där skogsbruk är den dominerande störningsfaktorn påverkas konkurrensförhållanden mellan arter fr.a. av markanvändningen, och eventuella ytterligare effekter av klimatförändringar kan antas få begränsad betydelse för skogsarter (se tidigare resonemang om val av referensnivå). I skyddade områden skulle invandring av sydliga arter dock kunna bli ett hot mot biologisk mångfald, exempelvis mot rödlistade arter.

### **Mer eller mindre död ved i skogen?**

Vissa klimatmodeller förutsäger ökad stormfrekvens, och även med konstanta vindförhållanden kan vi antagligen förvänta oss ökade stormskador på skog genom sämre rotfäste i mildare klimat. Detta skulle kunna leda till mer och jämnare flöde av död ved i skogen, med stora positiva effekter på biologisk mångfald. Även kraftigare och mer frekventa barkborreangrepp skulle kunna ge samma resultat. I produktionsskogen är det dock inte självklart att volymen död ved ökar eftersom det är troligt att ökade storm- och insektsskador skador leder till hårdare krav på bortforsling av veden. I Götaland har högsta tillåtna volym nydöd gran redan sänkts från fem till tre kubikmeter per hektar, och restriktionen kan komma att följas upp med krav på ”sök-och-plock-åtgärder”. Resultatet kan således bli minskad volym död ved, särskilt som alla grövre stormfällan vanligtvis tas ut när man väl söker igenom ett bestånd, inte bara volymen överstigande tre kubikmeter (andelen genomsökta bestånd är därför en viktig faktor, vilken i sin tur beror av gränsvärdet för högsta tillåtna volym). I skyddade områden är det mer troligt att vedvolymen ökar, men även i skyddade områden har bortforsling genomförts för att undvika smitta på intilliggande produktionsskog.



### **Kortare omloppstider?**

En effekt av ökad tillväxt i kombination med ökad risk för storm- och insektsskador vid ett varmare klimat är att omloppstiderna kan komma att sänkas. Detta skulle ytterligare missgynna biologisk mångfald i produktionsskog genom bl.a. klenare och yngre träd, ökad störningsfrekvens och minskad beståndskontinuitet.

### **Ökad användning av främmande trädslag?**

Ett alternativ till kortare omloppstider är att använda trädslag som är mer resistent mot storm och insektsangrepp och som bättre utnyttjar den ökade tillväxtpotentialen. Contortatall används redan i stor skala och för södra Sverige diskuteras bl.a. sitka-gran. Eftersom få av våra svenska skogsarter kan utnyttja de främmande trädslagen får plantering av sådana nästan alltid kraftigt negativa konsekvenser för biologisk mångfald.

### **Ökade behov av skogsgödsling.**

Ökad produktion i kombination med ökad urlakning och ökat uttag av grot, stubbar etc. för biobränsle kommer att öka kravet på skogsgödsling. Effekterna av skogsgödsling på skogens biologiska mångfald varierar beroende på gödseltyp och gödslingsmetod, men har nästan alltid negativa effekter. Fr.a. mykorrhizasvampar drabbas av de höjda näringsnivåerna efter gödsling, d.v.s. relativt oberoende av metod och substans.

### **Skogsbruk i nya områden?**

Trots att produktionsskogen redan omfattar mer än 90% av den produktiva skogsmarksarealen expanderar produktionsskogen fortfarande på naturskogens bekostnad. Vissa skogstyper är dock någorlunda fredade från skogsbruk, exempelvis impediment (alltför lågproduktiv skog) och fjällbjörkskog. I den senaste skogsutredningen (SOU 2005:39) diskuteras emellertid möjligheten att i ett annat klimat expandera skogsbruket även till sådana områden. Även om sådana biotoper bara delvis fungerar som förstärkningsområden för biologisk mångfald i mer produktiva skogstyper, skulle sådan expansion bli negativ för biologisk mångfald.

### **Mer skogsbränder?**

Ökad risk för skogsbränder nämns ofta som en förväntad klimateffekt i de delar av Sverige som antas bli torrare sommartid. Detta skulle isåfall ge positiva effekter på de artgrupper som idag är hotade av bristen på bränder och efterföljande succession i skogsbestånd (arter som klarar sig på brända hyggen har redan börjat visa positiva trender). Vi har emellertid dålig kunskap om framtida brandfrekvens, inte minst mot bakgrund av framtida val av skogsproduktion. Det bör också betonas att effekterna av brand på biologisk mångfald i hög grad beror på hur de brunna bestånden hanteras. Exempelvis har flertalet av dagens naturvårdsbränningar effekt enbart på arter knutna till själva brandfältet, eftersom brandområdena planteras och beståndsvårdas som vanliga ungskogar.

### **Ändrad nedbrytning av ved?**

Vedlevande organismer utgör en avsevärd andel av de minskande skogsarterna. Relativt små förändringar i mängden, flödet av och kvalitén hos den döda veden kan därför antas få stora effekter på skogens biologiska mångfald. Till de viktigaste förutsättningarna för denna grupp är vedens nedbrytningsförhållanden, exempelvis vilken svamp som står för nedbrytningen av cellulosa och lignin. Temperatur och humiditet kan antas påverka nedbrytningsförhållandena men det är dåligt utrett vilken effekt det kan antas få på vedorganismer, relativt andra faktorer.

### **Ändrad livsmiljö för epifyter och markkryptogamer?**

En annan artrik grupp med stor andel hotade arter är epifyter på gamla träd. Särskilt ädellövträd och asp är artrika, men även gran. Många av de mer krävande arterna är utpräglat konkurrenssvaga och utnyttjar t.ex. långsam tillväxt av trädkronan hos gamla träd, nybildningen av hård skorpbark på grovstammiga lövträd, samt näringsbrist och torkstress. Vid fuktigare klimat och mera nederbörd kan konkurrensförhållandena antas ändras. Liknande effekt kan förväntas i bottenskiktet, där snabbt växande väggmossa och husmossa under fuktiga milda höstar kan konkurrera ut både andra mossor, lavar och många kärlväxter.

### **I vilken mån är bristen på exponering en temperaturfråga?**

En lika stor brist i svensk skog som död ved är bristen på solexponering (t.ex. de Jong & Almstedt 2004). I produktionsskog eftersträvas täta bestånd, både för hög volymtillväxt och hög kvalitet. I täta bestånd blir livsmiljön både för kall och för mörk för många organismer. Frågan är i vad mån förhållandena i produktionsskog kan antas förbättras i ett varmare klimat, eller kanske försämrans genom ökad molnighet ([http://www.smhi.se/sgn0106/leveranser/Utreddningen\\_diff/index.htm](http://www.smhi.se/sgn0106/leveranser/Utreddningen_diff/index.htm)). En viss förtätning av skogen förutspås (Eriksson & Wallin 2005), men i produktionsskog bestäms beståndens täthet till allra största delen av markanvändningen, d.v.s. stamtäthet och trädslagsval vid beståndsanläggningen, samt röjning och gallring därefter. I Naturskog kan klimatbetingad accelererad förtätning däremot bli ett

hot mot biologisk mångfald, särskilt med tanke på pågående förtätning/förgraning till följd av brist på brand. Det är angeläget att i naturskog studera mikroklimat och biologisk mångfald längs befintliga temperatur-, exponerings- och soltimme-gradienter, i syfte att identifiera viktiga mekanismer som underlag för prediktion.

### **Nya skogsbiotoper**

I de delar av Sverige som blir blötare kan en ökad potential för sumpskogsbiotoper förväntas, både genom att skogsmark rent allmänt blir fuktigare, genom ökad översvämning i strandmiljöer och genom att skog inom vissa dikningsföretag blir svårbrukad. Som tidigare nämnts är det emellertid upp till skogsbruket om den potentialen resulterar i ökad areal sumpskog eller om den kompenseras genom ökad markavvattning.

### **Tydligare uppdelning mellan produktions- och naturskog?**

Många av de förändringar i skogsbruk som diskuteras ovan (t.ex. ökad gödsling, användande av främmande träslag, bortforsling av död ved, kortare omloppstider) skulle kraftigt minska skogsarternas redan dåliga möjligheter att överleva i produktionsskog. Idag minskar därtill andelen icke-produktionsskog kontinuerligt genom avverkning och om den minskningen fortsätter kommer förändringarna sammantaget att bli starkt negativa för biologisk mångfald och för skogsbrukets möjligheter att jämställa produktions- och miljömål. Troligen skulle flera generalistarter som idag klarar sig i produktionslandskapet hamna på rödlistan.

Frågan är hur biologisk mångfald skulle påverkas om intensifiering i produktionsskogen kompenseras med ökad areal icke-produktionsskog. Detta kunde åstadkommas exempelvis genom omgående stopp för avverkning av naturskog och andra värdekärnor för biologisk mångfald, samt av kontinuitetsskog ([www.svo.se](http://www.svo.se)) med hög potential att snabbt utvecklas till värdekärnor. En sådan tydligare uppdelning mellan intensivodlad produktionsskog och en större areal skyddad skog är vanlig globalt sett. I Sverige bedrivs skogsbruk på en mycket hög andel av skogsmarksarealen (på mer än 90% av den produktiva skogsmarken, i många regioner på mer än 95%). Denna modell försvaras med att skogsbruket tar så stora hänsyn till biologisk mångfald att rimliga överlevnadschanser för krävande arter förhoppningsvis skapas även i produktionsskog. Mot bakgrund av förväntade klimatförändringar skulle en utvärdering av olika modeller vara önskvärd, inte minst med tanke på skogsbrukets svårigheter att nå uppsatta miljökvalitetsmål idag..

### **Problem med konkurrensstarka invasionsarter?**

Invasionsarter behandlas under rubriken effekter på enskilda arter.

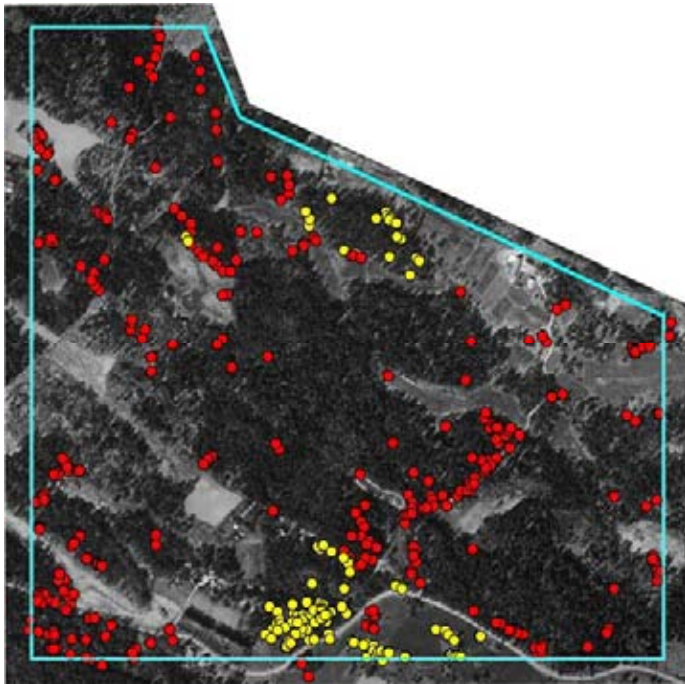
### **Ökat behov av våtmarker?**

Se motsvarande rubrik under våtmarker.

## Jordbrukslandskapet

### Hot mot den biologiska mångfalden i jordbrukslandskapet idag

Biologisk mångfald i jordbrukslandskapet går tillbaka främst genom igenväxning i övergivna slätter- och betesmarker, brist på hävdad mark av vissa typer (exempelvis torra, sandiga utmarksbeten), brist på våtmarker, felaktig skötsel i ännu hävdade marker och genom den fragmentering som orsakas av igenväxningen och av tidigare rationaliseringar av jordbruksmarken.



*Skötselberoende gräsmarks-kärlväxter i ett Uppländskt odlingslandskap. Varje punkt markerar en förekomst; gula punkter är förekomster i hävdad gräsmark, röda i ohävdad f.d. gräsmark. I de senare pågår igenväxning och de röda förekomsterna kommer därför att försvinna om inte igenväxningen hejdas.*

### Jordbrukslandskapet är skapat av markanvändningen

Som diskuterats för skogslandskapet har markanvändningen avgörande betydelse för biologisk mångfald, och klimateffekter måste bedömas i relation till markanvändningen. I jordbrukslandskapet finns inga ursprungsbiotoper där man strävar efter att minimera markanvändningen, utan man diskuterar i stället att återinföra eller imitera traditionella hävdformer, till vilka hotad biologisk mångfald är knuten.

### Ändrad produktionspotential och ekonomiska förhållanden

Liksom för skogsbruket förväntas jordbruket i Skandinavien och norra Europa i viss mån påverkas positivt av klimatförändringarna genom längre växtsäsong, möjligheter för nya grödor, samt ökad efterfrågan till följd av minskad produktion i torra områden i Europa (Olesen & Bindi 2002).

Å andra sidan förutspås också många negativa effekter på jordbruksproduktionen. Exempelvis kan ökade vattenflöden under framför allt vinterhalvåret i delar av Sverige försvåra nyttjandet av lågt liggande åkermark. Detta skapar potential för större areal våtmark (positivt för biologisk mångfald), men huruvida potentialen utnyttjas beror på hur man inom jordbruket väljer att möta förändringarna. En viktig skillnad mot skogsproduktionen är att valet av gröda



och produktionsform snabbt kan ändras, i princip från ett år till ett annat, vilket innebär att man inte behöver särskilt lång framförhållning för att anpassa markanvändningen till klimatförändringarna.

### **Ändrad produktion skapar nya problem**

Ett ändrat klimat kan antas leda till ökat behov av pesticider mot sjukdomar, parasiter och skadeorganismer till följd av längre växtsäsong, minskad begränsning av kalla vintrar, inflyttning av nya arter, nya grödor o.s.v. På motsvarande sätt kan vi förvänta oss ökat behov av näringstillförsel bl.a. genom ökad urlakning och nya produktionsformer. Effekterna på biologisk mångfald och miljön av dessa förändringar bestäms till stor del av hur vi väljer att hantera detta ökande behov, samt vilka typer av produktion vi väljer.

Kravet på hållbar produktion och sektoransvar för miljön säkerställer att frågor om bevarande av biologisk mångfald i odlingslandskapet blir beaktade (J. Gustavsson, muntl.). En pågående överföring av resurser från produktions- till miljöåtgärder inom EUs gemensamma jordbrukspolitik utgör en stor ekonomisk potential för att gynna miljöanpassad jordbruksproduktion. Förändringar i produktionspotential och produktionsproblem behandlas utförligt i Eckersten m fl (underlagsrapport inom klimat och sårbarhetsutredningen).

### **Biologisk mångfald förekommer mest i de naturtyper som producerar minst**

Medan CAPs (EUs gemensamma jordbrukspolitik) stödformer, budget och politik huvudsakligen gäller jordbruksmark (åkermark) och djurproduktion förekommer nästan all biologisk mångfald i jordbrukslandskapet i sådana biotoper som, så att säga, blir över. Viktigast är en stor grupp av halvnaturliga biotoper, vilka till skillnad från åkermarken inte helt och hållet skapats av människan utan av människans nyttjande av mer naturliga växt- och djursamhällen. Den areellt viktigaste halvnaturliga biotopgruppen är naturlig fodermark (semi-natural grassland), d.v.s. slåtter- eller betesmark utan nämnvärd gödsling, insådd eller kultivering.



CAPs hantering av åkermarkens påverkar inte direkt biologisk mångfald i sådana biotoper, men har givetvis stor betydelse för jordbrukets villkor i stort och därmed indirekt för nyttjandet och skötselpotentialen i de halvnaturliga biotoperna. Jordbrukets framtida struktur och djurhållning kommer med andra ord att ha stor betydelse för möjligheterna att upprätthålla hävden i biologiskt värdefulla marker (J. Gustafsson, muntl).

### **Biobränsleproduktion**

Nya former av produktion för biobränsle har tidigare berörts. Globalt diskuteras sådan omläggning i termer av konkurrens och matproduktionssäkerhet, men i Sverige finns anledning att även utvärdera olika produktionsformer från biologisk mångfald-synpunkt.

### **Förändrad fuktighet i jordbruksmark**

Som nämnts kan åkerbruk försvåras i lågt liggande områden. Det kan, särskilt mot bakgrund av behovet av kol- och näringsfångst, leda till att vi satsar på att öka arealen våtmark. Om våtmarken hävdas genom exempelvis slätter eller bete skapas olika slags fuktängar, om de lämnas utan åtgärd skapas sumpskog. Båda vägarna skulle gynna biologisk mångfald kraftigt.

I halvnaturlig gräsmark kommer tillväxten att öka vid ökad fuktighet, särskilt som ökad nederbörd kan antas öka depositionen av luftburet kväve. Detta ökar behovet av hävd för att inte lågväxta och exponeringskrävande arter skall konkurreras ut. Samtidigt blir det svårare att hitta ett hävdtryck som för bort tillräckligt mycket biomassa och näring utan att alltför mycket skada känsliga växter. Det är viktigt att undersöka sådana effekter och prova alternativa hävdformer, exempelvis sådana som innebär ettåriga hävduppehåll.

### **Torrare i vissa områden**

Torkstress är en viktig faktor i alla torra till friska gräsmarker, som samverkar med hävden till att skapa gräsmarksbiotoperna. Mest utpräglat är detta i stäppbiotoper, där hävden står för relativt liten del av påverkan på vegetationen. Dessa biotoper hör till de artrikaste i jordbrukslandskapet och med högst andel rödlistade arter. Med torrare klimat i sydöstra Sverige kan utbredningen av stäppartade biotoper förväntas öka, liksom torra betesmarker med markblottor. Naturvården bör ha en beredskap för detta, dels genom att lära sig bättre hur stäppartade gräsmarker skall skötas, dels genom att hitta nya marker och avsätta restaurerings- och stängselmedel för dem, när betesdjuren räcker till större areal.

Samtidigt ökar utbredningen av torra småmiljöer även i andra torra-friska gräsmarker. Det innebär dels att behovet av årlig hävd minskar, dels att många nyckelarter i gräsmarkerna blir känsligare för bete. I båda fallen ger detta en potential att beta större arealer, att ha betesfria år etc, vilket skulle gynna biologisk mångfald.

Båda aspekterna på torrare klimat torde kunna modelleras genom att extrapolera nuvarande fuktighetsmönster inom och mellan gräsmarker.

### **Ändrad fenologi i gräsmarker**

Tiden för reproduktion hos växter och djur är en mycket viktig faktor för biologisk mångfald i slätter- och betesmarker, eftersom den avgör chansen att reproducera sig innan exempelvis avbetning. Ett varmare klimat kan antas tidigarelägga reproduktionen, vilket skulle gynna biologisk mångfald så länge hävden infaller på samma tidpunkt, vilket är en fråga om val och prioritering.

### **Ändrad livsmiljö för epifyter och markkryptogamer?**

En annan artrik grupp med stor andel hotade arter är epifyter på gamla träd. Särskilt hagmarks-ädellövträd är artrika. Många av de mer krävande arterna är utpräglat konkurrenssvaga och utnyttjar t.ex. nybildningen av hård skorpbark på grovstammiga lövträd, samt näringsbrist och torkstress. Vid fuktigare klimat och mera nederbörd kan konkurrensförhållandena antas ändras. Liknande effekt kan förväntas i bottenskiktet, där snabbt växande hakmossa redan är ett problem för kärlväxter i vissa gräsmarker.

### **Problem med konkurrensstarka invasionsarter?**

Invasionsarter behandlas under rubriken effekter på enskilda arter.

### **Ökat behov av våtmarker?**

Se motsvarande rubrik under våtmarker.

## *Våtmarker, havs- och sötvattenstränder*

### **Hot mot biologisk mångfald i våtmarker, havs- och sötvattenstränder idag**

Som övriga ekosystem är stränder och våtmarker i hög grad påverkade av människans nyttjande, vilket måste vägas in i bedömningar av klimateffekter. Sjöar och vattendrag är starkt påverkade av reglering, särskilt i vattendrag lämpliga för kraftproduktion och i jordbrukslandskapet. Stränderna i starkt reglerade vattendrag kan i princip bli ekologiska öknar, och även måttlig reglering orsakar stora förändringar av biologisk mångfald. Många av dessa förändringar är ännu dåligt kända, exempelvis bristen på naturlig vattenföring i slättsjöar och på högvattenflöden vid naturlig tidpunkt i svämskogar och deltan. Många våtmarker är negativt påverkade av markavvattning och i jordbrukslandskapet har vissa våtmarkstyper nästan helt försvunnit. Våtmarker och produktiva stränder har traditionellt hävdats och bristen på hävd i våta miljöer är idag ett stort hot mot biologisk mångfald. I slättbygden har hävdberoende biologisk mångfald redan försvunnit på de flesta övergivna marker, men i norra Sveriges raningar pågår tillbakagången fortfarande. I många sanddynområden är de naturliga vindgenererade successionsprocesserna starkt begränsade genom att sanden fixerats av planteringar.

### **Havsytans höjning**

Effekter av havsyttehöjning har främst diskuterats för exploaterade kuststräckor där vi kan förvänta oss att kustekosystemen kommer att trängas samman mellan hav och bebyggelse (Fankhauser, 1999). I Sverige gäller detta endast lokalt, men däremot är det relativt vanligt att jordbruksmark går nära inpå havet.

I landhöjningsområden runt norra och mellersta Östersjön kommer vi att se stora effekter på biologisk mångfald även vid en högst måttlig (så att landhöjningen stoppas) havsytstigning. Längs norra bottenvikskusten har netto-landhöjningen halverats till ca 5 mm/år (Johansson m fl. 2004) vilket skulle innebära att upphörd eller reverserad landhöjning redan föreligger längre söderut. Effekter har förutsagts för havssträndängar (Rautiainen 2006), men förändringarna kommer att påverka ett helt system av artrika biotoper.



*Artrik varierad landhöjningskust*

## Storm och is

Isförhållanden på Östersjön förväntas förändras till följd av klimatförändringarna (t ex Meier m fl. 2004). Förekomsten av is har även betydelse för strandbiotoperna, exempelvis genom nötning under islossningen (Lennartsson m.fl. 2005) och fastfrysning av vegetation.

Även om ändrad storm- och isfrekvens antas bli effekten av klimatförändringar, vet vi ännu mycket lite om hur sådana förändringar kan tänkas påverka ekosystemen. I stort sett saknas sammanställningar av de ekologiska effekterna av vatten- och isbetingade störningsförhållanden, exempelvis om effekter av enstaka högvatten visavi medelvattenstånd, och av isnötning. Sannolikt kunde vi komma en bra bit på väg med befintlig kunskap kombinerat med enklare fältstudier (se åtgärder).

Ett allmänt problem är att bedöma effekterna av exempelvis is i södra änden av ispåverkanområdet, där effekterna redan är sporadiska. I exempelvis norra Bottenviken, där iseffekter är tydliga, kommer kanske isbeläggningen även framgent att vara tillräcklig.



## Våtmarker och stränder vid sjöar och vattendrag

Sambanden mellan produktion och nedbrytning i torvbildande våtmarker har berörts under alpina miljöer. För sydligare delar av landet har tidpunkten för vattentillförsel stor betydelse. Klimatmodellerna förutsäger dels mer regn på snöns bekostnad vintertid, dels mer varierande flöden sommartid. Den förstnämnda förändringen innebär minskad vårflod vilket sannolikt kommer att minska de strandnära våtmarkernas utbredning (Nilsson m fl. 2005). Ökad variation sommartid innebär mer instabila förhållanden under vegetationsperioden, vilket troligen kommer att missgynna många arter som är anpassade till att variationen vanligen kommer under viloperioden, t.ex. under våren eller senhösten. Andra arter kan å andra sidan komma att gynnas. Rent allmänt behöver vi bättre kunskap om hur biologisk mångfald reagerar på tidpunkten för vattentillförseln, för att kunna modellera effekter av klimatförändringar.

I många tidigare öppna våtmarker har en accelererande igenväxning uppmärksammats. Olika förklaringar har föreslagits, fr.a. (1) eutrofiering genom kvävenedfall, (2) ett varmare klimat

som exempelvis skulle kunna orsaka ökad nedbrytning av torv, (3) fördröjd respons på upphörd hävd, (4) grundvattensänkning och andra effekter av omfattande markavvattning.

Biologisk mångfald i alla ekosystem knutna till vattendrag är särskilt hotad genom att vattendragen riskerar ytterligare utbyggnad när vi idag försöker motverka klimatförändringarna. T.o.m. utbyggnad av de orörda nationalälvarna diskuteras, vilket skulle få internationella konsekvenser för biologisk mångfald genom att dessa utgör Europas i särklass största outbyggda vattensystem.

### **Havsyntans stigning vid olika kusttyper**

Även om erosionen kommer att öka synbart kommer en långsam havsnivåhöjning vid en stabil "vanlig" kust sannolikt att få rätt begränsade effekter på biologisk mångfald, utom på mycket flacka stränder, exempelvis havsstrandängar. Effekterna på mindre flacka stränder torde framför allt vara att befintliga erosionshak, driftvallar etc. flyttar uppåt och med dem vegetationszoneringen.

Vid kust som idag har landsänkning kommer denna att påskyndas, vilket i de flesta fall torde ha neutral eller svagt positiv effekt på biologisk mångfald. Ett undantag kan vara vissa sanddynområden där balansen mellan vattendriven till- och bortförsel av sand kan innebära att de naturliga sanddynprocesserna stoppar. Problemen måste bedömas i relation till befintliga problem med plantering och fixering av sand. Ett annat undantag är marskland där ackumulering av finst slam idag håller jämna steg med en svag landsänkning. Troligen kan många marskland komma att helt försvinna vid en havsytehöjning, medan utbredningen som sådan av naturtypen kan antas öka när nya landsänkingsområden bildas.

Vid landhöjningskust får en havsytehöjning stora konsekvenser eftersom den innebär att den viktigaste processen upphör. Här finns alltså inga möjligheter för naturliga vegetationszoner att vandra uppåt med havsytan, eftersom zoneringen och växtsamhällena kräver en relativ sänkning av havsytan. För landhöjningskust måste därför anpassningsåtgärder diskuteras. Även om inte själva havsytehöjningen kan påverkas kan vi antagligen mildra effekterna av den genom förutseende skötselåtgärder i god tid. Genom att studera olika strandbiotoper längs en gradient längs kusten från områden med hög landhöjning till områden med landsänkning, borde vi kunna ha goda möjligheter att förutsäga effekter.

### **Högvattenflöden**

Vattenföringen är en avgörande faktor för alla strandbiotoper, eventuellt i kombination med hävden, och brist på högvatten i reglerade slättsjöar har utpekats som ett allvarligt problem för biologisk mångfald på strandängar (Lennartsson & Hoflin 2005). För att kunna bedöma effekter av klimatförändringar är det emellertid nödvändigt att i utreda betydelsen av tidpunkt för högvatten. Vilken betydelse har exempelvis högvatten som infaller utanför vegetationsperioden och utanför den tid då islyftning är möjlig?

Framtida högvattenflöden är i stor utsträckning resultat av hur vi framöver reglerar vattendrag. Med åtgärder för att kapa högvattentoppar kan det tänkas att normalflödena snarare blir lägre än idag i de vattendrag där sådan reglering är möjlig.

### **Ökat behov av våtmarker?**

Våtmarker har stor betydelse för klimatförändringar och deras effekter. Våtmarker tillhandahåller flera av de ekosystemtjänster som kommer att bli särskilt viktiga vid ett förändrat klimat, bl.a. för:

- *Näringsfångst i vattendrag.* Avsevärt ökat växtnäringsläckage (se Lewan i Eckersten m fl..) kommer att bli en stor belastning på vattendrag, sjöar och hav. Våtmarker är effektiva näringsfällor och kan visa sig bli det mest kostnadseffektiva sättet att fånga näring. I detta syfte är det troligen främst våtmarker långt ner i avrinningsområdena, d.v.s. i jordbrukslandskapet som kommer att behövas. Behovet av våtmarker skulle kunna tillgodoses genom att bygga på befintliga och potentiella strandvåtmarker och genom att skapa nya på blöt jordbruksmark. Särskilt den första kategorin skulle få stor positiv effekt på biologisk mångfald.
- *Buffring av vattenflöden.* Mer frekventa högvattenflöden kan buffras genom att vattnet måste passera ett antal våtmarker innan det når problemområden, exempelvis bebyggelse. Möjligen är mossar högre upp i avrinningsområdena härvid särskilt viktiga.
- *Kolsänkor.* I våtmarker med ofullständig nedbrytning av organiskt material lagras kol. Samtidigt avgår dock växthusgaser, exempelvis lustgas, vilket dels komplicerar bilden av våtmarkerna generellt, dels indikerar betydelsen av typ av våtmark eftersom exempelvis lustgasavgången beror på våtmarkens kol-kväveknot (LUSTRA årsrapport 2005).



Vid Hjälstaviken i Uppland höjs vattenståndet på konstald väg varje vår för att efterlikna den genom regleringar uteblivna vårfloden

## *Sjöar, vattendrag och hav*

### **Hot mot biologisk mångfald i akvatiska miljöer idag**

Få organismgrupper i akvatiska miljöer är ordentligt utvärderade vad gäller hot. Havens biologiska mångfald är på många håll starkt förändrad genom överutnyttjande, vilket med stor sannolikhet innebär att många fler arter är hotade än vad som visas av rödlistorna. Lokalt, exempelvis i Östersjön, bidrar även eutrofiering, syrefria bottenar etc. mycket starkt till hotbilden.

Även svenska sötvattensmiljöer är starkt förändrade genom regleringar (fr.a. vattendrag och slättsjöar), eutrofiering (fr.a. vatten långt ner i avrinningsområdena), försurning (fr.a. oligotrofa vatten), ändrad markanvändning (vatten i skogs- och jordbruksmark) och introduktion av främmande organismer. De större regleringarna för vattenkraft innebär mycket stor påverkan på vattendragen, både genom förändringar av vattenkvalitén i vid mening och genom att dammarna utgör vandringshinder. Även i mindre vattendrag är vandringshinder vanliga och i dessa saknas dessutom i regel vattendomar beträffande bl.a. minsta vattenföring. I jordbrukslandskapet har småvatten i stor utsträckning försvunnit genom utdikning.



*Hålldammar utgör vandringshinder för vattenorganismer och orsakar ofta för låga lågvattenflöden nedströms dammen.*

### **Biogeokemiska och fysiska förändringar**

Vattenresurser kommer mycket tydligt att påverkas av klimatförändringarna, både till följd av ökad nederbörd och av förändrade avrinningsmönster i tid och rum (t.ex. minskad salthalt och ökad eutrofiering i Östersjön). Förändringar i vattenmiljöer beror i hög grad på hur vi anpassar jord- och skogsbruk till klimatförändringar.

Vattenkvalité i vid mening påverkar biologisk mångfald både direkt, genom effekter på individer och arter, och indirekt, genom förändringar i näringskedjor. Exempel på direkt



påverkan är salthalt vilken genom osmotisk påverkan dödar organismer anpassade till annan salthalt.

Effekter på organismsamhällen genom påverkan på näringskedjor är betydligt svårare att modellera, eftersom det på varje nivå i näringskedjan finns olika alternativa förändringar. Till de parametrar som studerats hör transporter av närsalter och toxiska ämnen men även fysiska omblandningsprocesser av vatten. Exempelvis kan sammansättningen av växtplankton påverkas av ett ändrat klimat och studier har gjorts på kiselalger och grönalger (Huisman m fl. 2004). Växtplankton står för primärproduktionen i vatten och är således basen för alla högre nivåer i näringskedjan. Andra fysiska parametrar som ökad temperatur och kortare isfria perioder har modellerats för att studera ekologiska effekter. Blenckner m fl. (2002) studie visar att konsekvenser av ett varmare klimat skulle kunna leda till ökad näringsomsättning och produktivitet i sjöar. Sjöar på höga latituder och oligotrofa sjöar allmänt förväntas också påverkas också av en ändrad tillgång på organiskt kol och oorganiska näringsämnen vilket i sin tur beror av den omgivande vegetationen. Resultat från Karlsson m fl studie (2005) pekar på att en uppvärmning kan ha snabb effekt på produktiviteten i sjöar på höga latituder till följd av längre isfria perioder, i samband med en förändrad omgivande landmiljö som ger en ökad tillgång på ämnen och som stimulerar produktion i sjöar.

Det förefaller som om långsiktiga prognoser och bedömningar av hur klimatförändringar påverkar artsammansättning och kvantiteter av flora och fauna i havet kräver mer forskning och studier då dagens akuta problem inte ännu förstås till fullo. Studier från Norra Ishavet på fastsittande makrofauna och nematoder (Renaud m fl. 2006) har visat på mönster och trender som möjligtvis skulle kunna fungera som en bas för design av studier om klimatförändringars påverkan på biologisk mångfald i svenska havsvatten. Generellt kan sägas att antal arter minskar med lägre salthalt, ökad koncentration av näringsämnen och minskat ljusgenomsläpp.

### **Isförhållanden**

Isförhållanden på Östersjön förväntas förändras till följd av klimatförändringarna. Detta påverkar bl a Bottnisk vikare (*Phoca hispida botnica*) och samtliga sydliga populationer hotas då endast Bottniska viken kommer ha tillräckligt goda förutsättningar för havsis under vintern (Meier m fl. 2004). Under rubriken effekter på enskilda arter diskuteras kunskapsbehov för bl.a. arter beroende av is.



## **Klimat effekter respektive effekter av vår användning hushållning av vatten**

Av det ovanstående framgår att samhällens utveckling, hantering och behov av vatten, både som livsmedel och för produktion, får stora konsekvenser för ekologiska processer och biologisk mångfald. Som för terrestra ekosystem kan vi förvänta oss stora förändringar i detta nyttjande till följd av klimatförändringarna, vilket kan komma att få större konsekvenser än klimatförändringarna i sig. I det anpassningsarbete som nu påbörjas bör därför en tydlig dialog mellan naturvårdens och samhällsplaneringens intressen inledas.

Eftersom all slags utsläpp, urlakning, erosion etc. slutligen hamnar i vattenmiljöer är förhållandena i vattendrag, sjöar och hav dessutom starkt beroende av terrester markanvändning. Det är därför nödvändigt att förändringar i exempelvis jord- och skogsbruk till följd av klimatförändringar planeras på ett sätt som innefattar påverkan på akvatiska miljöer.

## **Konsekvenser för fisk i marina ekosystem**

Miljöförändringar som eutrofiering och klimatförändringar påverkar reproduktion och tillväxt av flera fiskarter och populationer i Östersjön. Dessa förändringar samverkar även med andra processer och aktiviteter som exploatering av vissa arter, syrefattiga botten och inflyttning av nya arter (Ojaveer & Lehtonen 2001). En ökad temperatur och förändrad salthalt kan få allvarliga konsekvenser för fiskar i havet. Följande övergripande trender kan förväntas (Nordic Council of Ministers 2005):

- Överlevnad, tillväxt och reproduktion kommer att ändras där vissa arter gynnas och andra missgynnas. En förändrad artsammansättning är därför att vänta.
- Nya arter kommer att tillkomma genom migration från söder vilket kan innebära en ökad konkurrens för dagens arter
- Nya arter av flora och fauna som introduceras genom sjöfarten kan få en konkurrensfördel mot de inhemska arterna
- En ändring av de trofiska lagren påverkar bl a förhållandet mellan olika ekologiska grupper av fiskarter. Primärproduktionssäsongen förlängs vilket gynnar algätande arter.

## **Större sjöar och vattendrag**

För de stora sjöarna i Sverige kommer olika effekter att uppkomma till följd av klimatförändringarna. Översvämningar och höga flöden i vattendrag och dess konsekvenser beror till stor del på reglering, geografiskt område (särskilt om det förekommer landhöjning), bebyggelse osv. Väner och Mälarens vattensystem har utretts särskilt av SMHI (Bergström m fl 2006). Vänerens vattenstånd kan stiga mycket högt under långvarig hög tillrinning beroende på de reglerings- och tappningsbestämmelser som gäller enligt vattendomen. Höga flöden runt Vänerens stränder förekommer dock trots regleringar vid vissa tillfällen. Klimatscenarier pekar mot en ökad variabilitet i Vänerens vattenstånd, beroende på blötare vintrar och torrare somrar, men Vänerens vattenstånd är mycket känsligt för ändrad tappningsstrategi vilket i sin tur är avgörande för att bedöma påverkan på biologisk mångfald i dess avrinningsområde. Även Mälaren och Hjälmaren kan förväntas få högre vintertillrinning och lägre tillrinning sommartid än idag.

Ökade flöden vintertid kan tänkas få negativa konsekvenser för arter som genom låg temperatur och ämnesomsättning då har sin viloperiod, exempelvis fisk (L. Tranvik, muntl.).

Höga flöden i sjöar och vattendrag kommer att vara ett mycket påtagligt sätt på vilket människan påverkas av klimatförändringarna, och anpassningar till dessa förändringar har diskuterats mycket. De lösningar som därvid föreslagits är i stor utsträckning tekniska och riskerar att minska snarare än ta vara på ekosystemens naturliga buffrande förmåga. ArtDatabanken (L. Tranvik, muntl.) menar att klimateffekterna kommer att påverka möjligheten att upprätthålla och återskapa landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion. Ambitionerna att minska de negativa effekterna av översvämningar genom till exempel invallning, rensning eller muddring kan direkt motverka möjligheten att bevara värdefulla livsmiljöer och naturliga processer såsom vattenståndsfluktuationer, erosion och sedimentation.

Förutom att förvärpa problemen för samhällen kan biologisk mångfald drabbas direkt av åtgärderna. I bland annat Klarälven vill man bygga erosionsskydd vilket riskerar att ta bort unika erosionspåverkade miljöer och den speciella insektfauna som är beroende av dessa miljöer (L. Tranvik, muntl.).

### **Vattenmiljöer vid landhöjningskust**

I princip skulle landhöjningen kunna vidmakthålla successionsbiotoper även under vattenytan, men hur vanligt det är beror på successionsprocessernas hastighet (t.ex. vegetationsetablering och slamdeposition) relativt uppgrundningen. Denna kunskap är bristfällig idag. Flador, glon och successionshällkar är kända exempel på landhöjningsbetingade akvatiska miljöer, men vi vet lite om landhöjningens betydelse för exempelvis grunda vikar, i förhållande till andra processer som högvatten och islyftning (G. Johansson, J. Persson, muntl.). Som för terrestra landhöjningsbiotoper skulle de akvatiska vara möjliga att utvärdera genom fältstudier i en nord-sydgradient.

### **Salthaltens betydelse för särskilt viktiga kustbiotoper**

För att kunna bedöma utsötningens betydelse i Östersjön är det nödvändigt med bättre kunskap om var salthaltsgränserna för olika organismer går idag. Särskilt i kustnära miljöer tycks många arter, både djur och makrofyter idag vara utbredda längs en stor del av saltgradienterna (G. Johansson, muntl.). Det skulle kunna innebära begränsade effekter av utsötning längs långa kuststräckor, men stora effekter i utbredningsgränserna.

### **Ökad produktivitet och strandnära miljöer**

Effekter av ökad produktivitet modelleras, som ovan nämnts, för primärproduktion och näringsvävar i hav och sjöar. Ökad produktivitet kan också få stor betydelse för biologiskt rika miljöer där den ökade produktionen s.a.s. ackumuleras, dels genom ökad tillväxt i miljöerna (av exempelvis vass och alger), dels genom ökad sedimentation av organiskt material, dels genom ökad frekvens av tillfälliga produktivitetstopp, som algbloomningar.

Även minskad islyftning kan tänkas få stor betydelse genom att exempelvis vass inte längre förs bort vintertid, men det är tänkbart att detta kan kompenseras av ökade vinterhögvatten (G. Johansson, J. Persson, muntl.). Betydelsen av sådana processer är dåligt känd, men det kan antas att många grunda miljöer är resultat av en relativt skör balans mellan uppgrundning/igenväxning och bortförel.



*Produktion av bl.a. vass fyller snabbt upp grunda havsvikar om det inte sker en årlig bortförel genom is, vinterstormar eller (som här) bete.*

### **Minskad minimivattenföring i vattendrag?**

Ökad flödesvariation sommartid kan antas ge fler och längre perioder med mycket låg sommarvattenföring i vattendrag, särskilt om de är reglerade med hålldammar utan krav på minimivattenföring. Detta kommer sannolikt att drabba en lång rad organismer som redan idag lever på marginalen i reglerade vattendrag (J. Berglund, muntl.).

Till minskade sommarvattenflöden kommer troligen också ökat behov av bevattning i jordbruket att bidra, och även denna verksamhet bedrivs vanligen utan vattendom (L. Tranvik, muntl.).

## Ekosystemtjänster



Ekosystemtjänster beskriver i princip den antropocentriska aspekten på biologisk mångfald, d.v.s. att ekosystemen tillhandahåller flera viktiga tjänster och produkter för människan och samhället. Exempel på sådana är tillgången på arter och genetiskt material, mat, fiber, vattenresurser, nedbrytning, pollination, närings- och kolupplagring och rekreation.

### *Ökade behov av ekosystemtjänster, men kommer behoven att tillgodoses?*

Bristen på och nya behov av ekosystemtjänster kan förväntas öka med klimatförändringarna. Dels är det genom förändringar i befintliga ekosystem människan mer än på något annat sätt kommer att globalt drabbas av klimatförändringarna, dels kommer vi att i högre grad behöva tjänster som närings- och kolfångst, erosionsskydd, buffring mot höga vattenflöden etc.

Paradoxalt nog kommer många av de anpassnings- och motverkande-åtgärder som idag diskuteras sannolikt att försvaga ekosystemens förmåga att tillhandahålla önskade tjänster. Det diskuteras i samband med den ekosystemvisa genomgången ovan. Problemen beror dels på okunskap om ekosystemens funktion och känslighet, dels på att biologisk mångfald hittills inte i tillräcklig grad ingått i anpassningsdiskussioner, dels sannolikt på ett starkt fokus på tekniska, snarare än ekologiska lösningar.

### *Ekosystemtjänster i klimatkussionerna*

Kapaciteten hos ekosystem att i framtiden erbjuda ekosystemtjänster bestäms av förändringar i socioekonomi, markanvändning, biologisk mångfald och klimat. Bedömningar av sårbarheten hos regioner bör inkludera dessa förändringar då Metzger m fl. (2006) hävdar att även om en ekonomisk tillväxt kan öka anpassningskapaciteten hänger den också samman med de största negativa konsekvenserna för miljön. I en europeisk studie bedömdes hur ekosystemtjänster förväntas påverkas av klimat- och markanvändningsförändringar under 2000-talet (Forbes m fl. 2005). Resultat från denna studie visar att vissa negativa effekter är en minskning av soil fertility, minskad tillgång till vatten, ökad risk för skogsbränder särskilt kan förväntas i Medelhavsregionen och i bergsområden.

Skandinavien anses generellt ha en god kapacitet för att möta klimatförändringarna och den institutionella kontexten påverkar också hur ekosystemtjänster kan fungera som en buffert (upprätthålla resiliens) mot negativa miljöförändringar (Forbes m fl. 2004). Bevarandet av biologisk mångfald och upprätthållandet av ekosystemfunktioner är en viktig anpassningsstrategi eftersom genetiskt diversifierade populationer och artrika ekosystem har en större potential att anpassa sig till klimatförändringar. Att bevara biologisk mångfald ger också människor och samhällen fler möjligheter att anpassa sig då t ex vissa naturliga kontrollmekanismer för skadeorganismer, markstabiliserande och vattenreningsprocesser och funktioner kan vara svåra och kostsamma att ersätta med tekniska lösningar.

### *Ekosystemtjänster och biologisk mångfald*

Ofta görs en direkt koppling mellan ekosystemtjänst och biologisk mångfald, men utan att sambanden närmare redovisas. Det anses råda samstämmighet om att ett visst minimum av arter behövs för att en ekosystemtjänst skall vara funktionell, men frågan är var detta minimum ligger för olika ekosystem, i förhållande till de minima som krävs för att bevara exempelvis hotad biologisk mångfald. Från biologisk mångfald-synpunkt finns det därför, enligt vår bedömning, fr.a. två aspekter på ekosystemtjänster som behöver belysas betydligt mer ingående än vad som hittills gjorts:

- *Vilka av de önskade ekosystemtjänsterna idag och i framtiden innefattar en diversitet av arter, d.v.s. rik biologisk mångfald, inte bara grundläggande ekosystemfunktioner? En analys av detta kan lämpligen göras ekosystemvis. Behöver vi exempelvis våtmarksbiotoper med typisk artuppsättning, eller klarar vi oss med kvävefällande monokulturer? Kan vi, för att undvika erosionsproblem när torra biotoper breder ut sig, fixera marken med monokulturer eller behöver marken koloniserats av torkanpassade arter som bygger upp stabiliserande naturliga växtsamhällen?*
- *Vilka av de önskade ekosystemtjänsterna innebär att vi enkelt (t.ex. med ringa merkostnad) kan bevara diversitetsaspekten på biologisk mångfald även om diversitet inte är helt nödvändig för den önskade tjänsten? Kan vi exempelvis, om vi behöver kvävefällande våtmarksbiotoper, lika gärna skapa/bevara/låta utvecklas våtmarksbiotoper med typisk artuppsättning?*



## Åtgärder för kunskapsuppbyggnad och biologisk mångfald i ett klimatsammanhang



### *Styrmedel och instrument för beslutsfattande*

En utvärdering och revision av regelverk, riktlinjer och stödsystem bör utföras för att säkerställa att klimatpolicy och klimatförändringar tas hänsyn till. De flesta anpassningsaktiviteter kan optimeras om de implementeras på regional nivå. Naturvård blir dock snabbt ett gränsöverskridande problem mellan regioner och nationer när klimatförändringar beaktas, eftersom arter kommer att förflytta sig mellan länder och regioner. Bakkenes m fl. 2006 visar i en studie att länder i norra Europa generellt kommer att få ett tillskott av arter (lokalt kan det dock bli en minskning på vissa ställen) medan de sydligare områdena i Europa kommer att få en reduktion av antal arter om klimatförändringarna förväntas bli två graders ökning. Detta innebär bl a att Sverige och Norden kan behöva ta ett internationellt ansvar för bevarandet av vissa arter.

Det är därför också viktigt att se över hur mål om biologisk mångfald efter 2010 samverkar med andra miljömål, särskilt klimatpolicy post-Kyoto. Även Harrison m fl. (2006) påpekar att eftersom olika arter kommer att påverkas på olika sätt av klimatförändringar är det viktigt att se över EUs biologiska mångfalds policies för framtida bevarande av arter och habitat.

Det bör finnas flera möjligheter att implementera aktiviteter som drar nytta av synergier mellan Kyoto protokollet, konventionen om biologisk mångfald och bredare uthålliga utvecklingsmål (se t ex Kim 2004). Detta pågår internationellt, t ex inom UNEP, men man bör studera dessa möjligheter närmare för Sverige.

Resultat från det europeiska forskningsprogrammet ACCELERATES visar vikten av att markanvändning och biologisk mångfald behandlas gemensamt i policies och strategier för att minska sårbarheten inför klimatförändringar. Förändringar i naturvård eller inom jordbruket kan påverka varandra både positivt och negativt (Rounsevell m fl. 2006) varför det är viktigt att studera effekter mellan sektorer. Tvärsektoriellt och gränsöverskridande arbete kommer att krävas även för hanteringen av naturresurser där anpassningsarbete och implementering karakteriseras av institutionell samarbete och koordinering.

Då biologisk mångfald har analyserats utifrån antaganden om klimatförändringar, markanvändningsförändringar, fragmentering, kvävedeposition och förändrat skogsbruk visar resultaten att biologisk mångfald kommer att minska i samtliga EUländer till 2030 (Verboom m fl. 2007). De största bidragande faktorerna till denna minskning är urbanisering och ökade stressfaktorer vilket visar på vikten av noga genomtänkta naturvårdsstrategier som anpassas till framtida förhållanden på flera olika områden i samhället, lokalt, regional och globalt. Möjligheter och plattformar för flera olika aktörer inom fysiskt planering, ekologer, energisektorn, de areella näringarna, beslutsfattare och många andra bör skapas och vara en del av det institutionella anpassningsarbetet (jmf t ex resonemanget i Delbaere 2005).

Som exempel på redan existerande praktiska verktyg som skulle kunna användas är bl. a. miljökonsekvensbeskrivningar och strategiska miljöbedömningar. De är instrument och processer som redan har utvecklats för att inkorporera flera olika tekniker för beslutsfattande,

värderingar, kriterier, indikatorer och uppföljning för miljöförändringar.

Nordiska ministerrådet (2005) föreslår följande fyra prioriterade områden för att möjliggöra klimatanpassning inom naturvården:

- 1) Forskning och kunskapsbyggande som noggrant övervakar utvecklingen av klimatförändringar och dess effekter och på så sätt bidrar till anpassningsinitiativ
- 2) Förslag till praktiska åtgärder som direkt eller indirekt stödjer utvecklingen av ekosystems resiliens, buffrande förmåga och anpassning.
- 3) Anpassning av lagar och regelverk som möjliggör ett mer önskvärt beteende och hantering som minskar klimatförändringar och dess negativa konsekvenser.
- 4) Etablerande av regionalt samarbete för att koordinera anpassningsarbete i strategier och övervakningssystem av klimatförändringar.

### *Naturresevat, korridorer och förflyttning av arter*

Vissa naturvårdsåtgärder för att anpassa biologisk mångfald till klimatförändringar har diskuterats mer än andra. En förändring i klimat kommer att påverka artrikedom och utbredning vilket kan förändra värdet hos en viss yta för bevarande av arter och ekosystem (Burns & al, 2003; Rodrigues & Gaston, 2001). Därför krävs en diskussion om mer dynamisk, flexibel och interaktiv form av naturvård. Exempel på delar att beakta när naturresevat och lokala och regionala naturvårdsinitiativ utvecklas är: framtida klimat- och naturgeografiskgradienter; storleken hos naturresevat; den topografiska representationen av området; och korridorer längs klimatgradienter på mark som är lämplig och möjliggör för arter att migrera. Olika arter och organismer har olika krav på korridorer beroende på deras biologi och förmåga till förflyttning (jmf. t ex teorier om biogeografi på öar Opdam & Wascher, 2004; Hannah & al., 2002).

För att uppnå ett godtagbart och fungerande bevarande av arter och habitat i ett förändrat klimat är det därför också viktigt att förvissa sig om ”ekologiska kopplingar”, internationellt samarbete och samordning för att bli kunna etablera ekologiska korridorer mellan länder. Fuktig, lågt liggande mark skulle exempelvis kunna utformas och användas till korridorer. Att aktivt flytta arter och artificiell spridning kan också vara en strategi för att bevara vissa hotade arter i ett förändrat klimat. Det krävs dock mer forskning och en diskussion om riskerna med en sådan strategi.

### *Kan vi bygga naturvårdsstrategier på modellbaserade framtidsscenarioer?*

Vissa forskare anser att de projektioner och modelleringar av framtida konsekvenser för biologisk mångfald är så varierande att de inte direkt går att använda som policyunderlag (Araujo & New 2006, Brooker m fl. 2007). Andra, liksom vanligen beslutsfattare, menar att anpassning är nödvändig inte enbart för framtiden utan även för de negativa effekter som påverkar ekosystem idag. Ofta framhålls därtill att de anpassningsstrategier och åtgärder för att minska utsläpp och öka upptag av växthusgaser (*mitigation*) som tar hänsyn till miljö (inklusive biologisk mångfald), ekonomi och sociala faktorer, är de som har den största potentialen för positiva synergier.

Rent allmänt torde det emellertid vara en högst befogad fråga, huruvida förutsägelser om klimateffekter på biologisk mångfald är tillräckligt säkra för att motivera anpassningsåtgärder för biologisk mångfald och nya naturvårdsstrategier idag.

### *Att vänta och se*



Alternativet till att arbeta med förutsägelser är att övervaka förändringar i naturen och sätta in åtgärder när vi anser oss veta vad som håller på att hända, d.v.s. arbeta med adaptiv förvaltning. På många håll i Europa ser vi ökade insatser för miljöövervakning, vilka i Sverige delvis kommer till uttryck genom utveckling av miljömålsuppföljning. Fördelen med att bygga åtgärder på observerade förändringar är att vi undviker felsatsningar, nackdelen att vi inte alltid hinner komma igång i tid för att motverka oönskade effekter.

### *Att kombinera förutsägelser med övervakning*

En tredje väg skulle kunna vara att redan idag försöka förutsäga effekter av klimatförändringar på biologisk mångfald för att genom det arbetet påvisa vilka aspekter av biologisk mångfald-förändringar som sannolikt kan förutsägas och vilka som troligen inte kan det. För de senare kan det vara lämpligt att invänta observerade förändringar, men modelleringsresultaten bör då ligga till grund för målinriktad övervakning, d.v.s. övervakning där man särskilt tittar efter vissa indikationer på climateffekter. Utan sådan frågeställningsbaserad övervakning i klimatsammanhang är det stor risk att man missar de första indikationerna på förändringar.

Även säkerhetstänkande motiverar att man i många fall börjar anpassningsarbete baserat på förutsägelser, även om man lämpligen kompletterar med övervakning av i vilken utsträckning förutsägelseerna var korrekta.

### *Direkt tillämpbara kunskaper saknas*

Denna studie har tydligt visat att det råder stor brist på direkt tillämpbar kunskap om sambanden mellan klimatförändringar och biologisk mångfald. Samtidigt har det blivit uppenbart att vi behöver relativt ingående kunskap om arter och deras miljöer för att kunna bedriva framgångsrik naturvård. Översiktliga antaganden räcker inte.

Vad gäller biologisk mångfald och markanvändning har sådan kunskap byggts upp sedan början av 1990-talet, men vad gäller klimat återstår det, som sagt, att göra. Det är dock vår bedömning att man i stor utsträckning kan bygga på befintlig kunskap, grundforskning, tillämpad forskning och praktisk naturvårdserfarenhet, analyserad och sammanställd i ett klimatsammanhang.

I det föregående har presenterats ett antal förslag till kunskapsuppbyggnad om biologisk mångfald och klimatförändringar. En stor del av förslagen (se sammanställning i tabell 2 nedan) går ut på att sammanställa befintlig kunskap och utvärdera/analysera den i specifika klimatsammanhang. Sådan utvärdering kommer utan tvivel i många fall att ge ett bra underlag för förutsägelser, medan den i andra fall kommer att påvisa allvarlig kunskapsbrist och behov av fältundersökningar. Följande förslag som presenteras i tabell 2 är exempel på utvärdering av befintlig kunskap som antagits ha stor betydelse för vår hantering av biologisk mångfald i ett klimatsammanhang.

Tabell 2. Sammanfattning av i rapporten föreslagna åtgärder

Förslag	Ekosystem/Sektor	Typ av åtgärd	Tidsomfattning			
			<1 år	1-3 år	3-10 år	>10 år
<b>Huvudsakligen baserade på befintlig kunskap</b>						
Se över ekonomiska, praktiska och ekologiska förutsättningar för olika bruksformer som kombinerar biobränsleproduktion med naturvård	Jordbrukslandskapet; jordbruk; skogsbruk; naturvård; energi; forskning	Utredning/kunskapssammanställning baserad på empiriska och teoretiska fallstudier		√		
Effekter av biobränsleproduktion på skogens biologiska mångfald har behandlats av Skogsstyrelsen (2001), men det är angeläget att dels fördjupa utvärderingen regionvis (bl.a. baserat på de värde-trakter som utpekats i regionvisa strategier för skogsskydd), dels genomföra regionvis bedömning av effekter av produktionsformer som tillkommit sedan 2001.	Skog; skogsbruk; naturvård; energi; forskning	Utredning baserad på empiriska och teoretiska fallstudier i kombination med tänkbara produktionsförändringar	√			
Sammanställ troliga effekter på biologisk mångfald av olika slags biobränsleproduktion i olika naturtyper i olika jordbrukslandskap. Väg effekterna mot andra värderingskriterier, som lönsamhet i biobränsleproduktion och jordbruk och eventuella andra alternativa nyttjandeformer.	Jordbrukslandskapet; jordbruk; naturvård; energi; forskning	Utredning baserad på empiriska och teoretiska fallstudier i kombination med tänkbara produktionsförändringar	√			
Kategorisera olika aspekter på biologisk mångfald i termer av hur de påverkas av klimatförändringar och nyttjande av naturresurser: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Påverkas starkt av klimatförändringar oavsett val av nytt</li> <li>2. Påverkas förhållandevis lite av klimatförändringar jämfört med nyttjande och nyttjandet förväntas inte förändras</li> <li>3. Klimatpåverkan förstärks av förväntade förändringar i nyttjande</li> <li>4. Klimatpåverkan motverkas av förväntade förändringar i nyttjande</li> <li>5. Klimatpåverkan kan motverkas genom val</li> </ol>	Samtliga ekosystem; jordbruk; skogsbruk; rennäring; naturvård; forskning	Utredning/kunskapssammanställning i samverkan med forskning		√		

<p>av viss markanvändning</p> <p>6. Klimatpåverkan erbjuder möjligheter att med rätt skötsel/markanvändning förbättra situationen för viss hotad biologisk mångfald</p>						
<p>Gå igenom befintliga publicerade populationsstudier relevanta för svenska naturtyper och bedöm översiktligt studiernas generaliserbarhet. Sammanställ vilka klimatrelaterade parametrar som studerats och utvärdera möjligheterna att relatera parametrarna till biotopprocesser och klimatförändringar.</p>	<p>Samtliga ekosystem; forskning</p>	<p>Kunskapssammanställning, bearbetning av befintlig kunskap</p>	√			
<p>Gå igenom svenska naturtyper, exempelvis enligt klassificeringen i Natura 2000, på liknande sätt som beskrivits ovan för tre fjällbiotoper. Identifiera de avgörande processerna och förhållandena och bedöm deras relation till klimat och klimatförändringar, exempelvis genom att formulera frågor till klimatforskare. Bedöm även biotopers eventuella beroende av varandra samt identifiera behov av ny kunskap, kvalitativ och kvantitativ. Analysen görs lämpligen genom att kombinera biotopkunskap med kunskap om biototypiska arters krav</p>	<p>Samtliga ekosystem; forskning</p>	<p>Bearbetning av befintlig kunskap</p>		√		
<p>Sammanställ kunskap om ekologiska effekter av medelvärden resp. extremvärden. Koppla sammanställningen till utvecklingen av biotopmodeller som föreslagits ovan. Arbetet är särskilt viktigt för vissa naturtyper.</p>	<p>Samtliga ekosystem (särskilt prioriterat är fjällen)</p>	<p>Kunskapssammanställning, bearbetning av befintlig kunskap</p>	√			
<p>Sammanställ data från långliggande och potentiellt långliggande försök och utvärdera deras möjligheter i ett klimatsammanhang</p>	<p>Samtliga ekosystem; forskning</p>	<p>Kunskapssammanställning, bearbetning av befintlig kunskap</p>		√		
<p>Sammanställ, bl.a. med hjälp av NOBANIS, potentiella problematiska arter enligt kategorierna ovan, bedöm deras relation till klimatförändringarna samt föreslå motverkande åtgärder eller anpassningsåtgärder. Sammanställningen bör inkludera att utvärdera</p>	<p>Samtliga ekosystem; forskning</p>	<p>Bearbetning av befintlig kunskap</p>		√		

olika arters påverkan på sin miljö i andra klimatregioner, detta för att exempelvis bedöma eventuellt ändrad potens hos skadeorganismer och konkurrensstarka vegetationsbildare, samt lista potentiella invasionsarter från andra klimatzoner						
Utred särskilt tänkbara effekter på nyckelarter (d.v.s. arter av särskild betydelse för andra arter), med avseende på befintlig kunskap och kunskapsluckor. Initiera forskningsprojekt där kunskapsluckor redan är kända, särskilt i fall där miljöövervakningsdata och andra fältdata redan finns	Samtliga ekosystem; forskning	Bearbetning av befintlig kunskap		√		
Utpeka, på basis av expertkunskap om arter (exempelvis genom ArtDatabankens expertkommittéer), starkt klimatberoende arter, exempelvis arter beroende av is, ange hur de kan antas påverkas av klimatförändringar samt föreslå åtgärder	Samtliga ekosystem; forskning	Bearbetning av befintlig kunskap		√		
Utpeka, på basis av expertkunskap om arter, arter med krav på livsmiljö som inte kan flytta sig, exempelvis kalkberoende arter, ange hur de kan antas påverkas av klimatförändringar samt föreslå åtgärder	Samtliga ekosystem; forskning	Bearbetning av befintlig kunskap		√		
Sammanställ kunskap om värmekrävande arters krav med avseende på medeltemperatur, vintertemperatur och solbetingad lokaltemperatur	Samtliga ekosystem; forskning	Bearbetning av befintlig kunskap, ev. kompletterad av fältstudier			√	
Sätt samman listor över <ul style="list-style-type: none"> <li>Hotade arter regionalt i Sverige, i syfte att stödja 16:e miljömålet (arter skall förekomma livskraftigt i sina naturliga utbredningsområden i Sverige) och att fånga in arter som hotas av ändrade utbredningsområden till följd av klimatförändringar.</li> <li>Ansvarsarter för Sverige (arter som är eller kan förväntas bli starkt hotade i andra</li> </ul>	Samtliga ekosystem; forskning	Bearbetning av befintlig kunskap			√	

länder) och för regioner (arter som är eller kan förväntas bli hotade i andra regioner).						
Utvärdera rennäringens resp. klimatrelaterade processers påverkan på biologisk mångfald, i syfte att hitta eventuella möjligheter att kompensera oönskade klimateffekter med ändrad markanvändning.	Fjällen; rennäring; naturvård; forskning	Utredning/kunskapssammanställning i samverkan med forskning			√	
Utvärdera, tillsammans med Norge, vilka effekter glaciärernas försvinnande/minskade utbredning skulle få på biologisk mångfald knuten till exempelvis jökulälvar, sippervatten och glaciärernas närområde.	Fjällen; naturvård; forskning	Utredning/kunskapssammanställning i samverkan med forskning			√	
Undersök, genom kunskapssammanställning och fältundersökningar, positiva och negativa effekter av olika slags turismrelaterad markanvändning i fjällen, för att skapa underlag för prediktion och planering inför en eventuell intensifierad vinterturism och mot bakgrund av ökad igenväxning i fjällbiotoper.	Fjällen; turismnäring; rennäring; naturvård; forskning	Utredning/kunskapssammanställning i samverkan med forskning		√		
Sammanställ, utifrån bästa tillgängliga kunskap, vilka organismgrupper (taxonomiska och ekologiska) som kan tänkas ha naturliga spridningsvägar längs förväntade klimatgradienter, exempelvis syd-nord och mot högre altitud.	Samtliga ekosystem men fr.a. fjällen; naturvård; forskning	Utredning/kunskapssammanställning i samverkan med forskning			√	
Sammanställ troliga effekter på biologisk mångfald av olika slags tänkbara anpassningar av skogsbruket till klimatförändringar, exempelvis kortare omloppstider, byte av träslag etc. Väg effekterna mot andra värderingskriterier, som lönsamhet i biobränsleproduktion och jordbruk och eventuella andra alternativa nyttjandeformer.	Skog; skogsbruk; naturvård; energi; forskning	Utredning baserad på befintlig kunskap i kombination med tänkbara produktionsförändringar		√		
Utred förutsättningslöst möjligheterna att nå uppsatta miljömål i skogen genom nuvarande skogsbruksmodell (stor andel produktionsskog och hänsyn vid skogsbruk) och en modell med större andel icke-brukad skog men högre intensitet i produktionsskogen.	Skog; skogsbruk; naturvård; forskning	Utredning baserad på befintlig kunskap i kombination med tänkbara produktionsförändringar		√		

Sammanställ kunskap om de detaljerade kraven hos vedlevande organismer, i första hand rödlistade arter, i syfte att förutsäga effekter av exempelvis ändrad fuktighet och temperatur.	Skog; skogsbruk; naturvård; forskning	Kunskapssammanställning; bearbetning av befintlig kunskap		√		
Kartlägg i vilka områden kustekosystem kan förväntas trängas mellan ett stigande hav och brukad eller bebyggd mark.	Stränder/våtmarker/kust; naturvård	Fjärranalys, bearbetning		√		
Sammanställ kunskap, eventuellt kompletterat med fältstudier, om hur extrem- och medelvärden i vattenstånd och is påverkar biologisk mångfald i strandbiotoper och akvatiska miljöer. Terrester markanvändning, exempelvis strandbete vägs in i effektbedömningen	Stränder/våtmarker/kust; hav; naturvård; fiskerinäring; forskning	Bearbetning av befintlig kunskap, fältstudier			√	
Utvärdera vilka arter av havs- och kustfåglar, sälar, utter etc. som kan förväntas påverkas starkt av ändrad isläggning.	Stränder/våtmarker/kust; naturvård	Bearbetning av befintlig kunskap		√		
Genomför en särskild utredning om hur ett förändrat klimat direkt och indirekt förväntas påverka limnisk och marin fiskfauna.	Limniska och marina ekosystem; fiskerinäring; forskning	Bearbetning av befintlig kunskap			√	
Sammanställ troliga effekter på ekosystem och biologisk mångfald av tänkbara anpassningsåtgärder till högre vattenflöden, exempelvis invallning och reglering.						
<b>Huvudsakligen baserade på ny kunskap</b>						
Starta ett försök med reciprok transplantation av ett antal växter och eventuellt insekter längs gradienter för vilka vi kan förvänta oss förskjutningar (t ex sydliga populationer flyttas till nordgränsen, nordliga till utbredningscentrum). Följ dessa med populationsmodeller kombinerat med biotopmodeller för att hitta begränsningsmekanismer.	I princip samtliga ekosystem, men vissa är prioriterade, t.ex. skog; naturvård; forskning	Fältstudier			√	

Undersök möjligheten att hitta kritiska gränsvärden i snötäckning, temperatur, fuktighet etc. genom att studera växtsamhällen längs höjd-, nord-syd- och öst-västgradienter i fjällen	Fjällen; naturvård, forskning	Bearbetning befintliga data (t.ex. vegetationstypskartering), fältstudier			√	
Lägg upp försök för att undersöka vilken betydelse renbetet (i samspel med gnagarbete) har för vindblotte-läside-snölegemosaiken i relation till betydelsen av vinterförhållanden. Resultatet har stor betydelse för våra möjligheter att med exempelvis ändrat renbetestryck påverka klimateffekterna på fjällhed.	Fjällen; rennäring; forskning	Fältstudier			√	
Undersök torvbildande våtmarker längs altitudgradienter i syfte att prediktera effekter av ändrade klimatförhållanden.	Våtmarker; fjäll; forskning	Fältstudier			√	
Undersök konkurrensförhållanden bland epifyter och i bottenskiktet längs fuktighetsgradienter i syfte att prediktera effekter av fuktigare/torrare klimat på kryptogamer och kärlväxter.	Fjäll; skog; jordbrukslandskap; forskning	Fältstudier, bearbetning av befintlig kunskap			√	
Kartlägg i några pilotområden lågt liggande skogsmark som kan förväntas bli svårbrukad vid ett blötare klimat. Undersök genom fältstudier vilka typer av sumpskog/våtmark som kan komma att bildas om de får utvecklas fritt. Använd resultatet för att planera skogsbruk och naturvård i denna typ av områden.	Skog; våtmarker; skogsbruk; naturvård; forskning	Fältstudier kombinerade med landskapsplanering av skogsbruk			√	
Kartlägg i några pilotområden lågt liggande jordbruksmark som kan förväntas bli svårbrukad vid ett blötare klimat. Undersök genom fältstudier vilka typer av sumpskog/våtmark som kan komma att bildas om de får utvecklas fritt. Använd resultatet för att planera jordbruk, biobränsleproduktion, vattenrening och naturvård i denna typ av områden.	Jordbrukslandskap; våtmarker; skogsbruk; naturvård; forskning	Fältstudier kombinerade med landskapsplanering av jordbruk			√	
Studera arter och processer i gräsmarker längs befintliga geografiska humiditetsgradienter, i syfte att prediktera framtida utbredning av gräsmarkstyper och arter samt att ge anvisningar för modifierad skötsel. Lämpligen utnyttjas även referenslandskap utomlands (t ex torra områden i	Jordbrukslandskap; jordbruk; naturvård; forskning	Fältstudier och modellering			√	

Östeuropa) för detta arbete.						
Studera reproduktionsfenologi i relation till hävd för gräsmarksarter längs befintliga klimatgradienter i Sverige, i syfte att prediktera effekter av tidigare vårar, varmare somrar etc.	Jordbrukslandskap; jordbruk; naturvård; forskning	Fältstudier och modellering			√	
Studera och beskriv arter, biotopstrukturer och processer i ett antal viktiga kustbiotoper längs en landhöjningsgradient från exempelvis södra Gästrikland till Skåne, i syfte att prediktera effekter av upphörd och reverserad strandlinjeförskjutning.	Stränder/våtmarker/kust; hav; naturvård; fiskerinäring; forskning	Fältstudier			√	
<b>Miljöövervakning</b>						
Se över och modifiera vid behov befintlig miljöövervakning, uppföljning av Natura 2000 samt miljömålsuppföljning med avseende på att riktat övervaka indikationer på klimatförändringar. Orsakssamband bör påvisas för att ligga till grund för åtgärder.	Samtliga ekosystem; naturvård; forskning	Utredning, metodutveckling		√		
<b>Utveckling av nya arbetssätt och rutiner</b>						
Ta fram rutiner för hantering av biologisk mångfald i arbete med anpassning till klimatförändringar. Arbetet innefattar bedömning av samordningsbehov mellan aktörer, regioner/nationer etc.	Myndigheter; forskning	Utredning baserad på fallstudier	√	√		
Ta fram rutiner för hur klimatförändringar hanteras i biologisk mångfald-sammanhang, exempelvis i existerande verktyg och riktlinjer och lagstiftning, som MKB och SMB. Arbetet innefattar bedömning av samordningsbehov mellan aktörer,	Myndigheter; forskning	Utredning baserad på fallstudier	√	√		



regioner/nationer etc.						
Utred synergier mellan Kyotoprotokollet, CBD och arbetet för uthållig utveckling	Myndigheter; forskning	Utredning baserad på fallstudier		√		

## Referenser

- Araujo, M.B. and New, M. 2006. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Evolution and Ecology* 22(1): 42-47
- Bakkenes, M., Eickhout, B., Alkemade, R. 2006. Impacts of different climate stabilisation scenarios on plant species in Europe. *Global Environmental Change* 16: 19–28.
- Bergström, S., Hellström, S. och Andréasson, J. 2006. Nivåer och flöden i Vänerens och Mälarens vattensystem – Hydrologiskt underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen. SMHI Reports Hydrology No 20. SMHI, Norrköping, Sverige.
- Berry, P. M. Dawson, T. P., Harrison, P. A Pearson R. and Butt. N. 2003. The sensitivity and vulnerability of terrestrial habitats and species in Britain and Ireland to climate change. *Journal for Nature Conservation* 11(1):15-23.
- Björklund Olovsson M., Lennartsson T., Moen, J., Linkowski W. I. In press. Storslagen fjällmiljö, för vem?- En jämförelse mellan odlingslandskapet och fjällens miljömål. I Naturvårdskedjans avnämrbok, CBM)
- Blenckner, T., Omstedt A. and Rummukainen, M. 2002. A Swedish case study of contemporary and possible future consequences of climate change on lake function. *Aquatic Sciences* 64(2): 171-184
- Brooker, R.W., Travis, J.M.J., Clark, E.J. and Dytham, C. 2007. Modelling species' range shifts in a changing climate: The impacts of biotic interactions, dispersal distance and the rate of climate change. *Journal of Theoretical Biology* 245: 59–65.
- Burns, C.E. & al. 2003. Global climate change and mammalian species diversity in U.S. national parks, Proceedings of the National Academies of Sciences of the United States of America, 100: 11474-11477.
- Cairns, D.M. and Moen, J. 2004 Herbivory influences tree lines. *Journal of Ecology* 92(6):1019-1024
- Callaghan, T. V., Bjorn, L. O., Chernov, Y., Chapin, T., Christensen, T. R., Huntley, B., Ims, R. A., Johansson, M., Jolly, D., Jonasson, S., Matveyeva, N., Panikov, N., Oechel, W., Shaver, G., Elster, J., Henttonen, H., Laine, K., Taulavuori, K., Taulavuori E. and Zockler C. 2004. Biodiversity, distributions and adaptations of arctic species in the context of environmental change. *Ambio* 33(7), 404-417
- CBM 2004. Sveriges genomförande av konventionen för biologisk mångfald avseende främmande arter och genotyper, Centrum för biologisk mångfald, regeringsuppdrag 2002-03-21.
- Clapperton MJ, Kanashiro DA, Behan-Pelletier VM. 2002. Changes in abundance and diversity of micro-arthropods associated with Fescue Prairie grazing regimes. *Pedobiologia* 46:496-511.
- de Jong, J., Almstedt, M. (red.) 2004. Död ved i levande skogar, hur mycket behövs och hur kan målet nås? Naturvårdsverket Rapport 5413, Stockholm
- Delbaere, B. 2005. European Policy Review Biodiversity and climate change. *Journal for Nature Conservation* 13: 275—276
- Ecke, F. & Hörnfeldt, B. 2005. Vådan av varmare vintrar för sork och lämmel, Miljöforskning nr 5-6 05

- Edenhamn, P., Ekendahl, A., Lönn, M., Pamilo, P. 1999. Spridningsförmåga hos svenska växter och djur. Naturvårdsverket Rapport 4964.
- Elsasser, H. and Burki, R. 2002. Climate change as a threat to tourism in the Alps. *Climate Research* 20(3): 253-257
- Elven, R. 1990. Opublicerad fältkursstencil för Telemark och Oppdal. Oslo.
- Eriksson, H., Wallin, B. 2005. Påverkar energianvändning och biologisk mångfald – kommentar. I LUSTRA, årsrapport 2005, SLU/Repro, Uppsala
- Fankhauser & al. (1999) Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions. *Ecological Economics* 30: 67-78.
- Fjällfokus 2003. Storskaligt överbete i fjällen – en myt Fjällfokus 11:2003.
- Forbes, B. C., Fresco, N., Shvidenko, A., Danell K. and Chapin, F. S. 2004. Geographic variations in anthropogenic drivers that influence the vulnerability and resilience of social-ecological systems. *Ambio* 33(6): 377-382
- Fronzek, S., Luoto, M. and Carter, T.R. 2006. Potential effect of climate change on the distribution of palsa mires in subarctic Fennoscandia. *Climate Research* 32(1): 1-12
- Gustafsson 2006. Klimathotet och skogens biologiska mångfald. Skogsstyrelsen Rapport 6:2006
- Hannah, L. & al. (2002) Climate change-integrated conservation strategies. *Global Ecology & Biogeography*, 11(6): 485.
- Harrison, P.A, Berry, P.M. Butt N. and New, M. 2006. Modelling climate change impacts on species' distributions at the European scale: implications for conservation policy. *Environmental Science & Policy* 9: 116–128.
- Hoffmann, A.A. & Blows, M. W. 1994 Species borders: ecological and evolutionary perspectives. *Trends in Ecology and Evolution* 9: 223-227
- Huisman, J. Sharples, J., Stroom, J. M., Visser, P. M, Kardinaal, W. E. A., Verspagen J. M. H. and Sommeijer B. 2004. Changes in turbulent mixing shift competition for light between phytoplankton species. *Ecology* 85(11): 2960-2970
- IPCC WG II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report. 2007. Climate Change 2007: Climate Change impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers. Drafting Authors: Adger, N. m fl.. April 6<sup>th</sup>, 2007.
- IUCN 2005. Conserving biodiversity to cope with climate change - An overview of the issues
- Johansson, M., Christensen, T. R., Akerman H. J. and Callaghan, T. V. 2006. What determines the current presence or absence of permafrost in the Tornetrask region, a sub-arctic landscape in Northern Sweden? *Ambio* 35(4):190-197.
- Johansson, M.M., Kahma, K.K., Boman, H., Launianen, J. 2004. Scenarios for the sea level on the Finnish coast. *Boreal Env. Res.* 9:153-166
- Jonsell, B. 1990. Fjällendemism och annan endemism i Skandinavians flora. *Blyttia* 48: 79-82.

- Karlsson, J., Jonsson A. and Jansson M. 2005. Productivity of high-latitude lakes: climate effect inferred from altitude gradient. *Global Change Biology* 11(5): 710-715
- Kim, J.A. 2004. Regime interplay: the case of biodiversity and climate change. *Global Environmental Change* 14: 315–324
- Kullman, L. 2003. Förändringar i fjällens växtvärd – effekter av ett varmare klimat. *Svensk botanisk tidskrift* 97:5)
- Lawrence, D.M. and Slater, A.G. 2005. A projection of severe near-surface permafrost degradation during the 21st century. *Geophysical Research Letters* 32(24):
- Lee, S. E., Press, M. C., Lee, J. A, Ingold T. and Kurttila, T. 2000. Regional effects of climate change on reindeer: a case study of the Muotkatunturi region in Finnish Lapland. *Polar Research* 19(1): 99-105.
- Lennartsson T. & J. Oostermeijer, J. G. B. 2001. Demographic variation and population viability in *Gentianella campestris*: effects of grassland management and environmental stochasticity. *Journal of Ecology* 89, 451-463.
- Lennartsson, T. & Vessby, K. 1996. Ledskärsområdet: naturvärden, vegetation och förslag till skötselplan. *Upplandsstiftelsens stencilserie* 1996:6.
- Lennartsson, T. 2000. Management and population viability of the pasture plant *Gentianella campestris*: The role of interactions between habitat factors. *Ecological Bulletines* 48: 111-121.
- Lennartsson, T. Linkowski, W. & Björklund M. In press. Biologisk mångfald i fjällbiotoper. I: Almstedt, M. & Ebenhard, T: *Naturvårdskedjans AvnämARBOK*, Centrum för Biologisk Mångfald 2007.
- Lennartsson, T. Hoflin, M. 2005. Miljöersättningsrelaterade skötselproblem i naturbetesmarker, ett regionalt inspel om CAPs miljöeffekter. *CBM och Upplandsstiftelsen*.
- Lennartsson, T., Stighäll, K., Blom, G. & Mild, K. 2005. Landmiljöer i kust och skärgård. *Naturvårdsverket Rapport* 5482.
- Linkowski, W. Lennartsson, T. 2002. Biotopfragmentering och biologisk mångfald – en kunskapssammanställning. *Jordbruksverket*.
- Linkowski, W. I. & Lennartsson T. 2006. Renbete och biologisk mångfald. Dokumentation av seminarium. *Länsstyrelsen i Norrbottens län, Rapport* 16/2006.
- Linkowski, W. I. & Lennartsson T. 2006a. Renbete och biologisk mångfald. *Kunskapssammanställning. Länsstyrelsen i Norrbottens län, Rapport* 18/2006.
- Linkowski, W. I. & Lennartsson T. 2006b. Biologisk mångfald i fjällbjörkskog - en kunskapssammanställning. *Länsstyrelsen i Norrbottens län, Rapport* 2/2006.
- Linkowski, W. I., Lennartsson, T., Hörnberg, G., Ehnström, B. 2006. Naturvärden i fjällbjörkskog. Dokumentation av seminarium. *Länsstyrelsen i Norrbottens län, Rapport* 3/2006.
- Maracchi, G. Sirotenko, O. and Bindi, M. 2005. Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Climatic Change* 70(1-2):117-135.
- Meier, H. E. M., Doscher R. and Halkka A. 2004. Simulated distributions of Baltic Sea-ice in warming climate and consequences for the winter habitat of the Baltic ringed seal. *Ambio* 33(4-5): 249-256

- Menges, E. S. 2000. Applications of population viability analyses in plant conservation. *Ecological Bulletines* 48: 73-84.
- Metzger, M.J. Rounsevell, M.D.A., Acosta-Michlik, L., Leemans, , R., Schröter, D. 2006. The vulnerability of ecosystem services to land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114: 69–85
- MICE (2004) Modelling the impacts of climate extremes. EU-project.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005. Ecosystems and human well-being. Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC
- Moen, J. I, Aune1, K. Edenius,L and Angerbjoörn, A. 2004. Potential Effects of Climate Change on Treeline Position in the Swedish Mountains. *Ecology and Society* 9(1): 16
- Nilsson, C., Jansson, R., Ström, L. 2005. Våtmarkerna drabbas hårt. *Miljöforskning* 5-6 35-35
- Nogues-Bravo, D. Araujo, M.B. Erread, M.P. and Martinez-Rica . J.P. 2007. Exposure of global mountain systems to climate warming during the 21st Century. *Global Environmental Change In Press*
- Nordic Council of Ministers. 2005. Conservation of Nordic nature in a changing climate. Temanord 2005:572. Copenhagen, Denmark.
- Noss, R.F. 2001. Beyond Kyoto: Forest management in a time of rapid climate change. *Conservation Biology* 15(3): 578-590
- Ojaveer, E. and Lehtonen, H. 2001 Fish stocks in the Baltic Sea: finite or infinite resource? *Ambio* 30(4-5):217-221
- Olesen, J. E. and Bindi, M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy* 16(4): 239-262
- Pettorelli, N. , Weladji, R. B., Holand, O., Mysterud, A., Breie H. and Stenseth N. C. 2005. The relative role of winter and spring conditions: linking climate and landscape-scale plant phenology to alpine reindeer body mass. *Biology Letters* 1(1):24-26
- Ranius T, Kindvall O. 2006. Extinction risk of wood-living model species in forest landscapes as related to forest history and conservation strategy. *Landscape Ecology* 21: 687-698.).
- Rautiainen, P. 2006. Population biology of the *Primula sibirica* group species inhabiting frequently disturbed seashore meadows: implications for management. Thesis, Acta Universitatis Ouluensis, ASRN 453, Oulu
- Reid, H., Pisupati, B. and Baulch, H. 2004. 'How Biodiversity and Climate Change Interact' SciDev.Net BiodiversityDossier Policy Brief.
- Renaud, P.E., Ambrose, W.G., Vanreusel, A. and Clough, L.M. 2006. Nematode and macrofaunal diversity in central Arctic Ocean benthos. *Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology* 330(1): 297-306
- Rodrigues, A.S.L. & Gaston, K.J. 2001. How large do reserve networks need to be? *Ecology Letters*, 4: 602

Rounsevell, M. D. A., Berry, P. M. and Harrison, P. A. 2006. Future environmental change impacts on rural land use and biodiversity: a synthesis of the ACCELERATES project. *Environmental Science & Policy* 9(2):93-100

Schröter, D. Cramer, W., Leemans, R., Prentice, I. C., Araujo, M. B., Arnell, N. W., Bondeau, A., Bugmann, H., Carter, T. R., Gracia, C. A., de la Vega-Leinert, A. C., Erhard, M. Ewert, F., Glendining, M., House, J. I., Kankaanpää, S., Klein, R. J. T., Lavorel, S., Lindner, M., Metzger, M. J., Meyer, J., Mitchell, T. D., Reginster, I., Rounsevell, M., Sabate, S., Sitch, S., Smith, B., Smith, J., Smith, P., Sykes, M. T., Thonicke, K., Thuiller, W., Tuck, G., Zaehle S. and Zierl, B. 2005. Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science* 310(5752):1333-1337

Secretariat on the Convention of Biological Diversity United Nations Environment Programme. Climate Change and Biodiversity Executive Summary of the report on Interlinkages Between Biological Diversity and Climate Change (CBD Technical Series no. 10 [2003]).

<http://www.biodiv.org/programmes/cross-cutting/climate/interlinkages.asp?thm=bio> Accessed 2007-03-15

Skogsstyrelsen 2001. Skogsbränsle, hot eller möjlighet? – Vägledning till miljövänligt skogsbränsleuttag. Skogsstyrelsens förlag, Jönköping.

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., van Jaarsveld, A. S., Midgley, G. F., Miles, L., Ortega-Huerta, M. A., Peterson, A. T., Phillips, O. L. and Williams, S. E. 2004. Extinction risk from climate change. *Nature* 427(6970), 145-148

Thuiller, W. Lavorel, S. Araujo, M. B. Sykes . M. T. and Prentice, I. C. 2005. Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102(23): 8245-8250

UNEP 2006. Migratory species and climate change – Impacts of a changing environment on wild animals, United Nations Environment Programme and Convention on Migratory Species

van Wijk, M.T., Clemmensen, K.E., Shaver, G.R., Williams, M. Callaghan, T.V., Chapin III, F.S., Cornelissen, J.H., Gough, L., Hobbi, S.E., Jonasson, S., Lee, J.A., Michelsen, A., Press, M.C., Richardson, S.J., Rueth, H. 2003. Long-term ecosystem level experiments at Toolik Lake, Alaska, and at Abisko, Northern Sweden: generalizations and differences in ecosystem and plant type responses to global change. *Global Change Biology* 10: 105-123

Wang, M. Y. and Overland, J. E. 2004. Detecting arctic climate change using Koppen climate classification. *Climatic change* 67(1):43-62

Weladji, R. B. and Holand, O. 2003 Global climate change and reindeer: effects of winter weather on the autumn weight and growth of calves. *Oecologia* 136(2):317-323

Verboom, J., Alkemade, R., Klijna, J., Metzger, M.J, Reijnen, R. 2007. Combining biodiversity modeling with political and economic development scenarios for 25 EU countries. *Ecological Economics* In Press

Wissman, J. 2006. Grazing Regimes and Plant Reproduction in Semi-Natural Grasslands. *Acta Universitatis Agriculturae Suecicae* 2006:40.

Würsig, B., Reeves, R.R., Ortega-Ortiz, J.G. 2002. Global climate change and marine mammals. I: Evans, P.H.G. och Raga, J.A. (red) Marine mammals – biology and conservation. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York

## Muntliga referenser

Joel Berglund, Upplandsstiftelsen  
Jan-Olov Björklund, Naturvårdskonsult, fjärilsexpert  
Torbjörn Ebenhard, Centrum för Biologisk mångfald  
Jan Gustavsson, Jordbruksverket  
Svante Hultengren, Naturcentrum AB  
Ola Inghe, Naturvårdsverket  
Gustav Johansson, Upplandsstiftelsen  
Oskar Kindvall, ArtDatabanken  
Karin Perhans, Inst. för Ekologi, SLU  
Johan Persson, Upplandsstiftelsen  
Lena Tranvik, ArtDatabanken och Naturvårdsverket