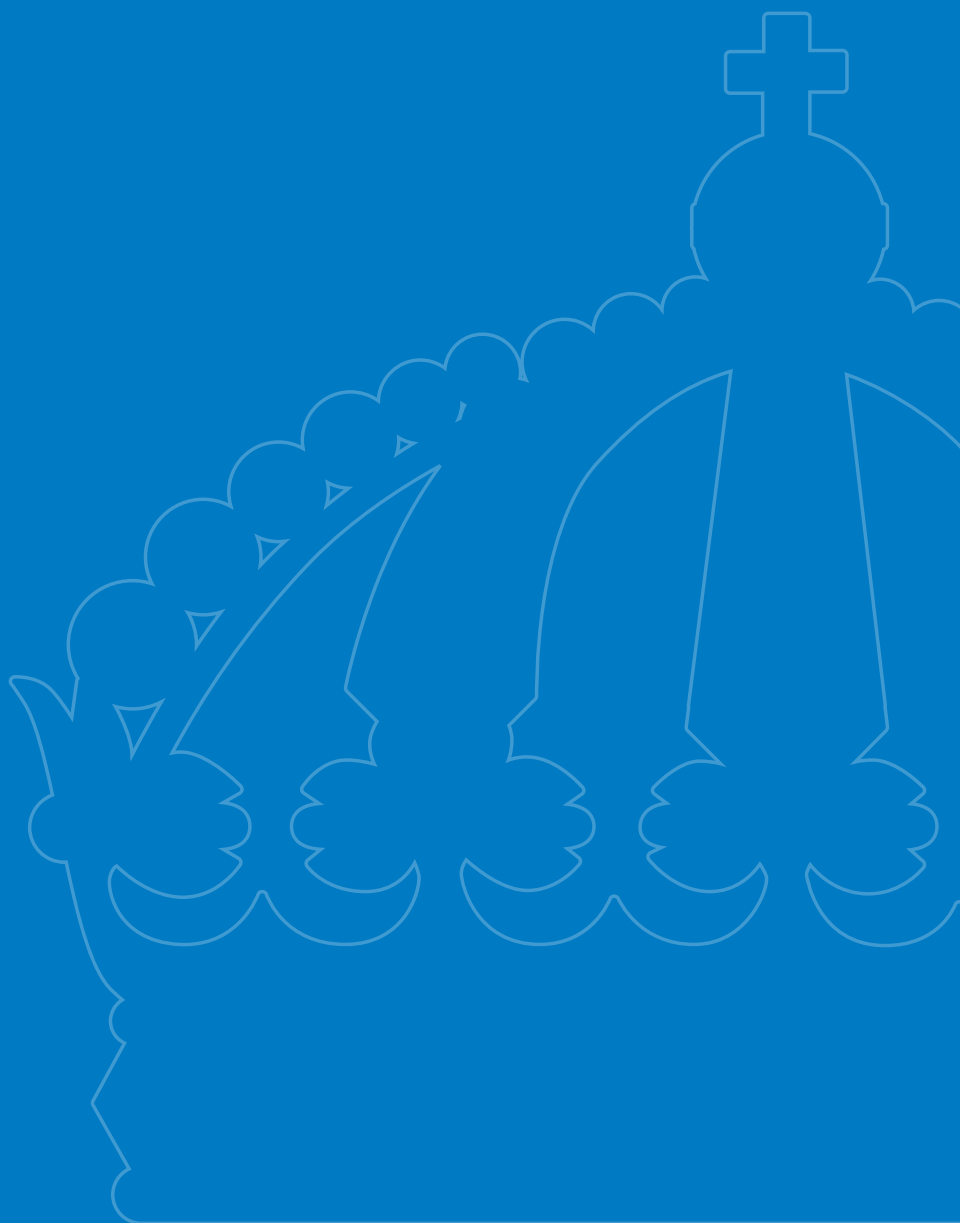




Miljötillståndet i fjällen Jämtlands län 2023





UTGIVEN AV: Länsstyrelsen Jämtlands län, December 2023.

TEXT: Tomas Bergström och Ingemar Näslund

FOTO OMSLAG: Sylarnas fjällstation med Snasahögarna i bakgrunden.
Foto: Tomas Bergström. Spridningstillstånd LM2023/45670

KARTOR: © Lantmäteriet Geodatasamverkan - GSD Topografisk webbkarta

FORM: Pondus Kommunikation

LÖPNUMMER: 2023:14

DIARIENUMMER: 501-8447-23

PUBLIKATIONEN KAN LADDAS NER FRÅN VÅR HEMSIDA:
www.lansstyrelsen.se/jamtland

Innehållsförteckning

Förord	4
Sammanfattning	5
Inledning	7
Syfte och mål	8
Metodik	9
Tillståndsbeskrivning	12
Luftmiljön	12
Vattenmiljöer	12
Grundvatten	12
Försurande ämnen i vatten	13
Näringsämnen i vatten	13
Bottendjur i sjöar och vattendrag	14
Fiskar	14
Landmiljöer	15
Fjällvegetation	15
Fjällnära skog	16
Fåglar	17
Däggdjur	18
Miljögifter	19
Klimat	20
Glaciärer	21
Trädgräns	22
Nationell rapportering	22
Bristanalys	24
Referenser	26
Bilaga	27
Faktablad 1-24	27

Förord

Fjällområdet har en stor betydelse för länets identitet och intresset för fjällen är stort hos såväl länsbor som besökare. Fjällens storslagenhet, natur och kultur medför även ett ansvar att förvalta för framtiden.

Men hur står det då till med fjällmiljön idag? Larmen duggar tätt ibland – exploatering av olika slag, hotade arter, klimatförändringar – listan kan göras lång över den miljöpåverkan som berör fjällmiljön. Frågorna ställs, och svaren varierar, ofta beroende på vilket perspektiv man utgår ifrån. Men vad vet vi då om fjällmiljön?

Goda kunskaper om tillståndet i fjällen är en förutsättning för att lösa flertalet av Länsstyrelsens uppdrag och för samhället i övrigt. Med denna rapport vill vi bidra till att öka denna kunskap och ge en samlad bild över den bredd av miljödata som kan användas för att beskriva miljötillståndet i fjällområdet. De faktablad som tagits fram och presenteras i denna rapport bygger på resultat från regional och nationell miljöövervakning, olika inventeringar, uppföljningar och andra undersökningar som görs av fjällområdets vatten-, luft-, och landmiljöer. Vi har också låtit SMHI sammanställa och analysera klimatets utveckling i länets fjällområden utifrån de mätningar som pågått de senaste 100 - 150 åren.

Arbetet påbörjades 2021 som ett prioriterat strategiskt verksamhetsområde för Länsstyrelsen i Jämtlands län. Vattenenheten har samordnat arbetet tillsammans med representanter från berörda enheter. Vårt gemensamma arbete med att ta fram aktuella planerings- och kunskapsunderlag är en viktig del i Länsstyrelsens arbete med att uppnå miljö kvalitetsmålen och de globala hållbarhetsmålen inom Agenda 2030. Tillsammans hjälps vi åt att förvalta vår storslagna fjällmiljö och nå en hållbar utveckling.

Sammanfattning

Fjällområdet utgör en stor del av Jämtlands län geografiskt sett, har betydelse för länets identitet och är dessutom en väsentlig del av kulturlandskapet. Fjällen har de mest opåverkade naturmiljöerna i länet, i Sverige och även sett i ett europeiskt perspektiv. Detta trots att det är ett landskap som nyttjats av människan i årtusenden. Djupa och breda kunskaper om fjällmiljön är en förutsättning för en hållbar utveckling. Syftet med detta arbete har varit att samla befintlig kunskap om tillståndet för naturmiljön i länets fjällområden. Syftet har även varit att sprida den kunskap och fakta som finns om fjällmiljön. Avsikten är att komplettera med fakta angående hur människan och samhället nyttjar fjällområdet i ett nästa skede.

Miljömålet Storslagen fjällmiljö anger att fjällen ska ha en hög grad av ursprunglighet vad gäller biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden. Denna sammanställning ska ses som ett underlag i arbetet med att nå miljö kvalitetsmålen. Dessutom berörs de globala målen för hållbar utveckling i Agenda 2030, inte minst målet för ekosystem och biologisk mångfald.

Information om naturmiljön i fjällen har, där det har varit möjligt, samlats i och presenterats i form av faktablad. Kvalitet och skillnader i insamling av data och redovisning gör att kunskapsunderlaget är varierande och i vissa fall bristfälligt för att säkra slutsatser ska kunna dras. Dock finns god kunskap om tillståndet för flera arter och parametrar.

Klimatets utveckling och förändring har stor betydelse för tillståndet för naturmiljön. Därför har Länsstyrelsen givit i uppdrag till SMHI att genomföra en sammanställning och analys av klimatets utveckling utifrån befintliga mätstationer i fjällområdet. I tillägg finns även en beskrivning av klimatet i ett tusenårigt perspektiv utifrån dendrokronologi, studier av trädens årsringar, baserat på prover från Jämtlandsfjällen.

Förändringar av miljötillståndet för en rad olika parametrar relateras i första hand till förändrat klimat och mer storskaliga regionala förändringar. Att förutspå framtida effekter av ett förändrat klimat är dock komplext och kräver mer avancerade analyser än vad detta arbete har omfattat. Effekter av påverkan från punktkällor eller lokal verksamhet fångas endast upp i begränsad omfattning. Nedan följer en kort sammanfattning av vad de faktablad som tagits fram och de analyser som gjorts visat på.

- » Klimatet i fjällen förändras. Temperaturen ökar liksom nederbördsmängden. Vegetationsperioden förlängs, antalet isfria dagar på sjöar ökar medan vårfloden tidigare läggs. Länets glaciärer har dragit sig tillbaka sedan början av förra seklet.
- » Vegetationen i fjällen förändras. Trenden är att antalet arter av kärlväxter ökar på kalfjället. Trädgränsen förskjuts uppåt i höjdlängd. En stor del av detta går att koppla till ett förändrat klimat men variationen i vegetationsutveckling mellan olika områden är stor. Andra processer som exempelvis förändringar i renskötsel och avslutat fåbodarbruk torde också inverka.

- » Långväga transporterade luftföroreningar i form av ämnen innehållande svavel och kväve har reducerats kraftigt under de senaste decennierna. Som en följd av detta har försmurningen av ytvatten minskat men i vissa av länets fjällområden kvarstår omfattande försmurningsproblem.
- » Långväga luftburna miljögifter återfinns också i fjällvattnen men halterna av de vanligaste av miljögifterna i fisk i är generellt låga och de underskrider aktuella gränsvärden med marginal. "Nyare" eller senare uppmärksammade miljögifter som exempelvis flamskyddsmedel och PFAS registreras också i fjällvattnen. I dagsläget är undersökningarna få och kunskaperna begränsade om omfattning och effekter.
- » I fjällsjöarna förskjuts sammansättningen av fiskbestånden. I sjöar med öring och röding minskar andelen röding.
- » I länets fjällområden uppvisar rovfåglar, som kungsörn och jaktfalk, relativt stabila populationsnivåer. Mängden ripor varierar mellan åren där fjällripa har haft en stabilare utveckling än dalripan över tid. De grupper av fågelarter som häckar i fjällen och används som indikatorer på tillståndet i fjällmiljön, har haft en negativ trend fram till början av 2010-talet. Men sedan dess ökar nu båda dessa grupper av fjällfåglar.
- » Björn- och järvpopulationerna har en stabil situation i fjällområdet, medan däremot lodjuren minskat kraftigt de senaste åren. Järv har även spridit sig till områden utanför fjällområdet.
- » Fjällräv har haft en positiv utveckling och ökat i antal och spridit sig till fler fjällområden. Ett resultat av intensivt naturvårdsarbete genom olika EU-finansierade projekt.
- » Variationer mellan år är stora i fjällmiljön. Exempelvis varierar antalet smågnagare kraftigt mellan åren vilket ger följd effekter på andra djur, fåglar och vegetation. Även vädret varierar, vilket bland annat påverkar snömängder och snölegors förekomst under sommaren.

Påverkan och förändringar utanför fjällområdet ger även effekter i fjällmiljön. Luftföroreningar kan färdas långt, från andra länder och världsdelar. Fåglar som häckar i fjällmiljön flyttar ut från fjällområdet och tillbringar stora delar av året långt utanför Sveriges och ibland Europas gränser. En negativ trend för en art behöver således inte vara kopplad till en negativ påverkan inom fjällområdet.

De slutsatser som presenteras speglar aktuellt kunskapsläge utifrån tillgängliga data. Ytterligare inventeringar och mätningar, framför allt inom ramen för längre tidsserier är önskvärda. Likaså löpande sammanställningar, analyser och presentation av befintliga data. Befintliga data är ofta på regional nivå. Ett behov finns av mer riktade insatser inom begränsade områden för att kunna ge bättre stöd i förvaltningsperspektiv.

Inledning

Länsstyrelsen i Jämtlands län har under flera år, inom ramen för ordinarie verksamhet och uppdrag i övrigt, ägnat fjällområdet särskild uppmärksamhet. Länets fjällområden är betydelsefulla sett ur en rad olika synvinklar. Det är ett landskap där renskötsel och annan markanvändning bedrivits sedan mycket lång tid tillbaka. I grunden utgör dock fjällen de mest opåverkade naturmiljöerna vi har i länet, och det även i ett europeiskt perspektiv. Här är markanvändning, infrastruktur och påverkan i övrigt mindre omfattande än i länet som helhet. Men fjällområdet har också stor samhällsekonomisk betydelse. En väsentlig andel av länets företagande och näringsliv återfinns i fjällen. Jord- och skogsbruk, rennäring, energiutvinning, besöksnäring och modern infrastruktur har successivt etablerats. Dessa aktiviteter leder, tillsammans med långväga transporterade föroreningar, klimatförändringar och en del annat, till olika former av miljöpåverkan i fjällområdet. För att kunna bedöma en sådan påverkan behöver miljötilståndet först beskrivas.

Fjällmiljön räknas som extra känslig. Klimatet är i flera avseenden kärvt och många arter av växter och djur existerar i fjällen och i fjällnära områden på randen av sina utbredningsområden. Vissa djurpopulationer migrerar över stora geografiska områden och de naturliga svängningarna i populationstäthet är betydande. Fjällmiljön är generellt sett artfattig och ett fåtal arter har stor betydelse för fjällekosystemens struktur och funktion (till exempel ren och smågnagare). Vidare är klimatförändringar redan en realitet i fjällområdet och framtagna scenarier visar att ytterligare förändringar av temperatur- och nederbördsmonster kan förväntas.

Det nationella miljö kvalitetsmålet Storslagen fjällmiljö definierar den målbild som riksdagen fastställt: "Fjällen ska ha en hög grad av ursprunglighet vad gäller biologisk mångfald, upplevelsevärden samt natur- och kulturvärden. Verksamheter i fjällen ska bedrivas med hänsyn till dessa värden så att en hållbar utveckling främjas. Särskilt värdefulla områden ska skyddas mot ingrepp och andra störningar."

Miljömålet innehåller vidare en rad preciseringar där bland annat miljötilstånd, ekosystemtjänster, bevarade natur- och kulturvärden, hotade arter lyfts fram som viktiga områden. Detta, tillsammans med flera andra miljömål, ligger till grund för Länsstyrelsens arbete med fjällområdet där naturvård, prövning och tillsyn av miljöfarlig verksamhet, samt förvaltning av vilt och fisk utgör viktiga delar. Länsstyrelsens arbete utgår dessutom från Agenda 2030 och de globala målen för hållbar utveckling. Flera av målen, med respektive delmål, berörs. Framför allt gäller detta för målen: 6 – Rent vatten och sanitet för alla, 7 – Hållbar energi för alla, 9 – Hållbar industri, 12 – Hållbar konsumtion och produktion, 13 – Bekämpa klimatförändringarna och 15 – Ekosystem och biologisk mångfald.

För att i någon utsträckning beskriva miljötilståndet och följa utvecklingen i fjällen genomförs miljöövervakning i olika former och på olika nivåer. På nationell nivå har Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten det övergripande ansvaret för en stor del av miljöövervakningen. Därutöver finns en regional miljöövervakning som genomförs i länsstyrelsens regi. Utöver dessa verksamheter följer kommuner, universitet, vissa företag och en del andra aktörer olika delar av miljötilståndet i fjällen.

Data om tillståndet i miljön och dess utveckling över tid samlas in för en rad olika parametrar. Övervakningen är på intet sätt heltäckande och behovet av mätningar betydligt större än vad som är fallet idag. Men man kan följa utvecklingen för flera komponenter i fjällmiljön, exempelvis fjällvegetation, hotade arter och vattenkvalitet.

Av stort intresse är i vilken utsträckning och hur de pågående klimatförändringarna påverkar och kommer att påverka fjällområdet. Vi vet att klimatet redan har förändrats i viss omfattning och att förändringarna i framtiden kan komma att bli extra stora just i fjällen. Mycket talar till exempel för att ett varmare klimat kommer att förändra fjällvegetationen. Värmekänsliga arter och arter som av klimatskäl idag återfinns på lägre höjd kommer att gynnas. Det finns sammantaget anledning att misstänka att ekosystemen i fjällen som helhet kommer att förändras avsevärt som en följd av bland annat högre temperaturer och ändrad nederbörd.

Avsikten med föreliggande rapport är att i form av faktablad kort presentera resultaten från de löpande undersökningar som genomförs i Jämtlands läns fjällområden och på så sätt beskriva tillståndet i miljön idag. I tillägg presenteras en rapport från SMHI där klimatets utveckling det senaste seklet i länets fjäll beskrivs utifrån de tillgängliga faktiska data som föreligger för temperatur, nederbörd, vind, vattenflöden med mera. Avslutningsvis sammanfattas slutsatser kring miljötillståndet, och kunskapen därom, för fjällområdet. I det fortsatta arbetet är avsikten att tillföra en beskrivning och sammanställning av pågående miljöpåverkan utifrån dagens nyttjande och exploatering. Exempelvis rennärning, turism, skogsbruk, energiuttag, friluftsliv, jakt och fiske, infrastruktur, kulturmiljöer och byggande samt annan exploatering.

Syfte och mål

Jämtlands län har ett utpräglat fjällandskap och goda kunskaper om fjällmiljön är en förutsättning inom flertalet av länsstyrelsens uppdrag. En samlad bild över miljötillståndet baserat på tillgängliga data och underlag från den övervakning som pågår av landmiljön, luftmiljön, vatten och arter, har saknats. Syftet är därför att samla existerande kunskap om tillståndet i länets fjällområden för att uppnå en god samordning internt och externt kring frågor som rör fjällmiljön. Syftet är även att sprida den samlade kunskap och fakta som finns om fjällmiljön.

Målet är att ta fram ett kunskapsunderlag som ger en så heltäckande bild som möjligt av miljötillståndet i fjällen genom att sammanställa och analysera befintliga relevanta miljödata. Miljödata ska tillgängliggöras såväl internt som externt.

Metodik

Denna rapport innehåller grundläggande data för miljötillståndet i fjällområdet och bygger till stor del på resultatet av miljöövervakning och andra undersökningar som genomförs i länet. Verksamheter och nyttjande av fjällområdet har inte tagits med i detta steg utan kommer att sammanställas i en separat del.

Rapportdelen redovisar en sammanfattning av det faktaunderlag som presenteras i bilagorna. Faktabladen redovisar faktiska data samt var fördjupande information kan hämtas.

Underlag har hämtats in från olika expertområden vid Länsstyrelsen Jämtlands län och från externa organisationer, främst universitet och andra nationella myndigheter. Beskrivningarna av miljötillståndet har naturligt varit beroende av vilken data som finns tillgänglig och som också har varit möjlig att analysera inom ramen för detta arbete. För exempelvis luft- och vattenkvalitet finns många fler ämnen analyserade än vad som har varit möjligt att visa i denna sammanställning. I vissa fall finns data och information sammanställda för fjällområdet alternativt kan de relativt enkelt anpassas. I andra fall så finns inte data sammanställda alternativt att data inte finns i den omfattning som efterfrågats. Informationen presenteras i form av faktablad som beskriver tillståndet och utvecklingen för respektive art eller parameter i naturmiljön i länets fjällområde. Respektive faktablad ska kunna läsas separat och biläggas till denna rapport. Totalt har 24 faktablad sammanställts.

INGÅENDE FAKTABLAD

1	Fiskpopulationer i fjällsjöar
2	Näringsämnen, kiselalger och växtplankton i vatten
3	Bottenfauna
4	Bladfotingar
5	Vattentemperatur och ljusinstrålning i akvatiska miljöer
6	Försurning
7	Grundvatten - nivåer
8	Grundvatten - kvalitet
9	Luft
10	Fjällnära skog
11	Kärlväxter i Jämtlandsfjällen
12	Fåglar i fjällen
13	Jaktfalk
14	Kungsörn
15	Smågnagare
16	Fjällräv
17	Stora rovdjur
18	Älg, kronhjort och skogshare
19	Miljögifter i ytvatten
20	Miljögifter i fisk
21	Främmande arter
22	Glaciärer
23	Trädgräns i Jämtlandsfjällen
24	Dendroklimatologi i Jämtlandsfjällen

Fokus har främst varit på sammanställning av parametrar som representerar mätserier, data och andra underlag som visar på mer långsiktiga förändringar i miljön. Tillståndsbeskrivningen har också, så långt det varit möjligt, försökt belysa vilka trender och vilken påverkan som kan ses utifrån ett förändrat klimat.

Utbredningen av fjällområdet kan ses på olika sätt beroende på vilken syn man har på vad som betecknas som fjällmiljöer. Kalfjället, det vill säga området ovan trädgränsen, kan ses som tydlig avgränsning höjd- och vegetationsmässigt men lägre ner i landskapet är övergången mellan fjäll och skogsland mer diffus. Flertalet arter rör sig även mellan fjällområden och närliggande skogsområden och även längre än så. Det finns exempelvis flera fågelarter som flyttar långt under vinterhalvåret och endast finns i fjällområdet under sommaren. I vissa fall är det dock befogat att använda sig av en definierad gräns för att kunna visa vilket området som data hämtas från och presenteras för.

Förutom administrativa gränser som länsgränser och kommuner finns några olika geografiska definitioner av fjällområdet:

- » Alpin biogeografisk region – Regionindelning inom EU:s art- och habitatdirektiv.
- » Fjällnära skogsgränsen – från Skogsstyrelsens föreskrift om fjällnära skog.
- » Fjällmiljögränsen – framtagen av Naturvårdsverket inom arbetet med miljö kvalitetsmålet Storslagen fjällmiljö. I princip en utökning av fjällnära skogsgränsen med 5 km.

För detta arbete ansågs fjällmiljögränsen vara den mest lämpliga. Den har en tillräcklig upplösning, finns fastställd och även tillgänglig i GIS på nationell nivå. Den nationella avgränsningen har justerats för att passa Jämtlands län, se figur 1.



Figur 1. Kartan visar fjällmiljögränsen i Jämtlands län (Naturvårdsverket 2019).

Tillståndsbeskrivning

Luftmiljön

Vi är vana vid att betrakta fjällmiljön som i många avseenden ren och opåverkad jämfört med andra landskap och miljöer. Det stämmer i huvudsak, men ämnen som släpps ut till luft som en följd av förbränning eller andra industriprocesser kan föras med vindar och bidra till miljöproblem långt ifrån källorna. Förenklat kan man säga att det rör sig om två olika typer av föroreningar. Dels miljögifter som i höga koncentrationer kan ge oönskade effekter hos djur och människor, dels ämnen som visserligen normalt förekommer i naturen men vars halter av olika skäl är förhöjda. Det senare kan leda till övergripande förändringar i ekosystemet, som till exempel försurning av mark och vatten eller gödning av vegetationen.

Inom fjällområdet sker övervakning av luftmiljön både inom den nationella och den regionala miljöövervakningen, dels i form av lufthalter, dels som nedfall (deposition). Mätningarna av både luft och nedfall omfattar framför allt ämnen och parametrar som främst har betydelse för försurnings- och övergödningsproblematiken.

I mätningarna har framför allt nedfallet av svavel och kväve dokumenterats (Faktablad 9). De kan ha en försurande respektive övergödande inverkan på mark och vatten. Svavel- och kvävenedfallen i fjällen är idag vanligtvis låga. Större nedfall registreras på kalfjället jämfört med i skogslandskapet på lägre höjd. Halterna av svavel är sjunkande sedan mätningarna startades i mitten av 1990-talet. Det reducerade svavelnedfallet kan förklaras av den kraftiga minskningen av svavelutsläpp som i sin tur främst beror på att användningen av kol och olja i Europa har minskat.

Även kvävenedfallet har minskat under samma tidsperiod. Växtsamhällena på hög höjd förväntas vara känsliga för ett tillskott av kväve. Om dagens eller tidigare nedfall haft några direkta konsekvenser för fjällens växtsamhällen är dock oklart.

Vattenmiljöer

Tillståndsbeskrivningen av fjällens vattenmiljö görs utifrån den övervakning av yt- och grundvatten som sker på nationell, regional och lokal nivå. Vattenkvalitet i yt- och grundvatten samt biologiska parametrar i form av bottenfauna och fisk i sjöar och vattendrag följs kontinuerligt för vissa trendvatten. Information om vattenkvaliteten samlas också in genom återkommande provtagning samt mer enstaka provtagningar. Vidare följs grundvattennivåerna i några områden inom den nationella miljöövervakningen samt vid vissa kommunala dricksvattentäcker.

GRUNDVATTEN

Den beräkning av trender i grundvattenkvalitet mellan åren 1996–2018 som SGU (Sveriges Geologiska Undersökning) gjort, visar på en signifikant minskad halt sulfat i grundvattnet för trendstationerna Stora Blåsjön, Rundhögen och Långå (Faktablad 8). En minskning av sulfathalterna i grundvattnet är främst en följd av de kraftigt minskande utsläppen av svaveldioxid till luft som skett de senaste decennierna.

Under motsvarande tidsperiod sjunker pH-värdet i grundvattnet. Ökade halter av kadmium och koppar kan bero på lokala föroreningskällor eller ett sänkt pH i marken då dessa metaller är mer lösliga vid låga pH-värden. Halterna av kadmium och koppar är trots den ökande trenden mycket låga och underskrider väsentligt det nationella riktvärdet för god kemisk grundvattenstatus som är 5 µg/l.

De naturliga variationerna i grundvattennivån skiljer sig åt beroende på grundvattenmiljön. I morän och berg är variationen (skillnaden mellan högsta och lägsta nivå) normalt 1-3 m under året, medan nivån i sand- och grusavlagringar kan variera med några decimeter under året. Grundvattennivåerna i fjällområdet uppvisar samma variation som övriga områden i länet, där den högsta nivån vanligtvis uppmäts under våren efter snösmältningen. Den 40 år långa tidserien av grundvattennivåmätningar från Kallsjön visar på generellt stigande nivåer vintertid (månaderna oktober-april) och sjunkande nivåer sommartid (maj-september). Dessa förändringar som framgår av mätserierna följer de förändringar som klimatscenarier för slutet av seklet indikerar.

FÖRSURANDE ÄMNEN I VATTEN

Förbränning av fossila bränslen ger utsläpp av svavel och i viss utsträckning kväve till luft. Nedfall av dessa ämnen i form av nederbörd kan leda till försurning av ytvatten, det vill säga sjunkande pH-värden (Faktablad 3, 7 och 9). Nedfallet av svavel var som störst under 1970- och 80-talen men har sedan dess drastiskt minskat i fjällområdena. I takt med att nederbörden blivit renare har flera fjällområden delvis återhämtat sig från försurningen. Biologiskt skadliga pH-värden har blivit ovanligare på många håll. I trendsjön Krutejaure syns detta tydligt med en positiv trend för lägsta uppmätta pH samtidigt som det sker en signifikant minskning av mängden svavel i vattnet i form av sulfat. Generellt har återhämtningen främst skett i områden med lättvittrad berggrund, medan fjällområden med svårvittrad berggrund har svårare att återhämta sig. Att notera är dock att halterna av svavel fortfarande är högre i grundvattnet än vad som motsvaras av dagens deposition eftersom mycket sulfat har lagrats i marken under en längre tid (Faktablad 8). Det innebär sammantaget, när det gäller försurningsläget, att bilden är mosaikartad där vissa områden är fortsatt negativt påverkade, medan andra har återhämtat sig eller inte påverkats alls.

NÄRINGSÄMNEN I VATTEN

De viktigaste näringsämnena i vatten är fosfor och kväve. Förhöjda halter av dessa ämnen ligger bakom de övergödningssproblem man har i många sjöar, framför allt södra Sverige. I de näringsfattiga fjällsjöarna är halterna av dessa ämnen generellt sett låga (Faktablad 2). När det gäller fosfor är trenden att halterna i två av de undersökta fjällsjöarna går ner. I en färsk doktorsavhandling redovisas sjunkande nivåer i flera andra fjällvatten (Nilsson 2022). En ökande tillväxt av vegetation på land, skulle kunna påverka situationen och leda till att mer fosfor binds i växttäcknet och på så sätt inte dräneras till vattenmiljön. En annan teori är att det har att göra med kvarvarande effekter av nedfallet av försurande ämnen under 1900-talet.

Någon motsvarande minskande trend för kväve kan inte påvisas. Relationen mellan nivåerna av fosfor och kväve är en av de viktigaste faktorerna som påverkar vilken sammansättning algsamhället har i sjöar. Det finns farhågor att den situation

som råder idag skulle kunna gynna förekomsten av cyanobakterier, det vill säga de organismer som är en vanlig orsak till algblomningar och associerade förekomster av giftiga ämnen.

BOTTENDJUR I SJÖAR OCH VATTENDRAG

Vattenlevande insekter, mollusker och kräftdjur utgör en viktig del i fjällens ekosystem (Faktablad 3). De bryter bland annat ner organiskt material och är basfödan för fiskar och de fåglar som lever kring sjöar och vattendrag. Arternas kolonisering av fjällområdena har skett både aktivt och passivt, en dagslända kan till exempel själv flyga längre uppströms eller med vinden föras till ett nytt vatten.

Försurningskänsliga arter försvann och/eller minskade i antal när sulfatutsläppen gav sur nederbörd i fjällen. Återhämtning har dock skett i vissa områden. Skogsbrukets påverkan i vattnen i fjällnära skogar har inte utvärderats ur bottenfaunans synvinkel, men enskilda studier visar på omfattande och långvariga negativa effekter. Idag påverkar sannolikt även klimatförändringarna artsammansättningen i länets fjällvatten. Främst genom att nya arter, som normalt finns på lägre höjd över havet, får möjlighet att etablera sig.



Larv av dagslända.

FISKAR

Fiskbestånden i fjällsjöar domineras av öring och röding (Faktablad 1). Båda arterna vandrade in tidigt efter, eller i samband med, isens avsmältning och kunde därför nå många av fjällkedjans relativt högt belägna sjöar. Därefter har fiskbestånd i fjällområdet etablerats i tidigare fisktomma vatten genom att människan flyttat fisk. Senare invandrande fiskarter (abborre, mört, gädda, sik med flera arter) hindrades av de vattenfall som uppstått i landskapet och har därmed sin huvudsakliga utbredning i länets östligare och lägre belägna delar.

En samlad analys av alla registrerade provfisken i fjällsjöar indikerar att röding går tillbaka i relation till öring (Faktablad 1). Likartade resultat har registrerats i Västerbottensfjällen.

Orsaken är sannolikt kopplad till klimatförändringar och högre temperaturer. Ökningen av lufttemperaturen i Jämtlandsfjällen med 1 - 2 grader, som vi redan registrerat (SMHI 2021), medför en höjning av ytvattentemperaturen i sjöar (Faktablad 5). Det innebär en stor förändring och i teorin att öring gynnas på bekostnad av den mer kallvatten anpassade rödingen. Detta torde gälla framför allt grunda och/eller lägre belägna fjällsjöar där vattentemperaturen höjs jämförelsevis mer än i djupare och/eller högt belägna sjöar.



Rödingar.

Landmiljöer

Kunskapen om tillståndet för fjällens landmiljöer omfattar övervakning av viss vegetation, fåglar och däggdjur. Övervakningen av trädgränsen i fjällen redovisas under rubriken Klimat.

FJÄLLVEGETATION

De inventeringar som finns för fjällområdet i Jämtlands län omfattar i huvudsak kärlväxter på kalfjället. Det finns flera olika inventeringar som är utförda det senaste seklet som kan användas för att tolka utvecklingen. De senaste tjugo åren har miljöövervakningen vid Länsstyrelsen i Jämtland genomfört återkommande inventeringar på ett antal olika fjäll i länet inom ramen för det regionala programmet Fjällvegetation samt via deltagande i det internationella nätverket GLORIA (Global Observation Research In Alpine Environment) där vegetationen följs enligt samma metodik i bergsmiljöer över hela världen. Studier av trädgränsen i fjällen har långa tidsserier och presenteras under stycket för klimat då dess resultat ses som en effekt av påverkan från rådande klimat.

Några av de viktigaste faktorerna som påverkar kärlväxternas utbredning i Sveriges fjälltrakter är spridningshistorik, geologi, markförhållanden, lokalklimat, geografi, höjd över havet samt markanvändning. Alla dessa faktorer har påverkat

vegetationens artsammansättning och ekosystemens funktion.

Fjällväxtarternas förekomst och utbredning, liksom de vegetationssamhällen de byggt upp, har härigenom ständigt förändrats över tiden.

Klimatförändringar förväntas medföra att fjällvegetationens artsammansättning förändras. Observationer från våra svenska fjäll indikerar att typiska skogsarter vandrar upp i alpin miljö medan fjällarter etablerar sig på högre höjd över havet, även om det finns avvikande observationer.

De flesta inventeringarna från Jämtlands län indikerar att antalet kärlväxtarter ökat på kalfjället under det senaste seklet. I ett kortare perspektiv är förändringarna små men ses kanske främst på de högsta fjälltopparna. Inom det globala nätverket GLORIA inventerades fyra toppar i Jämtland 2010 och 2019. Det totala antalet arter har varit stabilt, totalt 85 respektive 86 arter. Artantalet ökade på tre toppar och var oförändrat på en topp. På den högsta toppen, Härjångstöten (1626 möh), ökade artantalet från 10 till 16 arter där 6 arter var nya och inga arter hade försvunnit (Faktablad 11).

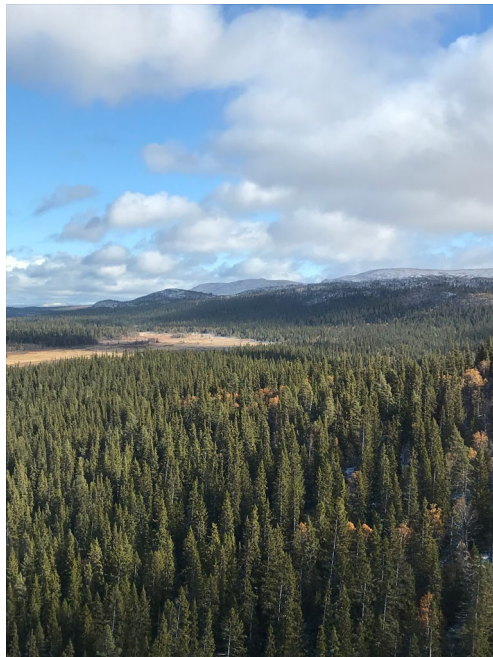
Ett gemensamt resultat för samtliga studier är att vegetationens sammansättning varit dynamisk över tiden och att det finns ett tillskott eller en viss omsättning av arter. Men det är också en stor skillnad i artantal mellan olika fjälltoppar. På ett artrikt fjäll som Åreskutan påträffas ca 150 arter medan det på Hundshögen endast finns knappt hälften så många. Detta visar tydligt den variation i växtlighet som finns mellan olika fjäll.

FJÄLLNÄRA SKOG

Skogarna i anslutning till det svenska fjällområdet är ett av de sista stora intakta skogslandskapen i Europeiska unionen. Området utgör ett 800 km långt bälte utmed den skandinaviska fjällkedjan med ett mer eller mindre sammanhängande landskap dominerat av gamla naturskogar, vilka i väldigt liten utsträckning är påverkade av modernt trakthyggesbruk. Det stora sammanhängande naturskogsområdet utmed fjällkedjan spelar en nyckelroll när det kommer till att bevara Sveriges biologiska mångfald knuten till det boreala skogslandskapet.

Fjällnära skog avser formellt skog som ligger väster om den gräns som definierats av Skogsstyrelsen, dock finns fjällnära skogar även öster om denna gräns. Fjällnära skogar kännetecknas av en hög andel gammal skog som många gånger hyser viktiga hänglavsbeten för rennäringen. Här finns också betydligt större sammanhängande naturskogsarealer än i den svenska skogen i övrigt.

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, är statistikansvarig myndighet för skogarnas tillstånd och förändring inom bland annat ämnesområdet skogsbruk.



Statistikprodukterna utgörs av många parametrar och produceras av Riksskogstaxeringen vid SLU som sammanställs årligen.

Jämtlands län innehar cirka en femtedel (546 000 hektar) av Sveriges fjällnära skogsmark varav 29 % är skyddad fjällnära skog. Jämtlands län har dock klart lägst andel formellt skyddad fjällnära skog jämfört med övriga fjällän. Motsvarande siffror för Västerbottens län är 50 % och Dalarnas län 62 %. Detta gör att Jämtland är det län med allra störst areal oskyddad produktiv skogsmark ovan den fjällnära gränsen (Faktablad 10).

Jämtland sticker även ut biologiskt sett då det finns stora sammanhängande relativt låglänta fjällskogsområden under 400 meter över havet. I Strömsund, Krokom och Åre kommun präglas stora delar av fjällskogslandskapet av närheten till Atlanten med ett regnigt och milt klimat, vilket gör att det förekommer en artsammansättning som liknar den i norsk boreal regnskog. Ur ett nationellt perspektiv är dessa skogar unika, med många arter som inte finns någon annanstans i Sverige eller har sin absoluta huvudförekomst i västra Jämtland.

Fjällbjörkskog är fjällnära skog, ovan barrskogen, som domineras av fjällbjörk. Fjällbjörkskog är som skogstyp unik på många sätt. Den är beroende av närhet till havet och nästan begränsad till den skandinaviska fjällkedjan. I bergskedjor med torrare klimat än Skanderna utgör normalt barrskog skogsgränsen mot kalfjället. Det är bara på Island, i Skottland och på Kamtjatka-halvön i nordöstra Ryssland som det finns liknande fjällnära björkskog.

FÅGLAR

Fjällens fåglar är viktiga indikatorer på tillståndet i fjällmiljön. Ökande eller minskande populationer, och framför allt långsiktiga trender, kan ge information om ändringar i miljötillståndet. Specifika data finns för jaktfalk och kungsörn. Förutom dessa arter inventeras övriga häckande fåglar varje år inom den regionala och nationella miljöövervakningen - Svensk fågeltaxering. De arter som registreras är i första hand flyttfåglar som övervintrar i andra miljöer men som återfinns i fjällen under sommarhalvåret.

Inom uppföljningen av miljömålet Storslagen fjällmiljö finns två indikatorer på nationell nivå som baseras på data från Svensk fågeltaxering. Det är en indikator för häckande fåglar på kalfjället och häckande fåglar i fjällbjörkskog. Båda indikatorerna sammanfattar utvecklingen för sju fågelarter som häckar i respektive biotop. Indikatorerna har sammanställts sedan 2002 (Green 2022). Trenden är likartad för de två artgrupperna med en negativ utveckling fram till 2010. Därefter har trenden varit svagt positiv. Trender på regional nivå saknas men utvecklingen är av allt att döma likartad i hela fjällkedjan (Faktablad 12).

Jaktfalk är en toppredator och på så sätt känslig för förändringar i ekosystemet där födotillgång, i första hand ripa, påverkar häckningsframgången. Jaktfalkspopulationen har, under den tid data finns insamlat (sedan 1994), varit någorlunda stabil över tiden. Det finns dock indikationer på en minskande population i Jämtlands län. Under perioden 2001 - 2010 var antalet besatta revir och lyckade häckningar nästan dubbelt så många jämfört med perioden 2011 - 2020 (Faktablad 13).

Även kungsörn är toppredator i ekosystemet. Den lever av egenfångade byten (medelstora fåglar och däggdjur) men kan också äta av kadaver. I Jämtlands läns fjällområde är populationstrenden relativt stabil över tid. Vissa samband kan ses med variationer av smågnagare, även om dessa i sig inte är huvudsakliga bytesdjur utan mer speglar förändringar i antalet tillgängliga bytesdjur generellt (Faktablad 14).

I fjällen finns såväl fjällripa som dalripa. Den senare arten inventeras inom ramen för Länsstyrelsens förvaltning av jakten i fjällområdet. Den utgör viktigt byte för rovdjur och rovfåglar och huvudsakliga villebrådet för småviltsjakten i fjällområdet. Inventeringsresultaten visar på stora mellanårsvariationer och eventuella trender över tid är svåra att se i de resultat som finns redovisade.

DÄGGDJUR

Smågnagare (sorkar och lämlar) utgör en av de viktigaste komponenterna i fjällens ekosystem då de är mycket betydelsefulla bytesdjur för rovfåglar och rovdjur. De påverkar också vegetationen eftersom de är växtätare. År med många smågnagare kan resultera i högt betestryck med märkbara effekter på markvegetationen.

Antalet sorkar och lämlar varierar kraftigt från år till år och dessa variationer styr i hög grad beståndsstorlekarna och fortplantningen hos många rovdjur och rovfåglar. Under den period inventeringar genomförts, från år 2001, varierar antalet sorkar kraftigt mellan åren. Toppar nås var 3:e-5:e år. För fjälllämmeln registreras endast en tydlig topp (2011) under den undersökta perioden (Faktablad 15). Därmed finns ingen möjlighet att uttala sig om eventuella trender för denna art.

Fjällräven bedöms vara starkt hotad i de svenska fjällen. Den har under lång tid varit undanträngd till några få fjällområden. Inventeringarna, som inleddes under 1970-talet, visar på en ökning från 2000-talets början. 2022 registrerades det högsta antalet bebodda lyor sedan inventeringarna startade (Faktablad 16). Orsakerna är av allt att döma flera, men betydande insatser med en rad åtgärder som genomförts för att stärka populationen har varit framgångsrika.



Fjällrävar i Härjedalsfjällen

Renen har stor betydelse för fjällekosystemet. Historiskt sett fanns vildren i två underarter, skogsren och fjällren. Vildrenen är idag utrotad i Sverige och de sista vildrenarna sköts i slutet av 1800-talet i Härjedalen. Nutidens renar är tamrenar och den har flera roller. Dels som produktionsdjur inom tamrenskötseln med stor betydelse för det samiska samhället och den samiska kulturen, dels som fritt rörligt klövdjur. Renarnas tramp, bete och gödsling kan på olika sätt påverka och prägla fjällandskapet. Populationen av ren har fluktuerat, ofta på grund av beslut från staten, under de senaste 140 åren, från cirka 35 000 renar på 1880-talet ner till cirka 13 000 renar på 1920-talet för att därefter ha legat stabilt omkring 25 000 fram till 1970-talet. Antalet renar ökade sedan från 1970-talet till en stabil nivå på mellan 45 och 50 000 djur under 1990-talet och fram till idag (Faktablad 11).

När det gäller övrigt klövvilt är situationen mer osäker (Faktablad 18).

Avskjutningen av älg i fjällområdet ligger på en stabil nivå, totalt cirka 400 djur per år under den undersökta perioden (2012/13 - 2020/21). Det kan dock vara tveksamt att använda data för avskjutning för att bedöma älgstammens storlek. Någon annan data (älg-obs eller spillningsinventering) finns inte att tillgå.

Observationer av kronhjort sker i fjällen men i relativt liten omfattning och då främst i västra Jämtland (Faktablad 18).

Förekomsten av järv har i länet ökat från några få föryngringar i slutet av 1990-talet till ett 50-tal föryngringar per år 2021 (Faktablad 17). Tätast koncentration finns i Härjedalsfjällen men föryngringar förekommer i alla delar av länets fjällområden och även skogsområden. Järvförekomsten i fjällmiljön är relativt stabil. Beståndet ökar främst i skogslandskapet och i spridningsområden utanför länet.

Från slutet av 1990-talet fram tills idag har björnen ökat sitt utbredningsområde och täcker i stort sett hela länet (Faktablad 17). Kunskapen om björnens utbredning i fjällmiljö är relativt begränsad.

Lodjur förekommer vanligast i skogslandskapet och inte så tydligt kopplad till kalfjällsmiljöer. Lodjuren i fjällen har minskat i antal under de senaste 6 åren. 2021 registrerades 9 föryngringar jämfört med 18 föryngringar 2016 (Faktablad 17).

Varg förekommer endast tillfälligt i fjällmiljön och då i samband med att utvandrade vargar söker nya revir (Faktablad 17). Varg i fjällen blir ofta föremål för skyddsjakt på grund av störningar gentemot renskötseln.

Utter förekommer även i fjällområdet, huvudsakligen i anslutning till sjöar och vattendrag men de kan röra sig längre sträckor på land mellan vattendragen.

Miljögifter

De tidigare mest kända klassiska miljögifterna är kvicksilver och organiska ämnen som PCB och DDT. De är svårnedbrytbara och dessa ämnen kan mätas upp i alla naturmiljöer i världen, inklusive fisk och däggdjur i fjällen. Dessa miljögifter anrikas uppåt i näringskedjorna och för fjällens ekosystem, där biomassan i djur ofta koncentreras till få men långlivade arter, kan medföra att halterna i vissa fall blir höga. Användningsförbud och andra insatser har lett till sjunkande nivåer av dessa ämnen. Under de senaste decennierna har dock andra miljöfarliga ämnen som exempelvis dioxiner, bromerade flamskyddsmedel och PFAS uppmärksammats

alltmer eftersom det under senare tid visat sig att även dessa ämnen kan finnas i förhöjda halter i miljön samtidigt som de utgör hot mot människors hälsa.

Miljögifter i fisk i fjällområdet i Jämtlands län är generellt låga och de underskrider aktuella gränsvärden med marginal (Faktablad 20). Däremot är halterna av kvicksilver och bromerade flamskyddsmedel (PBDE, polybromerade difenyletrar) förhöjda jämfört med gränsvärdena. Det är inte unikt för fjällen utan gäller i alla Sveriges undersökta sjöar, vattendrag och kustvatten. Det beror på att dessa ämnen är svårnedbrytbara och att utsläpp till atmosfären har skett under lång tid både i Sverige och utomlands.

Klimat

Analysen av klimatet i Jämtlands läns fjällområde visar på en uppvärmning med 0,6 till 1,2 grader för perioden 1991 - 2020 jämfört med perioden 1961 - 1990 (SMHI 2021). Sedan början av 1900-talet är uppvärmningen ännu större, i Storlien närmare 2 grader. Vintern och våren är de årstider som i störst utsträckning blivit varmare. Antalet varma dagar har ökat och antal kalla dagar har minskat.

Tydligast är att vegetationsperiodens längd har ökat med ca en månad under 1900-talet. Med vegetationsperiod avses den period när det är tillräckligt varmt och fuktigt för att växter ska kunna växa, vilket anses vara vid en dygnsmedeltemperatur på +5 grader och varmare. Starten har tidigare lagts och slutet senare lagts.

Nederbörden är svårare att dra slutsatser kring, då mätstationerna är relativt få och flyttats under 1900-talet. Vidare har de topografiska skillnaderna stor inverkan på nederbördsmängderna. Antal dagar utan nederbörd har minskat enligt mätningarna. I den nationella analys av klimatförändringar som genomförts konstateras dock att årsnederbörden är större i praktiskt taget hela landet under normalperioden 1991–2020 jämfört med 1961–1990 (SMHI 2021). För fjällen i Jämtlands län är ökningen cirka 10 %. Snödjupet har dock minskat under höst och vinter de senaste 60 åren. Den maximala vindhastigheten vid Storliens mätstation har minskat något sedan början av 1980-talet. Även medelvinden (geostrofisk vind – beräknad vind högre upp i atmosfären) har minskat sedan dess (SMHI 2021).

Vårfloden har successivt tidigare lagts sedan 1930-talet och dessutom ökat något i volym. Medelflödet har ökat under vintern och minskat under sommar och höst.

Isläggningen i de sjöar där data analyserats, Malmagen, Härjedalens kommun och Medstugusjön, Åre kommun, har senare lagts något de senaste decennierna. Islossningen är tydligt tidigare lagd. Detta förhållande kan antagligen överföras till andra sjöar i fjällområdet (SMHI 2021).

Studier av årsringar, dendrokronologi, från olika trädarter i fjällnära skogar ger information om olika parametrar som påverkar trädens tillväxt i ett längre tidsperspektiv (Faktablad 24). Årsringarna kan studeras på levande träd och döda träd. Ett av de främsta användningsområdena för årsringar från träd i svenska fjällen är som klimatindikatorer. I fjällen där tillväxtsäsongen oftast är kort och sval, begränsas tillväxten främst av temperatur. Därmed kan årsringarnas tjocklek översättas till temperaturvariation. I de undersökningar som genomförts i Jämtlandsfjällen har man på så sätt kunnat kartlägga klimatets variation under de senaste 1200 åren. Från 1150–1250 inträdde en något varmare period i

Jämtland. Den gav ett gynnsamt klimat och ledde till utveckling av jordbruk i några hundra år. Detta ägde rum samtidigt med kolonisationen av Grönland och Island. Under 1300-talet blev det återigen svalare. Temperaturen ökade sedan något under 1400-talet, vilket sammanfaller med höjd trädgräns. Den välkända kallperioden "Lilla istiden" (1500–1850) framträder också i materialet. En avtagande temperatur-trend syns från början av 1700-talet till början av 1900-talet. Det allt varmare klimatet från 1900-talets början och till nutid syns dock tydligt i rekonstruktionen och står klart ut i det drygt tusenåriga perspektiv som undersökningarna omfattar.

GLACIÄRER

Glaciärer används världen över som indikatorer på förändringar i klimatet. Detta som en följd av den "tröghet" de uppvisar såväl vid bildande som vid avsmältning. De två största glaciärerna i Jämtlands län är Sylglaciären och Helagsglaciären (Faktablad 22), dessa är tillika Sveriges sydligaste. Sett ur ett längre perspektiv har glaciärerna bildats för cirka 4000 - 6000 år sedan och är inte en rest från istiden.

Sedan början av 1900-talet, då de första karteringarna genomfördes, har glaciärerna i länet minskat avsevärt i storlek. Under perioden från början av 1900 till 1960-talet beskrivs avsmältningen som kraftig. Flygbilder visar att Helagsglaciärens yta har minskat med 44 % från början av 1900-talet till 2008 (Faktablad 22). Någon detaljerad uppföljning av glaciärernas utveckling sker inte i Jämtland. Däremot sker fotografering årligen inom den regionala miljöövervakningen som översiktligt dokumenterar utvecklingen.



Helagsglaciären 2020-09-09.

TRÄDGRÄNS

Med trädgränsen avses platsen för den i höjd över havet högst växande trädindividen med en höjd av minst 2 meter. Denna position anses således vara den höjd över havet där träd kan växa i det geografiska området. Trädgränsen reagerar relativt snabbt på förändringar i klimatet. Ett för träden gynnsamt klimat medför att de kan växa på en högre höjd över havet. Skogsgränsen är den gräns som sammanhängande skog bildar mot kalvfjället och den har visat sig reagera relativt trögt på förändringar i klimatet. Längs fjällkedjan utgörs dagens trädgräns i huvudsak av fjällbjörk med granens trädgräns cirka 50 - 100 m nedanför björkens och tallens trädgräns ytterligare 50 - 100 m nedanför granens beroende på var i fjällen man befinner sig. I områden med kontinentalt klimat och näringsfattig berggrund, som i Härjedalen, bildar tall trädgräns medan antingen tall eller gran kan bilda trädgräns på vissa lågfjäll som ligger öster om den egentliga fjällkedjan (Faktablad 23).

Trädgränsernas läge i fjällen har förändrats avsevärt sedan inlandsisen smälte undan för över 10 000 år sedan. Klimatet var initialt varmt, det fanns få glaciärer och vegetationshistoriska studier indikerar att björk och tall etablerades tidigt och bildade trädgränser, men små spridda populationer av gran fanns också. Fynd av framsmälta trädrester från björk, gran och tall vid glaciärerna vid Sylarna och Helags har kunnat åldersbestämmas och de flesta är mellan 7500 – 9500 gamla. Äldst är ett fynd av tall vid Helags som var 13 145 år gammalt och liknande fynd finns från Åreskutan. Fynden visar att området varit trädbevuxet vid denna tid och att några glaciärer inte fanns på dessa platser (Kullman 2018).

Inventeringar av trädgränsen i Jämtlands län under det senaste seklet visar på en höjning med omkring 100 till 200 meter på 100 år. Detta faller väl samman med den temperaturhöjning som skett under samma period på cirka 1,5 grader. I ett kortare perspektiv, de senaste tjugo åren, är förändringarna små i sett till inventeringar som genomförts 2006 - 2007 samt 2010 – 2013. Även en mindre inventering 2019 visade på små förändringar, inget visade på en nära förestående sänkning av trädgränsen. Tallen visade en påtagligt högre vitalitet och märkbar höjdtillväxt för trädgränsmarkerande individer, jämfört med granen. Dessutom visade tallen en mer aktiv förnying i de undersökta områdena.

Nationell rapportering

I och med EU-direktivet från 1992 om bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter, ofta kallat art- och habitatdirektivet, är medlemsländerna skyldiga att vart sjätte år bedöma bevarandestatus för arter och naturtyper som är listade i direktivet. I april 2019 genomförde Sverige den tredje rapporteringen till EU där den alpina regionen är en del av rapporteringen. Jämtlands läns fjällområde är en del av denna alpina region. För Sveriges del omfattar den alpina regionen 88 olika arter och naturtyper, för dessa bedöms 68% uppnå gynnsam bevarandestatus. Detta är betydligt högre än för övriga alpina regioner inom EU, och då främst jämfört med Centraleuropa (Naturvårdsverket 2020).

I vårt grannland Norge, som vi även delar vårt fjällområde med har en sammanställning och värdering av ekologiska tillståndet i fjällområdet genomförts och rapporterats 2021. Utvärderingen omfattar 19 tillstånd indikatorer som anses representera fjällekosystemet. Över lag visar utvärderingen på ett gott ekologiskt tillstånd men tillståndet är sämre för vissa arter, bland annat fjällräv, smågnagare och järv. Effekterna av ett förändrat klimat är jämförbara med de som registreras i Sverige och till viss del även i Finland. (Framstad 2021).

Bristanalys

Kunskapsunderlaget för denna sammanställning varierar i kvalitet och omfattning. För vissa delar finns god kunskap medan den för andra delar är mer bristfällig. I en del fall finns data insamlade men sammanställning saknas. I vissa fall kan underlaget inte avgränsas till fjällområdet. Exempelvis saknas information om våtmarker i fjällen. För insekter finns bara enstaka uppgifter.

Små datamängder beroende på få provpunkter eller endast enstaka undersökningar ger en fragmenterad bild över tillståndet. Vidare innebär korta tidsserier och avsaknad av historiska data svårigheter att dra slutsatser. Förändrade mätmetoder försvårar även de statistiska analyserna av materialet. Klimatet i fjällmiljön, med periodvis hårt väder samt avsaknad av infrastruktur kan vara försvårande för den praktiska datainsamlingen.

Vid tolkningen av utvecklingen för naturmiljöer och arter behöver hänsyn tas till att flera faktorer påverkar med komplexa samband. Dessutom finns naturliga variationer att ta hänsyn till.

Men för vissa delar av underlaget finns god kunskap baserat på robust uppföljning, insamling och analys av data samt publicering av dessa. Exempelvis miljöövervakning av smågnagare, fåglar, luft, vatten och till viss del även vegetation samt rovdjur.

Kunskapen om luftkvalitet och framför allt nedfall av luftburna föroreningar är relativt god sett till länet som helhet. Jämtlands län har även flera mätningar på hög höjd vilket saknas i övriga delar av landet. Detta medför att det finns en förhållandevis god kunskap om nedfall av luftburna försurande och gödande ämnen.

Traditionellt sett har uppföljning av vatten varit grunden i miljöövervakning. I fjällområdet finns flera platser där provtagning skett under lång tid.

Vad gäller fisk i fjällområdet så finns kunskap utifrån genomförda provfisker sedan många år tillbaka. Det ger oss en god bild över hur utvecklingen som dock kan vara svårtolkad då fiskpopulationer påverkas av många faktorer.

Inventering av växtlighet på kalfjället har skett i några olika sammanhang och goda historiska data finns från det senaste seklet. Eftersom varje fjäll har unika förutsättningar utifrån geologi, markförhållanden, lokalklimat med mera så är informationen knuten till specifika fjäll och kan inte alltid ses vara generella för området som helhet.

Kunskapen om fåglar får ses som god. Standardiserade inventeringar har skett de senaste tjugo åren vilket ger ett gott underlag. Data sammanställs även årligen och presenteras på nationell nivå. Regionala sammanställningar sker mer sällan och har tyvärr inte kunnat levereras till denna sammanställning. Inventeringen omfattar de vanligast förekommande fåglarna. Vad gäller jaktfalk och kungsörn genomförs riktade inventeringar vilka ger ett tillräckligt underlag. Inventering av ripor, i huvudsak dalripar, sker som en del av förvaltningen av småviltjakten på renbetesfjäll. Sammanställning för dessa saknas dock i denna rapport.

Vad gäller däggdjur så finns god information för smågnagare, sork och lämmel, vilket nämnts tidigare. De stora rovdjuren inventeras enligt särskild föreskrift och resultaten sammanställs årligen och länsvis. Fjällräv har inventerats och följts noggrant under många år inom ramen för flera EU-finansierade projekt varför kunskapen är hög om fjällrävens utveckling i länet. För övriga däggdjur är kunskapen bristande, exempelvis för rödräv och hare. Tamrenar räknas årligen för respektive sameby då det finns fastställda nivåer för högsta tillåtna antal.

Miljögifter finns även i fjällmiljön som ett resultat av långväga, luftburna föroreningar. Kunskapen är dock relativt begränsad och bygger främst på enstaka provtagningar och undersökningar.

Information om klimatets utveckling kan hämtas från SMHI's mätstationer vilka har mätserier för cirka hundra år. Bäst data finns för temperatur. För att gå ytterligare tillbaka i tiden finns forskning på årsringar från träd, såväl levande som döda och även fossila träd som hämtats från sjöbottnar. Även beskrivningar av glaciärernas utveckling de senaste hundra åren samt trädgränsens variation över tid ger en ganska god bild över klimatets utveckling för fjällområdet. I tillägg pågår sedan cirka tio år konstanta mätningar av vattnets temperatur i några fjällsjöar, data som kommer att bli värdefulla för framtida analyser.

Sammanfattningsvis finns god kunskap med tillfredställande underlag för att visa utvecklingen över tid för vissa delar av fjällmiljön. Kunskapsbrist och brist på redovisning och sammanställning av data råder dock för några delar. Undersökningar som pågår kommer att bli betydelsefulla över tid eftersom det krävs långa tidsserier för att kunna se utvecklingen samt göra tolkningar och utvärderingar av tillståndet.

Referenser

Framstad, E. Eide, N.E., Eide, W., Klanderud, K., Kolstad, A., Töpper, J. & Vandvik, V 2022. Vurdering av økologisk tilstand for fjell i Norge i 2021. NINA Rapport 2050. Norsk Institutt for naturforskning.

Green, M. Haas, F. & Lindström, Å. 2023. Övervakning av fåglarnas populationsutveckling, Årsrapport för 2022. Rapport, Biologiska institutionen, Lunds universitet.

Kullman, L. & Öberg, L. 2015. Trädgräns i fjällen. Sammanställning och utvärdering av en metodstudie för klimatrelaterad miljöövervakning. Rapport från Länsstyrelsen i Jämtlands län.

Kullman, L & Öberg, L. 2018. Fjällens tallar och klimatet under 10 000 år. Books on Demand. Stockholm.

Naturvårdsverket. 2019. Storslagen fjällmiljö - underlagsrapport till den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019. Rapport 6872. Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket. 2020. Sveriges arter och naturtyper i EU:s art och habitatdirektiv, Resultat från rapportering 2019 till EU av bevarandestatus 2013 - 2018. Naturvårdsverket 2020.

SMHI, 2021. Klimatanalys för fjällområdet i Jämtlands län. Rapport NR 2021-44. SOU

GLORIA (Global Observation Research In Alpine Environment). <https://gloria.ac.at/home>

BILAGA - FAKTABLAD

Innehållsförteckning

1. Fiskpopulationer i fjällsjöar	28
2. Näringsämnen, kiselalger och växtplankton i vatten	32
3. Bottenfauna	38
4. Bladfotingar	41
5. Vattentemperatur och ljusinstrålning i akvatiska miljöer	45
6. Försurning	48
7. Grundvatten - nivåer	51
8. Grundvatten - kvalitet	56
9. Luft	63
10. Fjällnära skog	68
11. Kärlväxter i Jämtlandsfjällen	72
12. Fåglar i fjällen	79
13. Jaktfalk	82
14. Kungsörn	84
15. Smågnagare	87
16. Fjällräv	89
17. Stora rovdjur	91
18. Älg, kronhjort och skogshare	95
19. Miljögifter i ytvatten	99
20. Miljögifter i fisk	105
21. Främmande arter	111
22. Glaciärer	114
23. Trädgräns i Jämtlandsfjällen	116
24. Dendroklimatologi i Jämtlandsfjällen	120

FAKTABLAD

Fiskpopulationer i fjällsjöar

Bakgrund

Fiskbestånden i fjällsjöar domineras av öring och röding. Båda arterna vandrade in tidigt efter, eller i samband med, isens avsmältning och kunde därför nå många av fjällkedjans sjöar. Utbredningen har senare utökats som en följd av att människor flyttat fisk till fisktomma vatten på fjället. Under avsmältningsperioden bildades naturliga vandringshinder (vattenfall) i vattensystemen vilket gjorde att den senare invandrande delen av fiskfaunan i stort sett blev kvar på lägre höjdnivåer.

Födovallet för öring och röding är likartat med plankton och bottendjur som dominerande inslag under de första åren. Successivt kan, om förutsättningarna finns, både röding och öring övergå till fiskdiet, även om det är vanligast för öring.

I enskilda sjöar, där båda arterna samexisterar, kan såväl öring som röding dominera fiskbeståndet. Reproduktionsförutsättningar, sjöns djupförhållanden, födoutbud, ytterligare fiskarter med mera, påverkar utfallet. Öring och röding konkurrerar med varandra, där röding är något effektivare när det gäller att utnyttja små födoobjekt. Det innebär en konkurrensfördel och vanligast är att röding dominerar i fjällsjöar där båda arterna finns representerade.

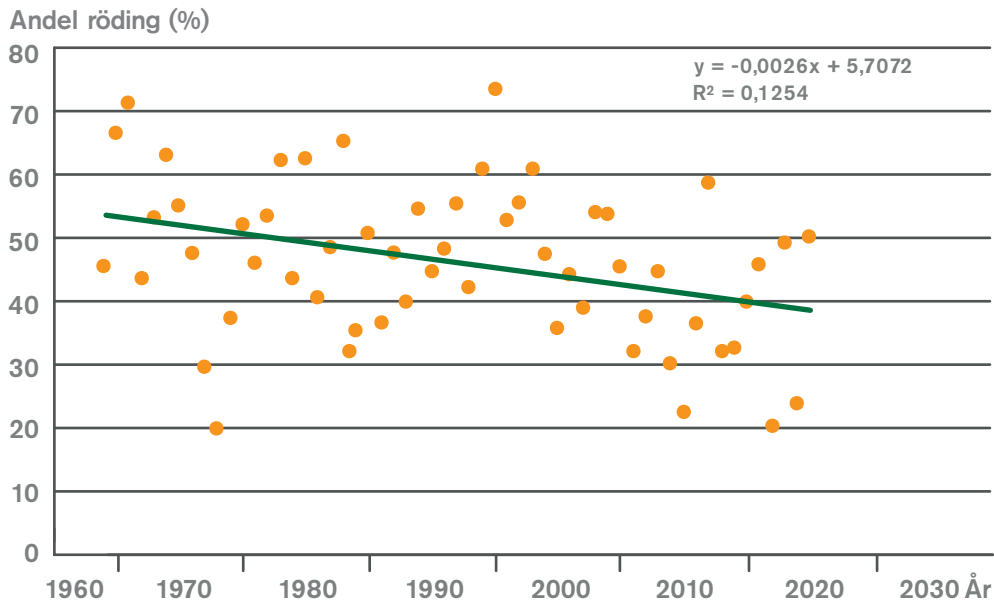
Data och metod

Beståndsutvecklingen över tid hos de båda arterna undersöks i första hand via standardiserade provfisken med översiktsnät (nät med olika maskstorlekar). Data från dessa fisken lagras hos SLU samt i Länsstyrelsens provfiskeregister. I viss utsträckning finns också fångststatistik från sportfiske som beskriver utvecklingen över tid att tillgå.

Tillstånd

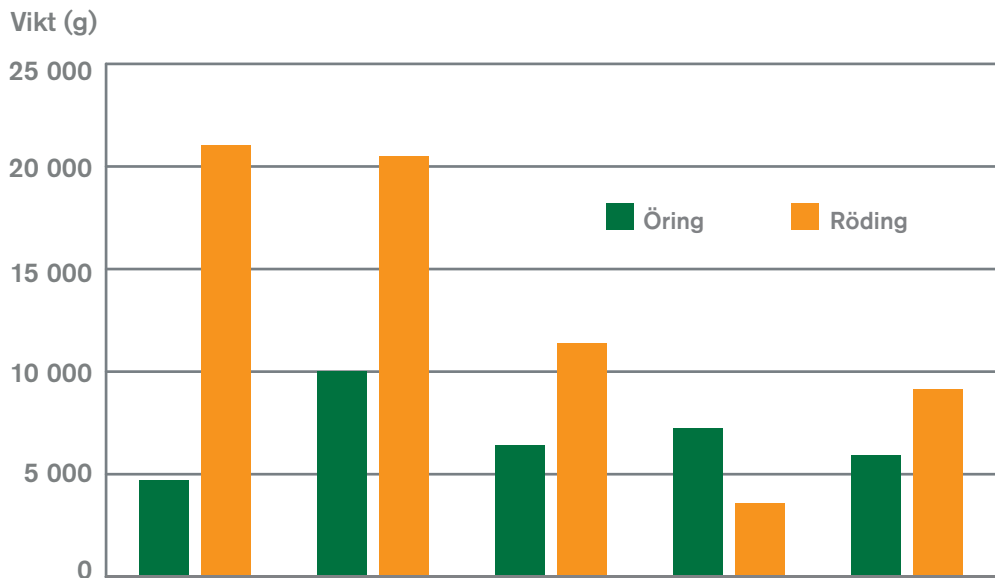
En samlad analys av alla registrerade provfisken i fjällsjöar indikerar att röding går tillbaka i relation till öring (Figur 1). Likartade resultat har registrerats för sjöar i Västerbottensfjällen. Provfisken i Ånnsjön i västra Jämtland visar på en tydlig nedgång över tid för beståndet av röding (Figur 2). Öring däremot har en mer stabil situation. Även fångststatistik för sportfiskefångad öring och röding i Ånnsjön visar på en trend till minskande andel röding sett över en period av 28 år (Figur 3).

Andel röding i sjöar med öring & röding



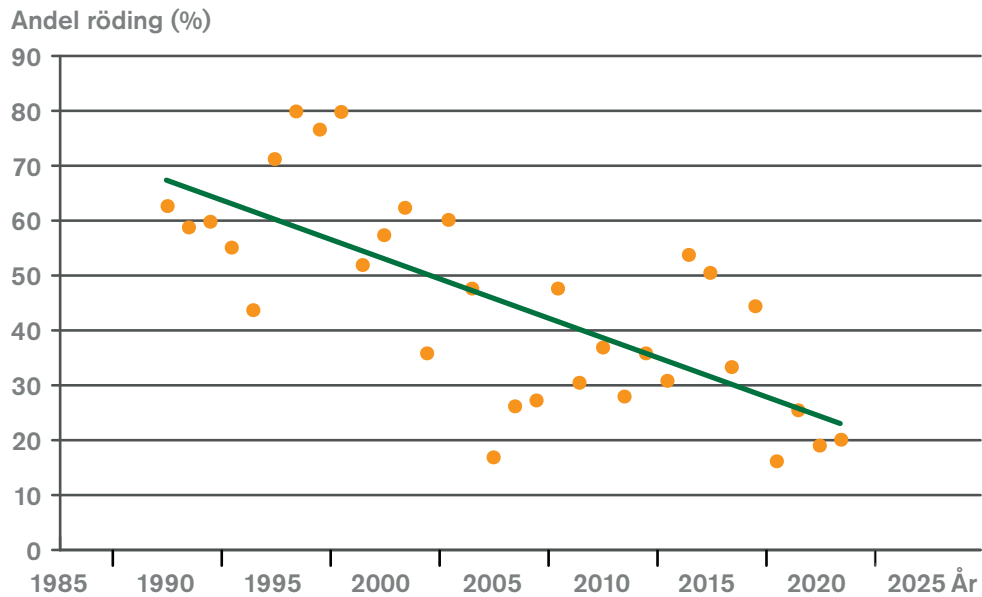
Figur 1. Andel röding i provfisken i fjällsjöar registrerade SLU:s databas för sjöprovfisken – NORS.

Provfisken i Ånnsjön. Totalfångst (vikt g) av öring respektive röding



Figur 2. Provfisken med översiktsnät och översiktsskötar genomförda i Ånnsjön i västra Jämtland vid fem olika tillfällen. Data från Länsstyrelsen i Jämtlands läns databas för nätprovfiske.

Sportfiske i Ånnsjön Andel röding i totalfångsten



Figur 3. Andel röding i total sportfiskefångst av röding och öring i Ånnsjön.

Klimat

Öring och röding har, även om båda arterna är anpassade för kallt vatten, olika temperaturpreferenser. Lägst temperatur för tillväxt har röding. Den kan tillväxa ända ned till en temperatur av 1,2 grader. Öring däremot tillväxer inte i vatten under fyra grader och har också högre optimum för tillväxt än vad röding har.

Klimatförändringarna leder till högre temperaturer. I fjällsjöar är ytvattnets medeltemperatur beroende av lufttemperaturen och generellt sett högre än temperaturen i luften. Vattentemperaturen ökar om lufttemperaturen stiger. För Ånnsjöns del medför den ökning av lufttemperaturen på cirka 1,2 grader sedan 1960-talet, som registrerats vid den närbelägna mätstationen i Visjövalen, att också ytvattentemperaturen ökat minst lika mycket. Det innebär en stor förändring. Det i sin tur innebär i teorin att öring gynnas på bekostnad av röding. Detta torde gälla framför allt grunda och/eller lägre belägna fjällsjöar där vattentemperaturen höjs jämförelsevis mer än i djupare och/eller högt belägna sjöar.

En annan tänkbar climateffekt är att normalt mer värmekrävande fiskarter kan sprida sig till och etablera sig i fjällnära sjöar. Kunskapsunderlaget är dock begränsat när det gäller detta, bortsett från tecken på att abborre ökar i fjällnära områden.

Bristanalys

Fler faktorer än vattentemperatur inverkar på konkurrensen mellan öring och röding. För Ånnsjöns del kompliceras bedömningen av att kanadaröding, en invasiv främmande art, introducerades på 1970-talet. Dess exakta inverkan på öring- och rödingbestånden är inte känd. Mätningar av vattentemperatur genomförs endast i ett fåtal fjällsjöar och forskning inom området pågår men i dagsläget är dataunderlaget begränsat.

Referenser

- Finstad, A.G., Forseth, T., Jonsson, B., Bellier, E., Hesthagen, T., Jensen, A.J., Hessen, D.O. & Foldvik, A. 2011. Competitive exclusion along climate gradients: energy efficiency influences the distribution of two salmonid fishes. *Global Change Biology*. 17(4), pp. 1703–1711.
- Hammar, J. & Greer, R.B. 2013. Rödingen i Rostujávri. Sveriges Lantbruksuniversitet, institutionen för akvatiska resurser. *Aqua reports* 2013:14.
- Hein, C., Öhlund, G. & Englund, G. 2012. Future Distribution of Arctic Char *Salvelinus alpinus* in Sweden under Climate Change: Effects of Temperature, Lake Size and Species Interactions. *AMBIO*. 41 (Supplement 3), pp. 303–312.
- Jonsson, L. 2020. Evaluating the effects of climate change and interaction between salmonid populations in Swedish mountain lakes. Examensarbete, Umeå universitet.
- Länsstyrelsen i Jämtlands län 2019. Sjöar och klimatförändringar – vad händer? s. 62-75 i: Slutrapport från Tre sjöar, LIFE-projekt. Länsstyrelsen i Jämtlands län. 90 pp.
- Länsstyrelsen i Norrbotten 2015. Naturmiljö och klimatförändringar i Norrbottens län. Red: Micael Bredefeldt. Länsstyrelsens rapportserie nr 14/2015.
- SLU databas nätprovfiske. <https://www.slu.se/institutioner/akvatiska-resurser/databaser/databas-for-sjoprovfiske-nors/>

FAKTABLAD

Näringsämnen, kiselalger och växtplankton i vatten

Bakgrund

Fosfor är ett av de näringsämnena som är viktigt för livet på jorden. Ofta är fosfor det begränsade näringsämnet i våra vatten. Det vill säga att det finns tillräckligt mycket av de övriga näringsämnena för att tillväxt ska ske. Detta innebär att tillförseln av fosfor avgör hur stor tillväxten blir. Det är också därför som ökad tillförsel av fosfor leder till övergödning. Den fosfor som finns i sjöar och vattendrag har sitt ursprung i det som förts med nederbörden från land till vatten genom avrinning eller infiltration genom marken. I sjöar och vattendrag sker även olika processer som kan binda och frigöra fosfor, till exempel från sedimenten. Tillförseln av näringsämnen till sjöar och vattendrag i fjällen är inte lika omfattande som i andra delar av landet och övergödning är ett miljöproblem vi vanligtvis inte ser i fjällmiljön. Dock ser vi förändringar i halterna av näringsämnen i dessa vatten som är viktiga att följa för att förstå vad som händer i den miljön.

För att bedöma påverkan av näringsämnen på ekosystemet används ofta biologiska parametrar. En förändring av hur mycket näring som finns i en sjö eller ett vattendrag kan påverka vilka arter som trivs där. Vissa arter trivs i mer näringsrika vatten, medan de sällan återfinns under näringsfattiga förhållanden. Vanligen används artsammansättningen av växtplankton och kiselalger i sjöar respektive vattendrag för att bedöma påverkan av näringsämnen. Metoderna för bedömning av biologiska parametrar främst är framtagna för de områden där övergödning är mer omfattande och är sällan anpassade till näringsfattiga förhållanden. Dock kan förändringar i artsammansättning vara en indikation på en pågående förändring i miljön. I sjöar i fjällmiljö är primärproduktionen främst koncentrerad till alger på sjöns botten och i mindre omfattning till växtplankton. Dock verkar faktorer som till exempel klimat kunna påverka och under vissa förhållanden är även växtplankton viktiga primärproducenter (Nilsson 2022).

Data och metod

Data har hämtats från Sveriges Lantbruksuniversitets (SLU:s) miljödatabas. De sjöar och vattendrag som ingått i denna utvärdering är i första hand de som ingår i de nationella miljöövervakningsprogrammen Trendsjöar respektive Trendvattendrag. Även vattendrag som ingår i miljöövervakningsprogrammet Integrerad kalkeffektsuppföljningen ingår i utvärderingen. Förutom dessa sjöar

och vattendrag som ingår i denna utvärdering så sker också miljöövervakning av trendvatten inom det regionala miljöövervakningsprogrammet. Inom fjällområdet finns tre regionala trendsjöar: Krutejaure och Stensjön där provtagning startade 1983, samt Avundstjärn där provtagning pågått sedan 2009. Data från de regionala trendsjöarna finns också i SLU:s miljödatabas.

Totalt finns sju nationella trendssjöar inom området som undersökts. I området finns också två nationella trendvattendrag, samt två vattendrag som ingår i den integrerade kalkeffektsuppföljningen. I tabell 1 presenteras de undersökta sjöarna, i vilket provtagningsprogram de ingår samt när provtagningen startat.

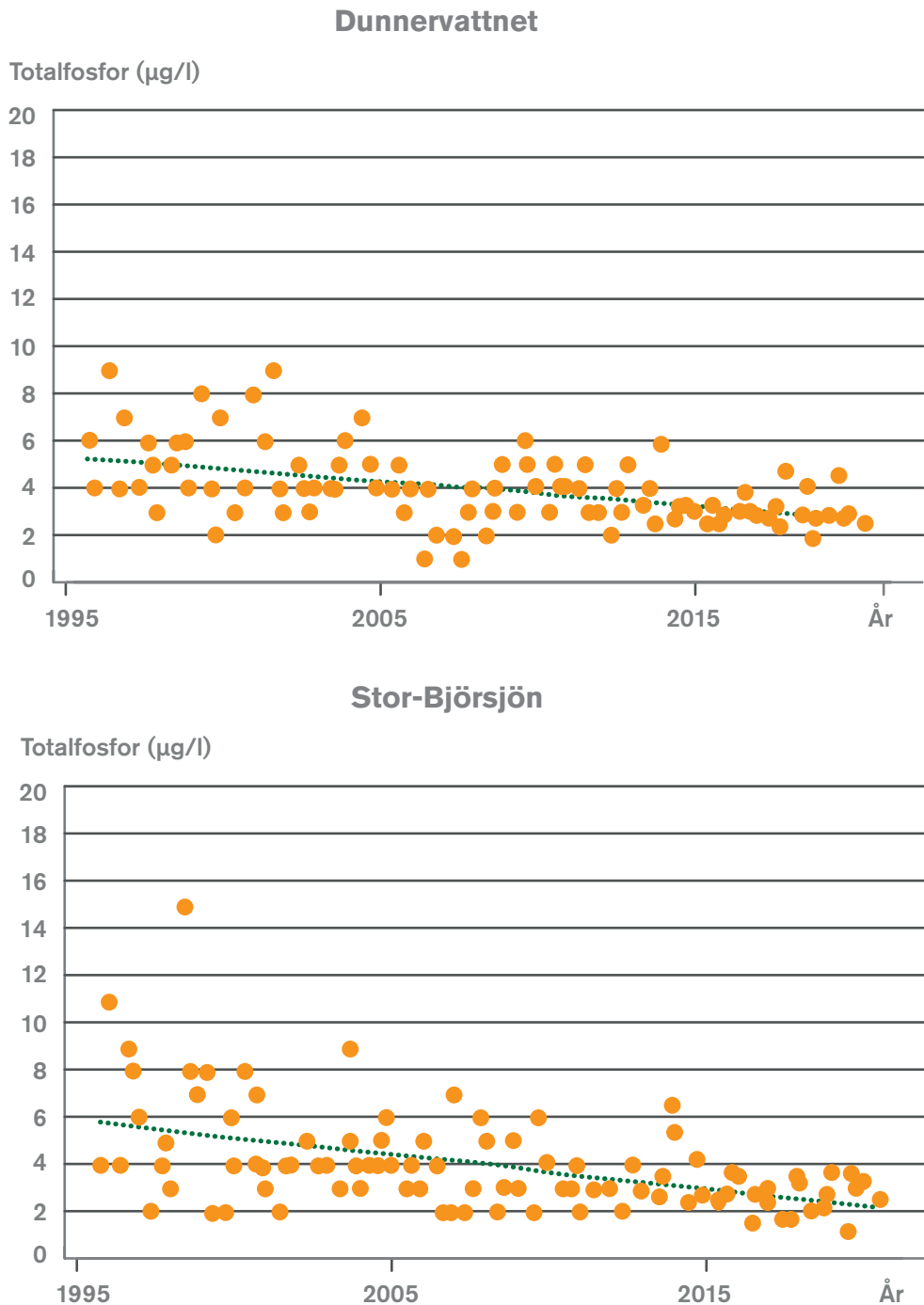
Tabell 1. Vattendrag och sjöar som ingått i denna utvärdering, vilket provtagningsprogram som dessa ingår i samt vilket år provtagningen startat.

Vattendrag	Provtagningsprogram	Provtagning startat
Bastuån	NMÖ IKEU (Integrerad KalkningsEffektUppföljning)	1998
Lekarån	NMÖ Vattendrag trendstationer	2007
Arån	NMÖ IKEU (Integrerad KalkningsEffektUppföljning)	1994
Ljusnan, Funäsdalen	NMÖ Vattendrag trendstationer	1966
Sjöar	Provtagningsprogram	Provtagning startat
Dunnervattnet	NMÖ Sjöar trendstationer	1995
Stor-Björnsjön	NMÖ Sjöar trendstationer	1983
Östra Helgtjärnen	NMÖ Sjöar trendstationer	2006
Tronntjärnarna	NMÖ Sjöar trendstationer	2006
Gåtejaure	NMÖ Sjöar trendstationer	2006
Voulejaure	NMÖ Sjöar trendstationer	2006
Övre Fältsjön	NMÖ Sjöar trendstationer	1984

Tillstånd

KEMISKA PARAMETRAR

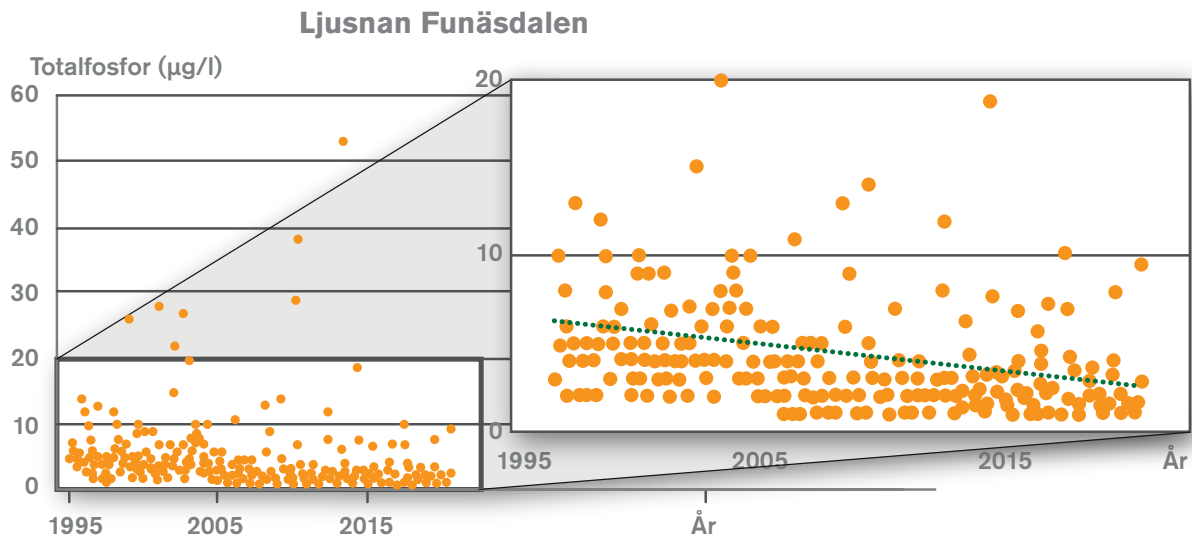
I några av de sjöar och vattendrag som undersökts går det att se en minskande trend för totalfosforhalten. Av sjöarna är det i Stor-Björnsjön och Dunnervattnet, se figur 1, som det går att se minskande trender, vilket också tidigare setts av Lundström (2019). Bland vattendragen är det i Ljusnan som det syns en minskande trend, se figur 2. Det finns i dagsläget ingen tydlig förklaring till de minskade totalfosforhalterna, men klimatförändringar är sannolikt en bidragande faktor (Vrede 2017; Huser m. fl. 2018). Det är dock svårt att bedöma om en liknande trend finns för fosfatfosfor (löst fosfor) då halterna är låga, ofta i nivå med detektionsgränsen.



Figur 1. Minskade fosforhalter över tid i Dunnervattnet och Stor-Björnsjön som ingår i det nationella miljöövervakningsprogrammet Trendsjöar.

Även förändringar mellan andelen kväve och fosfor i vattnet kan användas som en indikator på förändringar i miljön (Fölster & Djojdic 2015). Ett ändrat förhållande mellan dessa näringsämnen kan påverka artsammansättningen av växtplankton. Till exempel kan en hög fosforhalt i förhållande till kvävehalten vara gynnsamt för cyanobakterier. Dessa kan då binda kväve från luften och använda fosfor som finns tillgänglig i vattnet. Dock syns inga förändringar i halten löst oorganiskt kväve och totalfosforkvoten i någon av sjöarna förutom Stor-Björnsjön. Ett annat exempel, som inte ingår i miljöövervakningsprogrammet Trendsjöar, är Oxsjön som ligger uppe

på Klövsjöfjället. Under 2019 var det en omfattande algblooming i Oxsjön. Under 2020-2022 gjordes provtagningar i Oxsjön som visade en relativt låg andel kväve i förhållande till fosfor. Dock var kvoten, under den perioden, inte så pass låg att sjön betraktades som kvävebegränsande, men låg nära den gräns som används för att bedöma om det finns risk för kvävefixering genom algbloomingar av cyanobakterier.



Figur 2. Minskade fosforhalter över tid i Ljusnan som ingår i det nationella miljöövervakningsprogrammet Trendvattendrag.

BIOLOGISKA PARAMETRAR

Växplankton

Tidigare studier har sett en ökning i biomassa för växtplankton och en förändring av planktons artsammansättning, men ingen signifikant skillnad vad gäller diversitet (Lundström 2019). I de sjöar som undersökts syns en generell minskning av familjen guldalger (Chrysomphyceae) och en ökning av gruppen övriga växtplankton. I Dunnervattnet går det även att se en ökning av andelen cyanobakterier. Som tidigare nämnt är primärproduktionen i fjällsjöar främst koncentrerad till pelagisk produktion, det vill säga som vattenväxter på sjöarnas botten. Nilsson (2022) har dock visat att under varma torra perioder dominerar bentisk produktion, det vill säga att primärproduktionen sker främst som växtplankton. Under kalla och våtare förhållanden dominerar dock pelagisk produktion. Därför är det svårt att använda bedömningsgrunden för växtplankton i bedömningen av påverkan från förändrade fosforhalter i fjällvatten.

Kiselalger

I alla vattendrag som ingått i undersökning är kiselalgstaxonen *Achnanthes minutissimum* (grupp 1 och 2) vanligt förekommande. Arten finns vanligen i näringsfattiga vatten med neutralt pH. I samtliga vattendrag är majoriteten av kiselalgerna som återfinns känsliga för belastning av näringsämnen. I Ljusnan och Arån syns dock en ökning av taxonet *Fragilaria gracilis* som vanligen ses i näringsfattiga vatten, men har något högre tolerans mot näringsämnen.

Slutsats och framtida trend

Tidigare studier har också visat att det skett en minskning av fosforhalter i sjöar och vattendrag i fjällen och att det kan finnas en koppling till klimatförändringar (till exempel Huser m. fl. 2018). Trots denna minskning tycks inte biologin i sjöarna påverkas lika tydligt och de förändringar som ses är svåra att koppla till just minskade fosforhalter (Nilsson 2022).

Det är också sannolikt att minskningen av näringsämnen i sjöarna kommer att avta i framtiden, och i stället kommer halterna att öka. Detta då mer lättillgänglig näring kommer att tillföras marken, från exempelvis nedbrytning av växtrester, när träd och andra växter etablerat sig högre upp på fjället. Detta i kombination med att nederbörden också ökar leder till att mer näring tillförs sjöarna. Det våtare klimatet kommer sannolikt också att leda till att primärproduktionen kommer att förskjutas till sjöarnas botten (Nilsson 2022).

Klimat

Klimatförändringar kan vara en del i förklaringen till de minskande fosforhalterna (Huser m. fl. 2018). Det är många processer i naturen som sker samtidigt och bidrar till förändringar av hur mycket näring som når fjällvattnen. Till exempel bidrar ett varmare klimat till att växtsäsongen blir längre och att trädgränsen förskjuts högre upp. Det innebär i sin tur att mer näring kommer att tas upp av landväxterna och att mindre näringsämnen når vattendrag och sjöar.

Klimatförändringar med ökande temperatur bidrar samtidigt till snabbare nedbrytning i marken. Ökad nederbörd bidrar även till att näringsämnen snabbare transporteras från mark till vatten. Ökad nederbörd kan också leda till att mer jordpartiklar når vattnet, där jordpartiklarna har fosfor bundet till sig.

När växtrester bryts ned i marken bildas organiska syror, som kan påverka de kemiska processer som sker i marken. Till exempel kan fler ytor bildas som fosfor kan bindas till. Denna process kan också leda till att det bildas fler ytor i sedimenten som fosfor kan binda till på ett liknande sätt. Även det sura nedfallet som fallit ned över fjälltrakterna kan ha påverkan mängden fosfor som frigjorts, då försurning gör att vittringen skett snabbare. Vittringen kan också i sin tur ha påverkat de ytor som fosfor binder till. Återhämtning i marken från försurning diskuteras också som orsak till de minskande fosforhalterna. Dock visar länsstyrelsens undersökningar på att det inte skett en sådan återhämtning på alla håll i länet.

Ett varmare klimat kan också leda till att skiktningen mellan kallt djupt vatten och varmt ytvatten i sjöar blir tydligare. Detta kan leda till att mindre fosfor frigörs från sedimenten till ytvattnet. Att nedbrytningen av växtrester ökar på land, kommer att leda till att mer organiska syror kommer att nå vattenmiljön, vilket kan leda till att vattnet får en mörkare färg. Den mörkare färgen gör att vattnet blir varmare, då denna lättare värms upp av solen, vilket gör att vattnets skiktning på grund av temperaturen blir ännu tydligare och det bildas ett skikt med mörkt ytvatten.

Bristanalys

I denna sammanställning har inga data från innan juni 1996 används. Det beror på att analyserna mellan januari 1991 och juni 1996 som analyserats vid SLU:s laboratorium i medeltal ligger 1,2–1,4 µg/l för högt (Soneson & Engblom 2001).

Då laboratoriet inte var ackrediterat innan 1991 går inte heller att utesluta eventuella osäkerheter i dessa värden. Därför har data insamlat innan juni 1996 inte använts i denna undersökning.

Enbart sjöar som har provtagning minst fyra gånger per år samt vattendrag med provtagning minst sex gånger per år har använts. Provtagningslokalerna är inte jämt fördelade över det undersökta området, då fem av de 12 lokalerna ligger runt Oviksfjällen. De övriga lokalerna är utspridda från Övre Fältsjön i söder till Dunnervattnet i norr.

Referenser

SLU miljödata. <https://miljodata.slu.se/MVM/>

Fölster, J. & Djodjic, F. 2015. Underlag till bedömningsgrunder för kväve i sjöar och vattendrag. SLU Vatten och miljö: Rapport 2015:12.

Huser, B., Futter, M.N., Wang, R., Fölster, J. 2018. Persistent and widespread long-term phosphorus declines in Boreal lakes in Sweden. *Science of The Total Environment* 613-614.

Karlsson, J., Byström, P., Ask, J., Ask, P., Persson, L. & Jansson, M. 2009. Light limitation of nutrient-poor lake ecosystems. *Nature* 460: 506-U580.

Lundström, M. 2019. Effekter av klimatförändringar på växtplankton i subarktiska och alpina sjöar. Sveriges Lantbruksuniversitet Uppsala 2019.

Nilsson, J. 2022. Climate-induced ecological change in subarctic lakes - Evidence from biological archives, long-term monitoring, and contemporary field studies. *Acta Universitatis agriculturae Sueciae* 2022:47, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Soneson, L. & Engblom, S. 2001. Totalfosforanalyser vid Institutionen för miljöanalys 1965-2000. Institutionen för miljöanalys, SLU.

Vrede, M. 2017. Näringsutarmning ett okänt problem. *Miljötrender SLU, Klimatförändringar* 2017.

FAKTABLAD

Bottenfauna

Bakgrund

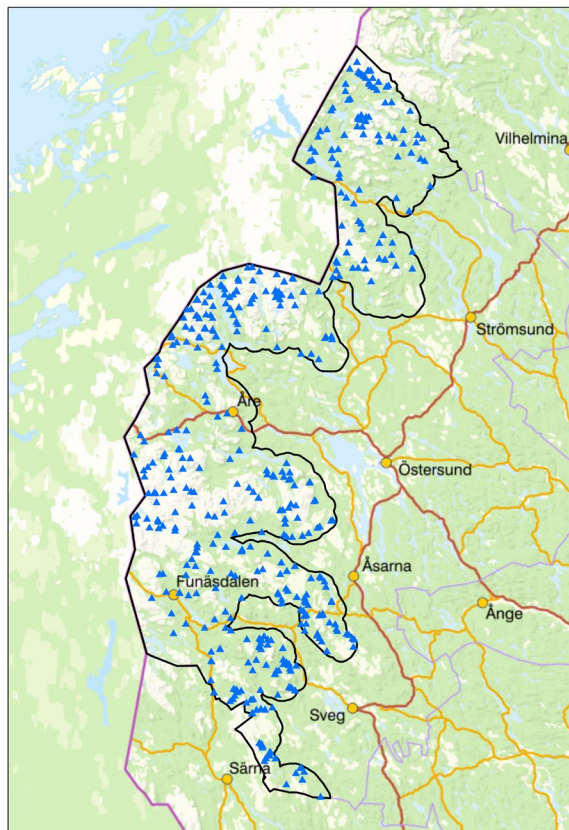
Vattenlevande insekter, mollusker och kräddjur utgör en viktig del i fjällens ekosystem. De bryter ner organiskt material och är basfödan för fiskar och de fåglar som lever kring sjöar och vattendrag. Arternas kolonisering av fjällområdena har skett både aktivt och passivt. En dagslända kan till exempel själv flyga längre uppströms eller föras med vinden till ett nytt vatten. Kräddjur och mollusker är mer begränsade i att själv kolonisera nya områden, men kan i stället transporteras med hjälp av fåglar (Green & Figuerola 2005).

Artsammansättningen i Jämtlands fjällvatten har historiskt bestämts av arternas förmåga att förflytta sig till nya vatten och lyckas etablera sig där. Sedan 1950-talet har tyvärr miljöpåverkan spelat en allt större roll i arternas utbredning. Försurningskänsliga arter försvann eller minskade i antal när sulfatutsläppen gav sur nederbörd i fjällen. Skogsbrukets påverkan i fjällnära skog är ej noga utvärderat, men studier visar på omfattande och långvarig påverkan (Frainer & McKie 2021). Idag påverkar sannolikt även klimatförändringarna artsammansättningen i Jämtlands fjällvatten genom att främst nya arter får möjlighet att etablera sig (Lento m. fl. 2019).

Data och metod

Den biologiska mångfalden följs över tid med standardiserad provtagning i både sjöar och vattendrag. Data lagras hos Sveriges Lantbruksuniversitets databas samt lokalt i Länsstyrelsen Jämtlands läns register. De tidigaste standardiserade provtagningarna gjordes i början på 1970-talet, innan det finns även historiska beskrivningar att tillgå för arternas utbredning. Omfattningen av den sammanlagda provtagningen syns i Figur 1.

Figur 1. Lokaler där det genomförts inventeringar av bottenfauna i Jämtlandsfjällen.



Tillstånd

Den mest märkbara förändring skedde i takt med att den antropogena förurningen drabbade fjällen. Sur nederbörd slog ut känsliga arter bland dag-, natt-, bäcksländor, musslor, snäckor och märkräfter. Flertalet arter har tyvärr inte återfunnits sedan 1970–80-talet. Detta är dock inte indikation nog för att arterna är helt försvunna från fjällen, men det indikerar att utbredningen och antalet individer minskat i antal. Till exempel har bäcksländan *Capnia atra* inte återfunnits på flera platser sedan 1980-talet. Senaste fyndet i Jämtlandsfjällen gjordes 2013. Dagsländan *Arthroplea congener* fanns på flera platser i Jämtlandsfjällen på 1970-talet, men syntes sedan 1980-talet enbart i områden med mindre förurningspåverkan samt kalkade områden. Det finns inga rapporterade fynd i Jämtlandsfjällen sedan 2001. Dagsländorna *Ephemera vulgata/danica* återfinns på flera platser i Jämtlandsfjällen, men har sannolikt helt försvunnit från flera av de mest förurningsdrabbade områdena. En liknande utveckling visar dagsländorna *Baetis bundyae* och *Acentrella lapponica*, som försvinner från flera områden efter 1970–80-talet. De senaste åren har dock arterna glädjande nog återfunnits i ett antal Natura2000-vatten inom Jämtlandsfjällen, sannolikt som en respons på minskad antropogen förurning.

Som en effekt av den minskande förurningspåverkan, men sannolikt även klimatförändringarna, har ett antal arter ökat sin utbredning de senaste åren. Till exempel finns det historiskt bara ett fåtal fynd av den rödlistade nattsländan *Ecclisopteryx dalecarlica* på gränsen mot dalarna i början på 1970-talet, men arten har sedan 2010 återfunnits på ett flertal platser längre norrut kring bland annat Oviksfjällen.

Sammanlagt finns det för Jämtlandsfjällen ett tiotal nya arter som endast påträffats efter 2015. I samtliga fall handlar det om enstaka fynd, så om detta handlar om nyetableringar får framtida undersökningar utkristallisera.

Bristanalys

Bristen på långa tidserier försvårar möjligheten att genomföra statistiska analyser på materialet. Dessutom saknas historiska data från stora områden vilket försvårar arbetet med att definiera arternas historiska utbredning.

Referenser

Datavärdskaip sjöar och vattendrag. Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Miljödata MVM. <https://miljodata.slu.se/MVM/>

Green, A.J. & Figuerola, J. 2005. Recent advances in the study of long-distance dispersal of aquatic invertebrates via birds. *Diversity and Distributions*, 11: 149-156. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2005.00147.x>

Frainer, A., McKie, B.G. 2021. The legacy of forest disturbance on stream ecosystem functioning. *J Appl Ecol.* 2021; 58: 1511– 1522. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13901>

Lento, J., Goedkoop, W., Culp, J., Christoffersen, K., Fefilova, E., Guðbergsson, P., Liljaniemi, G., Ólafsson, J.S., Sandøy, S., Zimmerman, C., Christensen, T., Chambers, P., Heino, J., Hellsten, S., Kahlert, S., Keck, F., Laske, S., Lau, D.C.P., Lavoie, I., ... Svenning, M. 2019. State of the Arctic Freshwater Biodiversity Report. Retrieved from Conservation of Arctic Flora and Fauna (CAFF) International Secretariat. caff.is/freshwater

FAKTABLAD

Bladfotingar

Bakgrund

Bladfotingar utgör en grupp kräftdjur som i Jämtlands län lever i mindre vattensamlingar i högfjällsområden. De är en mycket viktig födoresurs för flera av fjällens fågelarter och har stor betydelse för fjällens ekosystem. Det rör sig om en mycket gammal djurgrupp som har stora likheter med 400 miljoner år gamla fossil. I Sverige finns gälbladfotingar och sköldbladfotingar. De har mycket speciella miljökrav vilket gör dem lämpliga som indikatorer på miljöförändringar.

Gälbladfotingar lever vanligtvis i mindre vattensamlingar av vilka en del torkar ut under sommaren eller bottenfryser vintertid. Fortplantning sker via vilägg som behöver torka under en period för att sedan utvecklas när tillfälle ges. Karakteristiskt för dessa djur är de bladlika benen. De övervintrar som ägg, kläcks under våren i samband med islossningen och lever vanligen ett par månader. De lever i den fria vattenmassan och simmar med ryggen ständigt nedåt. Födan utgörs huvudsakligen av alger.

I den svenska fjällkedjan finns två arter, *Polyartemia forcipata* och *Branchinecta paludosa*. Båda finns spridda från de övre delarna av Ljungans och Ljusnans vattensystem till området norr om Torne träsk. Eftersom de är förhållandevis stora (10-25mm), långsamma simmare och lever exponerat, blir de ett lätt byte för fåglar och fiskar. Därför finns de mycket sällan i vatten som håller fisk. Arterna skiljer sig åt i vissa avseenden. *P. forcipata* har en mer kontinuerlig utbredning längs hela den svenska fjällkedjan. För *B. paludosa* tycks det vara så att den saknas eller är mycket ovanlig i norra Jämtlandsfjällen och i södra Lapplandsfjällen. *P. forcipata* uppges oftare, i jämförelse med *B. paludosa*, återfinnas i vatten med större djup, permanenta tjärnar eller mindre sjöar (Hammar 2003). Arterna kan även samexistera i samma vattensamling.



Bladfoting *Branchinecta paludosa*. Bladfotingar simmar med ryggen nedåt.

Fjällsköldbladfoting, *Lepidurus arcticus*, finns också i den svenska fjällkedjan. Den skiljer sig markant i utseendet från gälbladfotingarna då den är mörk, har en stor ryggsköld och två långa stjärtspröt. Arten uppvisar stora likheter med 200–400 miljoner år gamla fossil och brukar kallas för "levande fossiler". Den kan samexistera med fisk, möjligen beroende på sitt bottenbundna levnadssätt, samtidigt som den utgör vanligt bytesdjur för öring.

Bladfotingar uppmärksammas som möjliga indikatorer för miljöförändringar, främst försurning, då de är känsliga för låga pH-värden. De förväntas också indikera effekter av klimatförändringar. Det eftersom de är knutna till kalla vatten på fjället och därmed är känsliga för uppvärmning. Vidare är de konkurrenssvaga, vilket innebär att om faunan i vattensamlingarna utökas som en följd av varmare klimat, riskerar de att slås ut.

Data och metod

Länsstyrelsen i Jämtlands län har genomfört områdesvisa inventeringar i syfte att förbättra kunskapen om bladfotingarnas utbredning, miljökrav och beståndsförändringar. Undersökningarna går i princip ut på att fånga bladfotingar via systematisk håvning i grunda vattensamlingar på fjället. De rör sig långsamt i den fria vattenmassan och fångas lätt i håv.

Inventering har i huvudsak genomförts i tre olika områden; västra Härjedalen (Helags, Axhögen, Ramundberget, Flatruet), fjällen i västra Jämtland inom Vålådalens naturreservat samt i Härbergsdalen och i Stekenjokk-området i norra Jämtland.

Tillstånd

I en tidig undersökning, 1913–14, registrerade Olov Lundblad fynd av gälbladfotingar vid Helags, Axhögen och Ramundberget. Han fann att *B. paludosa* var allmänt förekommande i området medan *P. forcipata* bara återfanns på tre lokaler. Under 2001 genomförde Länsstyrelsen en undersökning, så långt det var möjligt, i samma område och i samma vatten. De var belägna på 930–1050 m ö h. Undersökningen visade att *B. paludosa* då fortfarande kunde anses vara allmän i området. Denna inventering upprepades sedan 2012 på samma lokaler som 2001. Resultaten var likartade, någon förändring i utbredning kunde inte konstateras.

P. forcipata registrerades 2001 bara på en lokal vid Helags men var betydligt vanligare vid Stentjärnarna på Flatruet. Utbredningen var, jämfört med Lundblads undersökning, likartad. Inventeringen 2012 visade på likartade resultat för Helagsområdet. Förekomst kunde dock konstateras i ytterligare några vatten jämfört med 2001. *P. forcipata* har också registrerats i Stekenjokk-området i samband med inventeringen 2004. På sammanlagt 104 lokaler vid Stekenjokk, Daimaplatån och Autjovallenjouna återfanns *P. forcipata*.

Fjällsköldbladfoting (*L. arcticus*) förekommer endast sparsamt i länet. Den har i Länsstyrelsens inventeringar endast konstaterats i Stekenjokk-området. Enstaka fynd finns dock gjorda längre söderut i länet, bland annat vid Skars i Härjedalen samt i Härjängssjöarna.

En omfattande inventering av gälbladfotingar i västra Jämtlandsfjällen (Tjallingdalen med flera områden) gav inga som helst fynd. Även inventeringen i Härbergsdalen i norra Jämtland blev resultatlös.

Klimat

Utifrån befintliga data går det inte att säga att klimatförändringarna lett till någon förändring vad det gäller förekomst av bladfotingar i Helagsområdet där upprepade undersökningar genomförts. De fanns där 1913–14, 2001 och 2012 i ungefär samma utsträckning. Övriga undersökningar har engångskaraktär och kan därmed inte ge några indikationer om trender.

I norska undersökningar (Lindholm m. fl. 2012, 2015, 2016) har man kunnat visa att *B. paludosa* försvunnit från lokaler belägna lägre än 1100 m ö h under de senaste 40 åren. Slutsatsen var att temperaturen i dessa lokaler numer uthålligt ligger över 13 grader. Det påverkade bladfotingarna dels direkt, dels genom att det varmare vattnet och ökad vattenfärg gav möjlighet för etablering av rovtlevande mygglarver (tofsmyggor, *Chaoborus*). Även för sköldbladfoting finns tecken på reducerad utbredning som en följd att vattentemperaturerna ökar (Qvenild m. fl. 2018). Mycket talar för att denna art, jämfört med gälbladfotingarna, är än känsligare för temperaturhöjning. Den finns i första hand i större vatten där risken för höga temperaturer är lägre, men har visat sig försvinna även från större sjöar, sannolikt som följd av förhöjd temperatur (Qvenild m. fl. 2021). Den har dock visat sig tåligare mot förurning än vad som tidigare konstaterats (Qvenild & Hesthagen 2019) vilket kan innebära att effekterna av förurning sannolikt är mindre betydelsefulla.

Sammantaget har vi i dagsläget viss kunskap om utbredning och miljökrav hos de tre arterna. Den är inte heltäckande men ger en bild av situationen i länet. Länsstyrelsens bedömning är att ytterligare inventeringar är meningsfulla, liksom upprepning av tidigare undersökningar. Det har nu gått mer än 10 år sedan lokalerna besöktes varför förändringar i förekomst som en följd av klimatpåverkan kan ha inträffat. Detta mot bakgrund av resultaten i de norska undersökningarna.

Bristanalys

Föreliggande dataunderlag har sina brister. Inventeringarna är koncentrerade till ett fåtal mindre områden där vi haft tidigare uppgifter om förekomst. Inventeringsmetoden är baserad på håvning och i bästa fall semi-kvantitativ. Uppgifter om täthet är därmed osäkra. Materialet är alltför begränsat för att tillåta koppling till vattenkemi-parametrar.

Referenser

- Bergström, T. 2003. Inventering av gälbladfotingar i norra Jämtlandsfjällen. Länsstyrelsen i Jämtlands län, miljöövervakningsfunktionen. Rapport 03:1.
- Blomkvist, D. 1995. Bladfotingar som förurningsindikatorer i fjällen. Länsstyrelsen i Norrbottens län. Rapport nr 3/1995.
- Lindholm, M., Stordal, F., Hessen, D.O., Moe, S.J., Aass, P. 2012. Climate driven range retraction of an Arctic freshwater crustacean. *Freshwater Biology* 57: 2591-2601. doi: 10.1111/fwb.12030
- Lindholm, M., Hessen, D.O., Færøvig, P.J., Rognerud, B., Andersen, T., Stordal, F. 2015. Is distribution of cold stenotherms constrained by temperature? The case of the Arctic fairy shrimp (*Branchinecta palludosa* O.F.Müller 1788). *Journal of Thermal Biology* 53: 46-52. doi: 10.1016/j.jtherbio.2015.08.005
- Lindholm, M., Wolf, R., Finstad, A.G. & Hessen D.O. 2016. Water browning mediates decimation of the Arctic fairy shrimp *Branchinecta paludosa*. *Freshwater Biology*. <https://doi.org/10.1111/fwb.12712>
- Näslund, I., Åslund, J-E. & Sundberg, M. 2002. I Olov Lundblads fotspår - inventering av gälbladfotingar i Härjedalsfjällen. Länsstyrelsen i Jämtlands län. Rapport nr 02:1.
- Ovenild, T. Fjeld, E., Fjellheim, A., Rognerud, S. & Åsmund, T. 2018. Climatic effects on a cold stenotherm species *Lepidurus arcticus* (Branchiopoda, Notostraca) on the southern outreach of its distribution range. *Fauna Norvegica* 38:37-53.
- Ovenild, T. & Hesthagen, T. 2019. Environmental conditions limit the distribution of *Lepidurus arcticus* (Branchiopoda; Notostraca) on the Hardangervidda mountain plateau, Southern Norway. *Fauna norvegica* 39: 77-110. doi: 10.5324/fn.v39i0.2687
- Ovenild, T., Fjeld, E., Fjellheim, A., Hammar, J., Hesthagen, T. & Lakka H.-K. 2021. Upper thermal threshold of *Lepidurus arcticus* (Branchiopoda, Notostraca) in lakes on the southern outreach of its distribution range. *Fauna norvegica* 41: 50-88.

FAKTABLAD

Vattentemperatur och ljusinstrålning i akvatiska miljöer

Bakgrund

Temperatur och ljusinstrålning är av stor betydelse för hur vattenmiljön i fjällens sjöar fungerar. Ändringar i dessa fysiska parametrar kan ofta förklara förändringar i ekosystemens sammansättning och funktion. De har ofta en avgörande betydelse för vilka arter av djur och växter som kan finnas i sjön eller vattendraget, liksom för storleken hos biomassa och biologisk produktion. Temperaturen avgör ju ytterst hur snabbt ämnesomsättning kan ske hos djur och växter, och därmed tillväxthastigheten. Vattentemperaturen i fjällsjöar styrs av lufttemperaturen och är normalt 2–3 grader högre än lufttemperaturen (Qvenild m. fl. 2018). Många djur och växter klarar inte kallt klimat vilket gör att temperaturen ytterst avgör om de kan finnas i sjön. Ljuset avgör sedan till en del om och i vilken utsträckning växter (växtplankton och vattenväxter) kan etablera sig och tillväxa i fjällens vattenmiljöer (Karlsson m. fl. 2009).

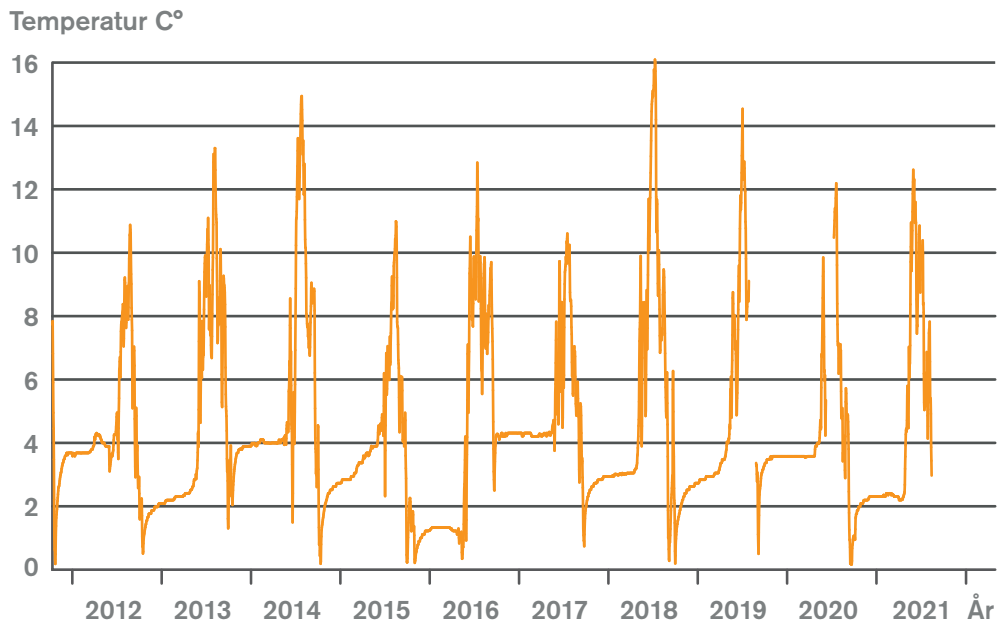
Data och metod

Inom ramen för Länsstyrelsens regionala miljöövervakning mäts vattentemperatur och ljusinstrålning i tre av länets fjällsjöar: Tronntjärn, Krutejaure och Avundstjärn. Mätningarna har pågått sedan 2010.

Tillstånd

Några tydliga trender kan inte utläsas utifrån en tidsserie på bara 10–11 år. En svag tendens till sjunkande vattentemperaturer under vintern (istäckt period) och stigande temperaturer under sommarmånaderna kan möjligen urskiljas. Sjunkande temperaturer under vintern skulle kunna förklaras av de episoder med inflöde av smältvatten som inträffar även under de normalt kallaste månaderna i samband med regn och höga vintertemperaturer. Förekomsten av dessa episoder vidimeras av ljusmätningarna där korta perioder med ökad ljusinstrålning inträffar även under perioden december-mars när normalt sett ett djupt snötäcke hindrar ljus från att nå ner i sjön.

Vattentemperatur i Tronntjärn, västra Jämtland



Figur 1. Exempel på vattentemperaturregistrering i Tronntjärn (1158 m ö h) under en 10-årsperiod.

Klimat

Det är inte möjligt att utifrån mätningarna uttala sig om eventuella climateffekter. Därtill är tidsserierna alltför korta. Analys av isläggnings- och islossningsdata från andra fjällsjöar, visar på senarelagd isläggning och tydligt tidigarelagd islossning under de senaste decennierna (SMHI 2021). Om motsvarande förändringar pågår även i de av Länsstyrelsen undersökta sjöarna är i dagsläget oklart.

Bristanalys

Mätningarna med loggar för temperatur och ljus har god precision och pålitlighet. Den korta tidsserien medför dock att möjligheterna att dra slutsatser i nuläget är mycket små. Allt talar dock för att fortsatta klimatförändringar kommer att påverka vattenmiljön och ekosystemen (Länsstyrelsen 2019). På sikt, oavsett hur klimatförändringar och annan påverkan utvecklas, kommer dock materialet att bli av stort värde.

Referenser

Karlsson, J., Byström, P., Ask, J., Ask, P., Persson, L., Jansson, M. 2009. Light limitation of nutrient-poor lake ecosystems. *Nature* 460:506-509.

Länsstyrelsen i Jämtlands län 2019. Sjöar och klimatförändringar – vad händer? s. 62-75 i: Slutrapport från Tre sjöar, LIFE-projekt. Länsstyrelsen i Jämtlands län. 90 pp.

Qvenild, T., Fjeld, E., Fjellheim, A., Rognerud, S., Tysse, Å. 2018. Climatic effects on a cold stenotherm species *Lepidurus arcticus* (Branchiopoda, Notostraca) on the southern outreach of its distribution range. *Fauna norvegica* 38: 37–53.

Qvenild, T. 2022. Climatic impact on the crustacean species *Lepidurus arcticus*, *Gammarus lacustris* and *Eurycercus lamellatus* on brown trout *Salmo trutta* production in a high mountain area in Southern Norway. Doctoral thesis, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University in Oslo. 227 pp.

SMHI 2021. Klimatanalys för fjällområdet i Jämtlands län. Rapport NR 2021 - 44.

FAKTABLAD

Försurning

Bakgrund

Förbränning av fossila bränslen har många negativa effekter. En effekt som fallit lite i glömska är den försurande effekt detta kan ha på mark och vatten. Den antropogena försurningen inleddes i och med 1800-talets industrialisering. Sverige har fått merparten av sitt sura nedfall från Storbritannien och Östeuropa. När luftmassorna når de jämtländska fjällen faller antingen föroreningarna ner som sur nederbörd eller deponeras i torr form via till exempel dimfrost. Samtidigt är depositionen av försurande ämnen generellt högre på hög höjd än omgivande lägre områden (Karlsson m. fl. 2019). Utsläppen av sulfat och kväve har kraftigt minskat tack vare striktare miljölagar och idag är mängden försurande föroreningar i nederbörden betydligt mindre än på 1980-talet (ivl.se). Stora delar av fjälltrakterna har magra, tunna jordlager, eller rent av obefintliga jordlager, ovan på svårvittrade bergarter. Dessa områden drabbades extra hårt av nedfallet. Områden med svårvittrad berggrund har också svårast att återhämta sig nu när nedfallen har minskat, eftersom vittring och återskapandet av baskatjoner är avgörande för att områdena ska kunna stå emot naturligt försurande processer. De biologiska skadorna i spåren av antropogen försurning är omfattande både på mark och i vattenmiljöer (Degerman m. fl. 1992). Exakt när de första försurningsskadorna uppstod är svårt att fastställa, men biologiska data från andra områden och historiska uppgifter pekar på att biologin tog skada redan på 1950-talet (Wright m. fl. 1976, Enge m. fl. 2017). När miljöövervakningen i fjällen tog fart under 1970-talet hade sannolikt redan biologin skadats, men åren runt 1980 minskade den biologiska mångfalden ytterligare. Flera försurningskänsliga arter försvann och i de hårdast drabbade områdena är de inte tillbaka än idag. I fjällområdet har alltså ett flertal arter försvunnit från sjöar och vattendrag, öringens yngel har svårt att överleva i de sura lekbäckarna och sjöfåglarnas födotillgång har minskat.

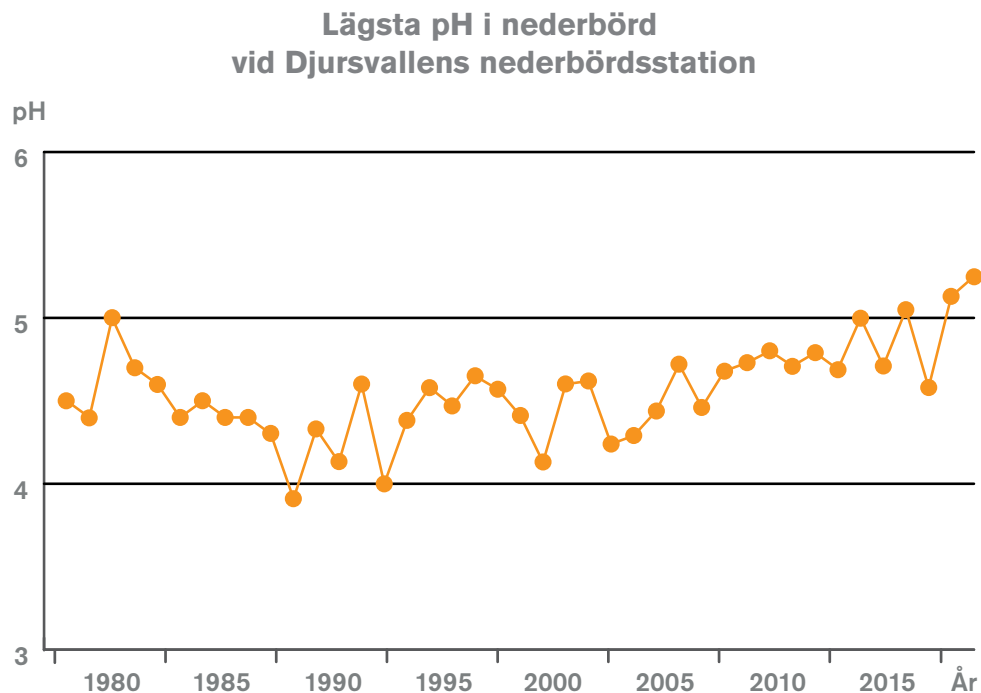
Data och metod

Övervakningen i Jämtlands läns fjällområden består främst av vattenkemi, bottenfauna, elfisken samt nätprovfisken. För många av länets fjällvatten är det problematiskt att genomföra provtagning på grund av svårillgängligheten. Därför kan kunskapsläget för enskilda vatten vara lågt, men intensivare provtagning i specifika vatten ger en tydlig bild som sen kan appliceras på liknande vatten i närområdet. På så sätt får man en övergripande bild av miljötillståndet i fjällen. För att komma till rätta med kunskapsluckorna i fjällsjöar och fjällvattendrag har pH-loggers blivit en allt viktigare del av verksamheten. Dessa pH-loggers mäter pH med en timmes intervall och kan enkelt flyttas mellan olika vatten tills man fått en bättre förståelse av försurningssituationen. Samtidigt är biologiprovtagningen till fjälls ovärderlig då den ger en bild av försurningssituationen över en längre

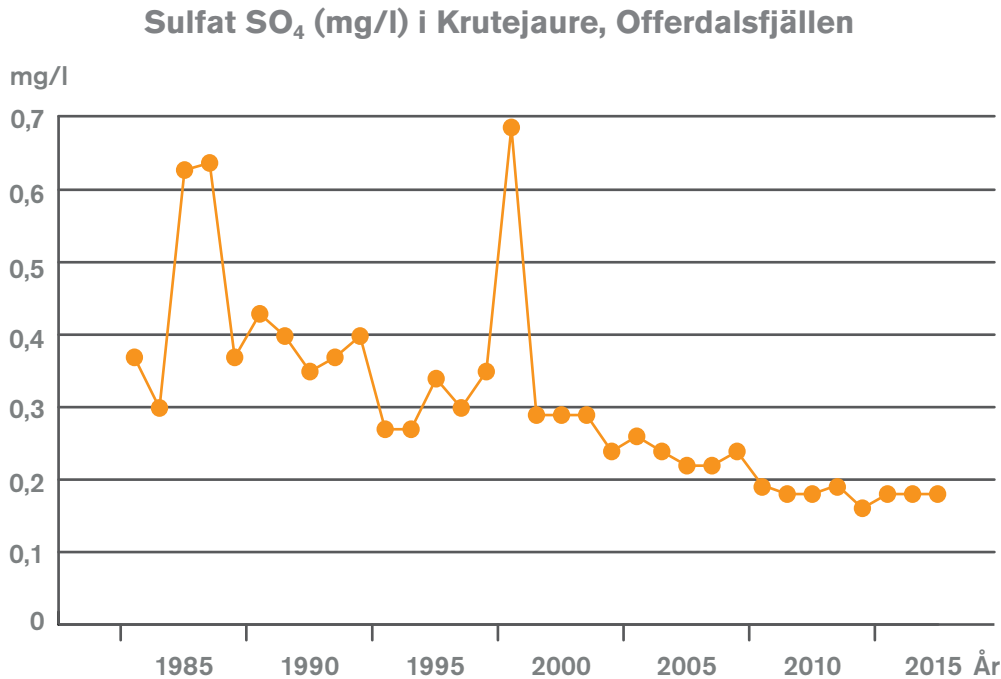
tid än enskilda vattenkemiska värden. När vattenkemi analyseras tillsammans med biologiska data kan en tillförlitlig bild av försurningssituationen beskrivas, en metod Jämtlands län arbetar fokuserat med att förfinas.

Tillstånd

Nedfallen av sulfat har drastiskt minskat i fjällområdena sedan 1980-talet och då har också pH i nederbörden ökat (figur 1). I takt med att nederbörden blivit renare har flera fjällområden delvis återhämtat sig från försurningen. Biologiskt skadliga låga pH-värden har blivit ovanligare på många håll i Jämtlandsfjällen. I den regionala trendsjön Krutejaure ser vi detta tydligt med en signifikant positiv trend för lägsta uppmätta pH ($p=0,037$) samtidigt som det sker en signifikant minskning av mängden sulfat (figur 2). Generellt har återhämtningen främst skett i områden med lättvittrad berggrund, medan fjällområden med svårvittrad berggrund generellt har svårare att återhämta sig.



Figur 1. Uppmätt pH vid den nationella mätstationen Djursvallens nedre som ingår i Svenska Luft- och Depositionsnätverket (SveLoD).



Figur 2. Uppmätt sulfat (SO₄) i Krutejaure, Offerdalsfjällen, visar på en signifikant negativ trend från 1980-2021 ($p < 0,0001$).

Bristanalys

Fler faktorer än nedfall inverkar på den antropogena försurningens omfattning. De historiska provtagningarna genomfördes endast i ett fåtal fjällvatten.

Referenser

- Datavärdskap för luftkvalitet, SMHI. <https://www.smhi.se/data/miljo/luftmiljodata>
- Datavärdskap sjöar och vattendrag, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) Miljödata MVM. <https://miljodata.slu.se/mvm/>
- Svenskt elfiskeregister SERS. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser. <http://www.slu.se/elfiskeregistret>
- Degerman, E., Engblom, E., Lingdell, P.E., Melin, E., Olofsson, E. 1992. Försurning i fjällen. Sötvattenslaboratoriet 1:1-112.
- Enge, E., Ovenild, T., Hesthagen, T. 2017. Fish death in mountain lakes in southwestern Norway during 1800s and early 1900s – a review of historical data. Vann nr. 1-2017: 66-80.
- Karlsson, P.E., Ferm, M., Pihl Karlsson, G. & Hellsten, S. 2019. Halter och deposition av luftföroreningar på hög höjd i norra Sverige. IVL-rapport C392. Februari 2019.
- Wright, R., Dale, T., Gjessing, E., Hendrey, G., Henriksen, A., Johannessen, M., Muniz, I. 1976. Impact of Acid Precipitation on Freshwater Ecosystems in Norway. Water Air and Soil Pollution. 6. 483-499. 10.1007/BF00182887.

FAKTABLAD

Grundvatten - nivåer

Bakgrund

Grundvattennivån varierar naturligt under året. Hur mycket beror på den geologiska miljön och det väder som varit. Låga grundvattennivåer kan påverka dricksvattenförsörjningen negativt och leda till vattenbrist i enskilda brunnar. De kan också leda till att flödet av utströmmande grundvatten minskar vilket kan ha en negativ påverkan på de ekosystem som är beroende av ett kallt utströmmande grundvatten. Kalkällor, bäckar, rikkärr eller andra typer av våtmarker är exempel på sådana ekosystem. Förutom flödesförändringar kan en sänkt grundvattennivå också medföra förhöjda vattentemperaturer i den bäck eller å där grundvattnet strömmar ut då utflödet av kallt grundvatten minskar. Grundvattennivåerna och dess variation har också stor betydelse för risken för ras och skred och är därför även viktiga att följa i de områden där sådan risk identifierats. Jämtlandsfjällen har identifierats som ett nationellt riskområde för ras och slamströmmar, särskilt runt Åre (SGI & MSB 2021).

Data och metod

Grundvattennivåer mäts inom länets fjällområde av Sveriges geologiska undersökning (SGU) inom den nationella miljöövervakningen. Mätningarna görs antingen automatiskt via loggrar som ger kontinuerliga mätserier eller manuellt genom mätning i grundvattenrör en till två gånger i månaden.

De nationella nivåstationerna är placerade i områden relativt opåverkade av mänskliga aktiviteter och kan därför användas som referenser och för att beräkna trender och prognoser. De flesta mätningar görs i grundvattenrör i jord, antingen morän eller sand- och grusavlagringar, men bergborrade brunnar eller rör ingår också i nivåövervakningen. I fjällområdet i Jämtlands län finns två mätstationer med tidsserier som sträcker sig tillbaka till 1980-talet:

1. Kallsjön, morän. Mätserie sedan 1981, logger sedan 2013.
2. Visjövalen (Storlien), morän. Mätserie sedan 1985, logger sedan 2020.

Vid utbyggnaden av den nationella nivåövervakningen under åren 2019-2021 har det också inom fjällområdet tillkommit mätstationer i Hede (sand- och grusavlagring), Vemhån (sand- och grusavlagring), Ströms Vattudal-Gussvattnet (morän), samt Ströms vattudal-Leipikvattnet (morän).

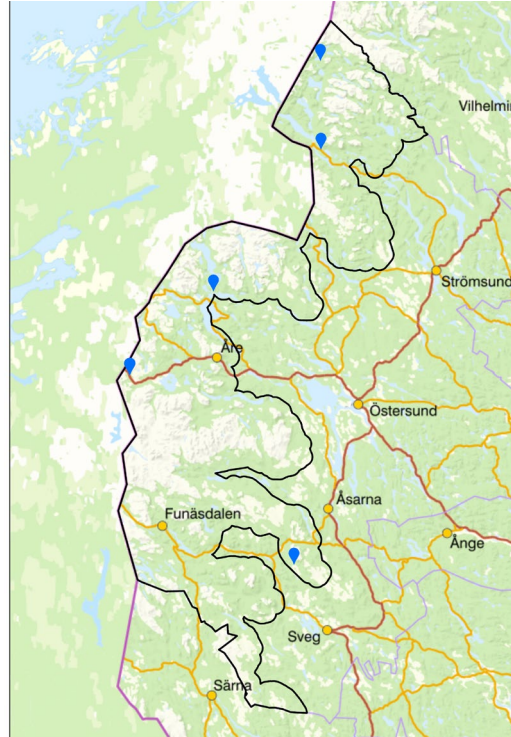
Grundvattennivåer följs också vid många kommunala vattentäkter där uttag av grundvatten för dricksvattenförsörjning sker.

Tillstånd

Grundvattennivån i Kallsjön, som är en station i morän, varierar under året mellan 0–2,2 m under markytan, med de högsta nivåerna under våren (april-maj) och lägsta under sommaren (juli-augusti). Jämfört med 1980-talet så är nivåerna generellt sett högre idag under vintermånaderna och lägre under sommaren. De lägsta nivåer som uppmätts i nivåstationen Kallsjön var under åren 1997, 2004, 2011, 2014, 2018, 2019 samt 2021 då nivån låg under 2 m under markytan. Detta inträffade i juli-augusti respektive år, förutom år 2004 då den lägsta nivån uppmättes i januari.

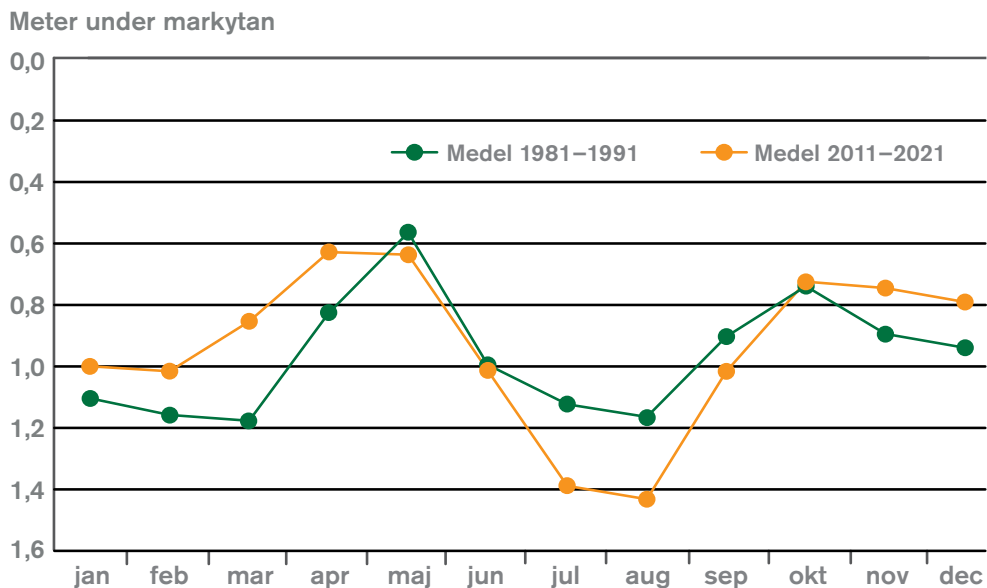
Den 40 år långa tidserien av grundvattennivåmätningar från Kallsjön visar på generellt stigande nivåer vintertid (månaderna oktober-april) och sjunkande nivåer sommartid (maj-september). Dessa förändringar som framgår av mätserierna följer de förändringar som klimatscenarios för slutet av seklet indikerar. Enligt dessa scenarios sker en tydlig förändring i vattenflödet med högre avrinning och grundvattenbildning under höst och vinter, månaderna

Figur 1. Karta över aktiva nivåstationer inom fjällområdet som ingår i den nationella miljöövervakningen.



Figur 1. Karta över aktiva nivåstationer inom fjällområdet som ingår i den nationella miljöövervakningen.

Grundvattennivå (meter under markytan) vid mätstationen Kallsjön

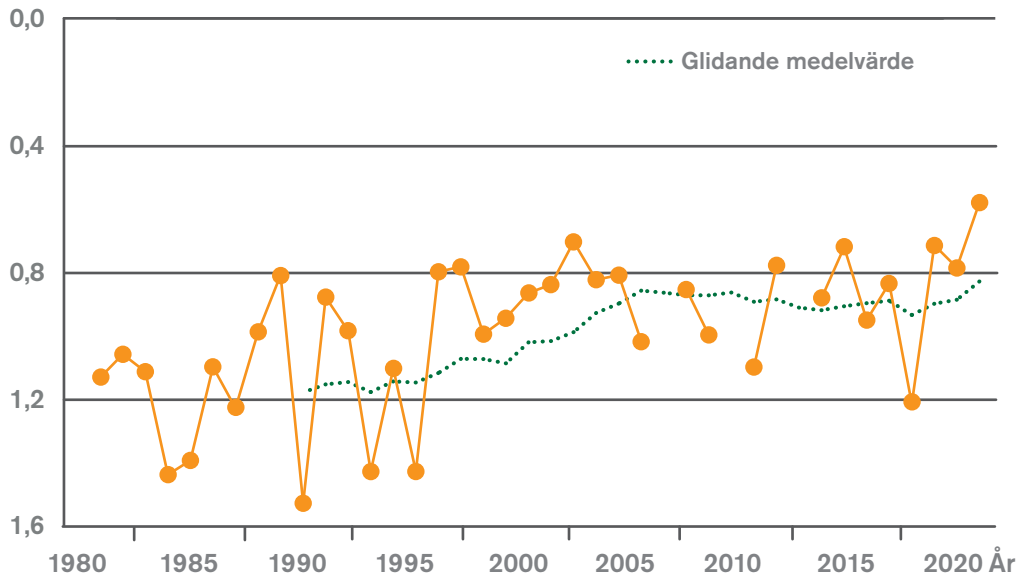


Figur 2. Medelvärde av uppmätt grundvattennivå vid mätstationen Kallsjön (80:2) för de 11 första åren i mätserien (1981–1991) och de 11 senaste åren (2011–2021).

oktober-mars, vilket leder till högre grundvattennivåer än idag under denna tid på året (SGU 2012). Under vår och sommar (månaderna april-september) blir avrinningen och grundvattenbildningen betydligt lägre än idag, vilket ger lägre grundvattennivåer under denna period (SGU 2012).

Mars – Grundvattennivå (meter under markytan) vid mätstationen Kallsjön

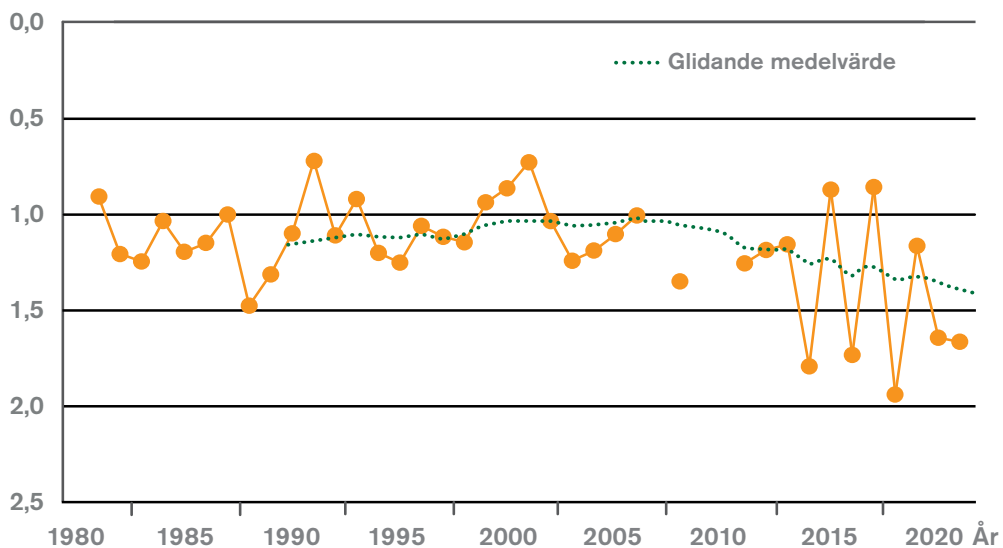
Meter under markytan



Figur 3. Grundvattennivå (m under markytan) vid mätstationen Kallsjön (80:2) under mars månad för hela tidsseriens längd (1981–2021). Den prickade linjen är 10 års glidande medelvärde.

Juli – Grundvattennivå (meter under markytan) vid mätstationen Kallsjön

Meter under markytan



Figur 4. Grundvattennivå (m under markytan) vid mätstationen Kallsjön (80:2) under juli månad för hela tidsseriens längd (1981–2021). Den prickade linjen är 10 års glidande medelvärde.

Grundvattennivåerna i sand- och grusavlagringar ligger generellt sett betydligt djupare än i morän och årstidsvariationen är också betydligt mindre, vanligtvis några decimeter jämfört med några meter i morän. Vid den numera nedlagda lokalen i Rundhögen, där nivåmätningar pågick i två grundvattenrör under åren 1981–2000 respektive 1981–2020, uppmättes grundvattennivåer på 18 m under markytan respektive 13,5 m under markytan (medianvärde).

Klimat

Klimatscenarios för slutet av seklet visar på en tydlig förändring i vattenflödet med högre avrinning under höst och vinter, månaderna oktober-mars, och betydligt lägre avrinning under vår och sommar, månaderna april-september (SGU 2012). Detta innebär en förändring i grundvattennivåernas variation under året då grundvattenbildningen i våra fjällområden inte längre kommer att vara koncentrerad till våren och snösmältningen utan grundvattenbildning kommer att ske under hela vinterperioden. Detta förutsätter att marken inte är tjälad så att vattnet från snösmältningen kan tränga ner i marken och bilda grundvatten. Under vår och sommar sjunker sedan nivåerna mer då avrinningen och grundvattenbildningen minskar jämfört med idag vilket kan komma att leda till problem med vattenförsörjningen under denna period. Förändringarna i grundvattennivåer kommer också innebära att halterna av kemiska ämnen i grundvattnet kan ändras och påverka kvaliteten på grundvattnet.

Nygren (2022) analyserade grundvatten-, nederbörd- och temperaturdata från Sverige och Finland för att utvärdera klimatvariationernas påverkan på grundvattenmagasineringsen. Grundvattenbildningen påverkades alltmer av regn under vintersäsongen och evapotranspiration på våren under denna tidsperiod.

Klimatförändringarna förväntas innebära mindre förändringar i grundvattennivåer i isälvsavlagringar än i moränsluttningarna där grundvattenytan ligger mer ytligt.

Vid mätningar med nivåloggers registreras också temperaturen vilket gör det möjligt att följa temperaturförändringar i grundvattnet. Än så länge är tidsserierna för loggerdata för korta för att säga något om utvecklingen men årsmedeltemperaturen för grundvattnet i mätstationen vid Kallsjön ligger på 4,2–4,4 grader under åren 2015–2020.

Bristanalys

Förändringen i mätmetod från manuell mätning av nivåer en till två gånger i månaden till logger som mäter nivåer kontinuerligt påverkar såklart mätresultatet och utvärderingen av data. Med en logger ökar möjligheten att fånga de höga och låga nivåerna och därmed få en mer rättvisande bild av nivåvariationen under året. Det är troligt att vissa min- och max-värden kan ha uteblivit från mätserien med den manuella mätmetoden, vilket behöver tas i beaktande vid jämförelser tillbaka i tiden.

Inom fjällområdet saknas nivåmätningar i grundvatten i berg och endast två stationer är belägna i sand- och grusavlagring. Både dessa hydrogeologiska miljöer är viktiga utifrån dricksvattenförsörjningen, både den enskilda och allmänna. Nivåövervakningen i dessa miljöer skulle därför behöva öka. Till viss del kan denna brist täckas upp av den nivåövervakning som sker vid de kommunala vattentäkterna.

Referenser

Grundvattennivåer, tidserier. Sveriges geologiska undersökning (SGU). <https://www.sgu.se/grundvatten/grundvattennivaer/ladda-ned-grundvattendata/>

Nygren, M.C.A. 2022. Impact of climate variability on dynamic groundwater storage in mid- to high latitude countries. Thesis for Degree of Doctor of Philosophy, Department of Earth Sciences, Faculty of Science, University of Gothenburg.

Sgi & MSB 2021. Riskområden för ras, skred, erosion och översvämning. Redovisning av regeringsuppdrag enligt regeringsbeslut M2019/0124/Kl. Statens geotekniska institut, SIG, Linköping och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, Karlstad.

SGU 2010. Grundvattennivåer och vattenförsörjning vid ett förändrat klimat. SGU-rapport 2010:12.

SGU 2012. Klimatets påverkan på koncentrationer av kemiska ämnen i grundvatten. SGU-rapport 2012:27.

SGU 2015. Grundvattennivåer i ett förändrat klimat – nya klimatscenarier. SGU-rapport 2015:19.

FAKTABLAD

Grundvatten - kvalitet

Bakgrund

Grundvattnets kvalitet har stor betydelse ur ett dricksvattenperspektiv. Men också för miljön där grundvatten strömmar ut och bidrar till livsmiljöerna i akvatiska eller terrestra ekosystem. Grundvatten finns både i berg och i jord och blir synligt där det strömmar ut ur marken och bildar kalkkällor eller där en brunn har grävts eller borrats. Här kan prover tas av grundvattnet och dess kvalitet analyseras. Grundvatten bildar också basflödet i många av de bäckar som rinner i fjällområdet. Beroende på jordart och berggrund så varierar grundvattnets kvalitet naturligt. Kvaliteten kan också påverkas av luftburna långväga transporterade ämnen och av mer lokala föroreningskällor, som till exempel avlopp- eller avfallsanläggningar.

Data och metod

Information om grundvattnets kvalitet tas fram inom nationell, regional och kommunal miljöövervakning. Sveriges geologiska undersökning (SGU) är datavärd och samlar in och förvaltar den data som tas fram inom miljöövervakningen. Miljöövervakningen av grundvatten sker både i form av enstaka provtagningar, som exempelvis screeningar, och återkommande mätningar för att följa trender.

Inom den nationella grundvattenövervakningen följs effekterna på grundvattnets kvalitet av förurning, övergödning och nedfallet av luftburna metaller genom årliga trendmätningar som över tid bildar långa tidsserier. Utöver de trendmätningar som görs 2-4 ggr/år tas också prover i ett stort antal stationer vart sjätte år i form av omdrev. Mätstationerna som ingår i den nationella miljöövervakningen är främst belägna i områden som är fria från påverkan av lokala föroreningskällor. De kan därför betraktas som referensstationer som ger underlag för referensvärden och bakgrundshalter i dessa områden.

För att utvärdera grundvattenkvaliteten och dess förändringar i fjällområdet i Jämtlands län finns tre platser med trendstationer där provtagning har pågått under 25 år eller längre:

1. Stora Blåsjön, mätningar sedan 1995 i grundvattenrör i moränjord.
2. Rundhögen, mätningar sedan 1970 i kalkkällor i sand- och grusavlagringar.
3. Långå, mätningar sedan 1995 i grundvattenrör i moränjord.

Även för övervakningsstationen Kallsjön, där grundvatten provtas i en sand- och grusavlagring, finns en tidsserie som sträcker sig tillbaka till 1984. Denna

station provtas dock sedan 2007 som en omdrevsstation och inga trender redovisas därför här för denna station. Förutom Kallsjön finns ytterligare ett 20-tal omdrevsstationer som kan bidra med data för referensvärden och bakgrundshalter.

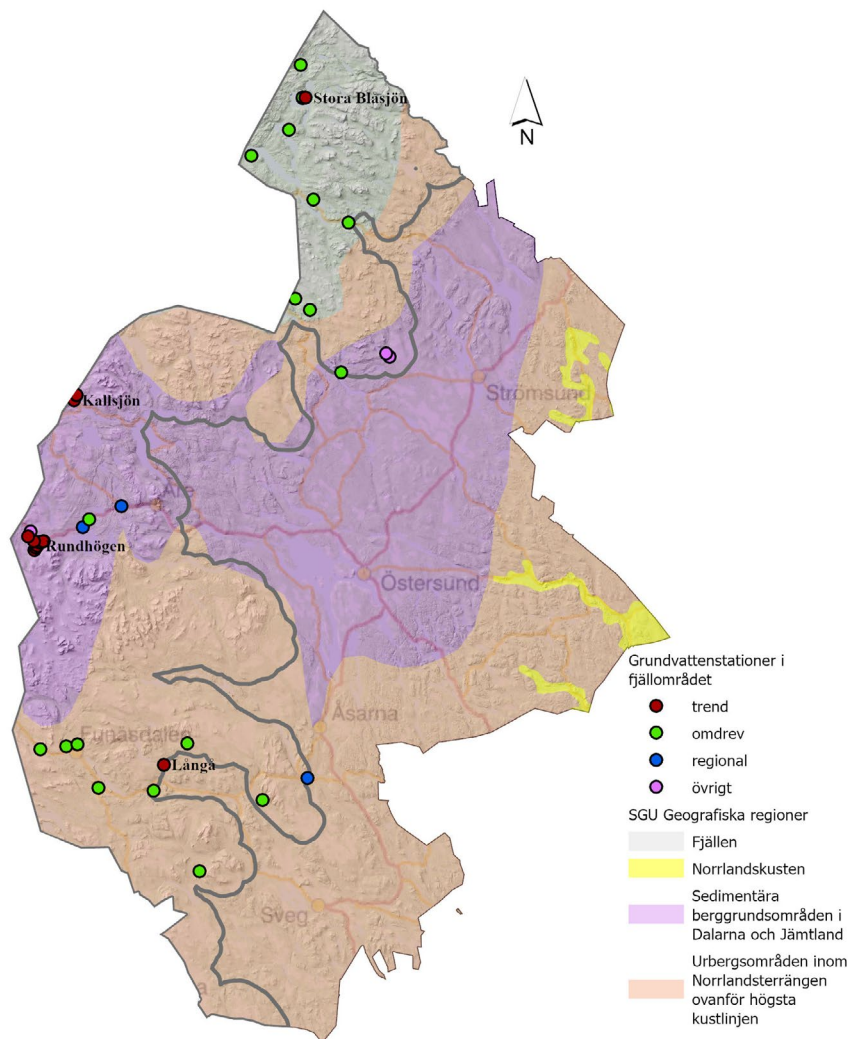
Inom den regionala miljöövervakningen av grundvatten kompletteras den råvattenkontroll som kommunerna och vattenproducenterna utför i de kommunala dricksvattentäkterna. Grundvattenkvaliteten undersöks i de områden där potentiell risk för mänsklig påverkan finns, främst genom provtagning av råvatten och i kalkkällor där grundvattnet är lätt åtkomligt.

Grundvattenkvaliteten kan variera naturligt beroende på geografisk region. Både geografisk region och typ av provtagningsplats behöver tas hänsyn till när analysresultaten ska utvärderas. De olika geografiska regionerna har delats in utifrån att de har likartade storskaliga naturförutsättningar vad gäller berggrund, jordartsförhållanden, klimat och hydrologi (SGU 2013). Inom fjällområdet finns tre geografiska regioner: Fjällen, Sedimentära berggrundsområden i Dalarna och Jämtland, samt Urbergsområden inom Norrlandsterrängen ovanför högsta kustlinjen, se Figur 1.

Inom den geografiska regionen Fjällen varierar bergarterna stort. De kan både vara lätt- och svårvittrade vilket i sin tur påverkar hur jonstarkt grundvattnet är. Nederbörden är vanligtvis stor. I områden med branta sluttningarna och tunna jordtäcken transporteras grundvattnet snabbt. Då hinner inte grundvattnet ta upp så mycket joner från marken vilket leder till att grundvattnet har en låg jonstyrka. I dalgångarna finns ofta myr- och kärrmarker som kan ge reducerande (syrefattiga) miljöer som bidrar till höga järn- och manganhalter i grundvattnet.

Sedimentära berggrundsområdena kännetecknas av lättvittrade jordar och sedimentära bergarter med hög motståndskraft mot försurning. Naturligt höga sulfathalter förekommer i anslutning till vissa bergarter.

I urbergsområdena är både jord- och bergarter relativt svårvittrade. Motståndskraften mot försurning blir då svag. De naturgivna förutsättningarna kan dock variera inom detta stora geografiska område.



Figur 1. Karta över de miljöövervakningsstationer som ingår i nationell och regional miljöövervakning inom fjällområdet och inom respektive geografisk region. De dricksvattentäkter som ingår i övervakningen visas inte på kartan på grund av sekretess. Stationer som är markerade som övrigt är nya provplatser som inventerats och ingår ännu inte i något övervakningsprogram.

Tillstånd

En beräkning av trender i grundvattenkvalitet mellan åren 1996–2018 som SGU gjort visar på en signifikant minskad halt sulfat i grundvattnet för trendstationerna Stora Blåsjön, Rundhögen och Långå (SGU 2021). En minskning av sulfathalterna i grundvattnet är främst en följd av de kraftigt minskande utsläpp av svaveldioxid till luft som skett de senaste decennierna. Halterna är dock fortfarande högre i grundvattnet än vad som motsvaras av dagens deposition eftersom mycket sulfat har lagrats i marken under en längre tid. Även om en återhämtning från föroreningen i kan ses i de minskade sulfathalterna i grundvattnet så ser vi inte någon motsvarande generell ökning av pH-värden eller ökande alkalinitet.

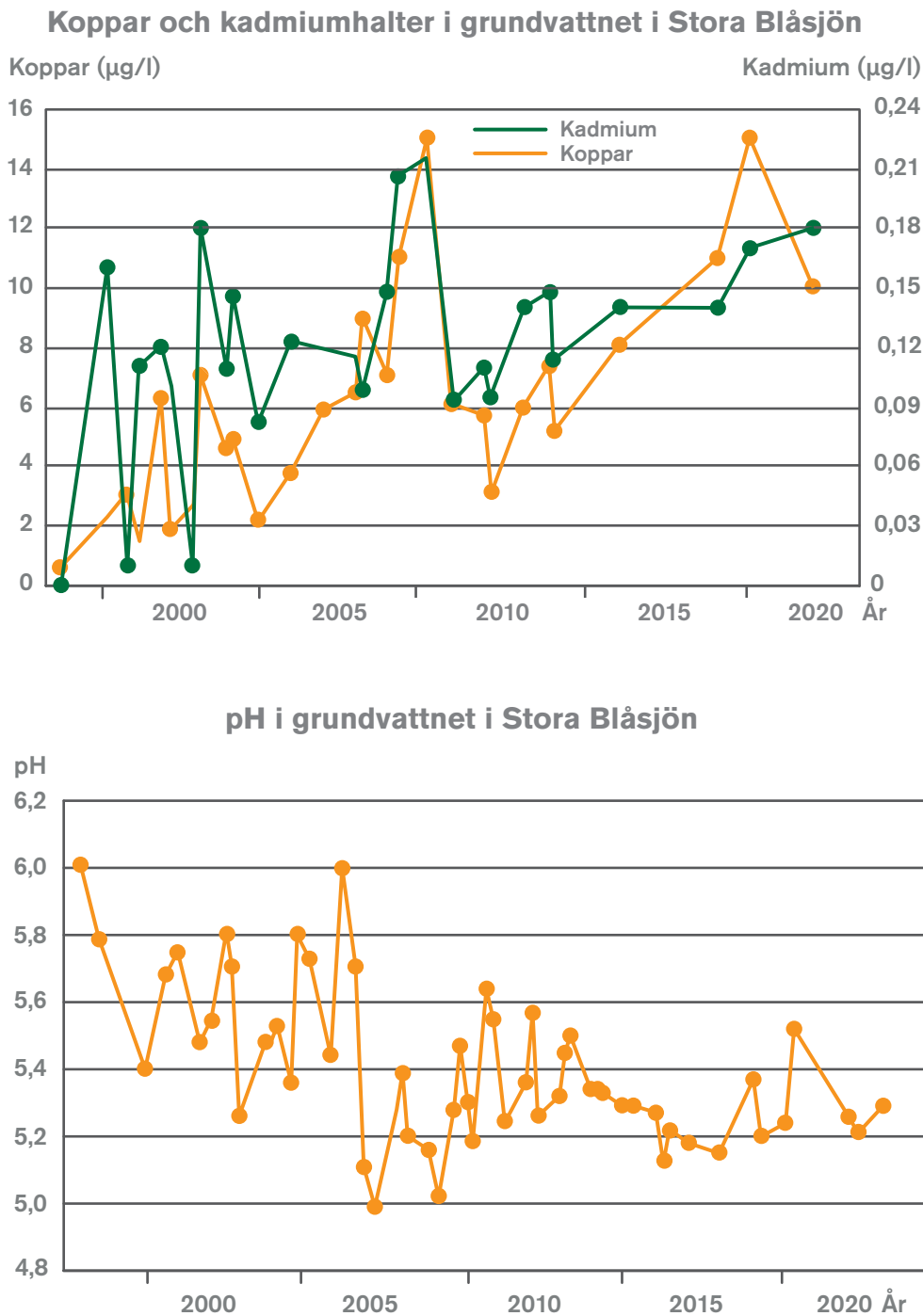
Förutom för sulfathalterna är det svårt att se någon tydlig samstämmighet i förändringen för de tre stationerna, se Tabell 1. Trender i grundvattenkemin för fler parametrar finns på SGU:s webbplats (SGU 2021).

Tabell 1. Trender i grundvattenkvaliteten för några basparametrar mellan åren 1996 - 2018 för tre nationella miljöövervakningsstationer enligt utvärdering gjord av SGU (2021).

Parameter	Stora Blåsjön	Rundhögen	Långå
Sulfat	-	-	-
Alkalinitet		+	-
Totalhårdhet	-		-
Totalt organiskt kol	+		-

Förändringar i totalhårdhet kan bero på variationer i markens pH. Ett sänkt pH ökar vittringstakten och utlakningen av olika ämnen kan då öka, som till exempel av kalcium och magnesium som utgör vattnets totalhårdhet. Halten kalcium och magnesium är mycket låg i alla tre stationer vilket gör det lite svårare att utvärdera orsaken till en minskad trend. Men en försvagad jonbytesprocess är en av de förändringar som kan förväntas i ett framtida klimat, vilket då bland annat innebär sänkta halter av dessa baskatjoner.

Totalt organiskt kol har en signifikant ökning i Stora Blåsjön medan Långå uppvisar en signifikant minskning. Halten organiskt kol är normalt sett mycket låg i grundvattnet då det fastläggs i marken eller bryts ner på vägen ner mot grundvattnet. Höga halter av totalt organiskt kol kan ge en ökad transport och högre halter av metaller i grundvattnet. Ökade halter av kadmium och koppar kan även bero på lokala föroreningskällor eller ett sänkt pH i marken då dessa metaller är mer lösliga vid låga pH-värden. Som framgår av Figur 2 uppvisar pH-värdet i grundvattnet en sänkning under samma tidsperiod. Halterna av kadmium och koppar är trots den ökande trenden låga respektive mycket låga och underskrider de generella tröskelvärdena för god kemisk grundvattenstatus som är 0,5 µg/l för kadmium och 500 µg/l för koppar (SGU 2013, SGU 2023). Även nickelhalterna uppvisar en uppåtgående trend för Stora Blåsjön och för detta ämne så överskrider senaste provtagningen 2019 det gällande tröskelvärdet på 20 µg/l.



Figur 2. Diagram över halterna koppar, kadmium och pH i grundvatten uppmätt i stationen Stora Blåsjön (1900:1) under åren 1995–2022.

Halterna av de flesta ämnen är vanligtvis väldigt låga, vilket bidrar till svårigheten att se tydliga förändringar då mätosäkerheten kan vara en bidragande faktor till de förändringar som visas. För många stationer finns också endast enstaka mättillfällen. Dessa kan dock användas för att beräkna medelvärden för olika parametrar inom olika områden, se Tabell 2. Generellt har de högsta halterna av metaller uppmätts vid trendstationen Stora Blåsjön.

Tabell 2. Medelvärden samt maxhalter inom parentes för ett urval av parametrar för alla mätstationer i jord och alla mätvärden mellan åren 1996–2021, uppdelat för de tre olika geografiska regionerna: Fjällen, Sedimentära berggrundsområden i Dalarna och Jämtland, Urbergsområden inom Norrlandsterrängen ovanför högsta kustlinjen. Tröskelvärden för respektive parameter enligt SGU:s föreskrifter (SGU 2023).

Parameter	Fjällen	Sedimentär berggrund	Urberg	Tröskel-värde	Enhet
Arsenik, As	0,06 (0,11)	0,08 (0,37)	0,04 (0,12)	5	µg/l
Kadmium, Cd	0,09 (0,21)	0,007 (0,05)	0,02 (0,08)	0,5	µg/l
Nickel, Ni	5,8 (22,8)	0,37 (1,05)	0,50 (4,2)	20	µg/l
Bly, Pb	0,14 (0,84)	0,04 (0,39)	0,11 (0,9)	5	µg/l
Koppar, Cu	6,3 (53)	0,23 (0,87)	1,9 (12)	500	µg/l
Zink, Zn	0,01 (0,03)	0,003 (0,1)	0,01 (0,13)	0,5	mg/l
Alkalinitet	9,8 (74)	38 (166)	19 (105)		mg/l
pH	5,6 (7,3)	6,8 (8,9)	6,6 (8,0)		-
Klorid, Cl	4,0 (7,7)	2,7 (9,1)	1,6 (3,2)	100	mg/l
Sulfat, SO ₄	5,3 (10,4)	2,3 (5,8)	2,5 (6,2)	100	mg/l
Ammonium, NH ₄	0,02 (0,28)	0,007 (0,04)	0,006 (0,04)	0,5	mg/l
Nitrat, NO ₃	0,15 (2,4)	0,29 (1,07)	0,10 (0,60)	50	mg/l

Klimat

Förändringar i grundvattennivåer, genom ändrad avrinning och grundvattenbildning, i ett framtida klimat leder i sin tur till att halterna av kemiska ämnen i grundvattnet kan förändras. Större nederbördsmängder gör att markvattnet rör sig snabbare nedåt i marken mot grundvattnet vilket medför försvagade jonbytesprocesser och att borttransporten av vittringsprodukter blir utspädd (SGU 2012). Halterna av joner från vittring och jonbytesprocesser blir då lägre i det vatten som bildar grundvatten. Däremot kan grundvattnet få högre halter av organiskt material och metaller, framför allt de metaller som är bundna till organiskt material. Detta eftersom högre grundvattennivåer innebär att grundvatten strömmar igenom markens övre delar som är anrikade på organiskt material och vissa tungmetaller.

Klaus (2023) har visat på att det skett en ökning av oorganiskt kol i grundvattnet i Sverige under 1980–2020, beräknat utifrån miljöövervakningsdata på alkalinitet och pH. Mätdata från bland annat Rundhögen ingår i denna studie. Ökningen bedöms vara ett resultat av återhämtningen från försurningen, men också ändrade vittringsförhållanden och ökad markrespiration då temperaturen ökat under denna tidsperiod.

Bristanalys

Grundvattnets kvalitet varierar naturligt utifrån de lokala naturgivna förutsättningarna vilket gör att det krävs ett rätt stort antal övervakningspunkter för att kunna dra några säkra slutsatser kring kvaliteten och hur den varierar över tid. För att kunna göra jämförelser är det därför viktigt att se till förhållandena som råder på platsen, uttagsmiljön och uttagspunkten. Kunskapen om de naturliga bakgrundshalterna, av till exempel tungmetaller, behöver öka för att kunna bedöma miljötilståndet och eventuell påverkan från mänsklig aktivitet.

Antalet övervakningsstationer i berg är få. Inom fjällområdet finns endast fyra sådana omdrevsstationer, ingen trendstation. Det är därför svårt att göra någon mer regional bedömning av berggrundvattnets kvalitet och utveckling över tid.

Området Stora Blåsjön uppvisar höga halter av metaller. För att inte detta område ska ha alltför stor inverkan på medelvärdeshalterna har den ena stationen, Stora Blåsjön 1900:2, där övervakningen avslutades 2012, inte tagits med i medelvärdesberäkningarna.

Enstaka analyser av organiska miljögifter i grundvattnet, såsom exempelvis PFAS, har gjorts inom fjällområdet. Fler analyser behövs för att kunna säga något generellt om tillståndet för miljögifter i fjällområdets grundvatten. De senaste årens utökade insatser för att öka kunskapen om förekomsten av miljögifter i grundvattenförekomster som bedöms vara i potentiell risk för påverkan håller på att sammanställas av Länsstyrelsen och en rapport över detta beräknas vara klar i början av 2024.

Referenser

Grundvattenövervakning, grundvattendata, Sveriges geologiska undersökning (SGU). <https://www.sgu.se/produkter-och-tjanster/geologiska-data/oppna-data/grundvatten-oppna-data/miljoovervakning-av-grundvatten/>

Klaus, M. 2023. Decadal increase in groundwater inorganic carbon concentrations across Sweden. *Communications earth & environment* 2023 4:221.

SGU 2012. Klimatets påverkan på koncentrationer av kemiska ämnen i grundvatten. SGU-rapport 2012:27.

SGU 2013. Bedömningsgrunder för grundvatten. SGU-rapport 2013:01.

SGU 2021. Webbplats Trender i grundvattenkemi ([sgu.se](https://www.sgu.se)) 2021-12-20.

SGU 2023. Sveriges geologiska undersökningens föreskrifter om kartläggning, riskbedömning och klassificering av status för grundvatten. SGU-FS 2023:1.

FAKTABLAD

Luft

Bakgrund

Luftkvalitet i bakgrundsluft mäts inom den nationella och regionala miljöövervakningen på ett antal stationer inom fjällområdet. Inom området saknas lokala utsläpp till luft men området kan påverkas av långväga transporterade ämnen som bidrar till nedfall av försurande och övergödande ämnen eller miljögifter i låga halter. I kombination med klimatförändringar kan exempelvis depositionen av kväve innebära stora förändringar i förutsättningar för vegetationen i fjällvärlden.

Data och metod

Mätningar av nedfallet av försurande och övergödande ämnen inom fjällområdet sker på två platser i länet, Hundshögen och Fiskåfjället inom den regionala och nationella miljöövervakningen, se figur 1. Vid Hundshögen sker nederbörds-mätningar månadsvis på öppet fält på hög och låg höjd samt mätningar av krondropp i skogen under trädkronorna. Vid Fiskåfjället sker enbart mätningar av krondropp. Månadsvisa lufthaltsmätningar genomfördes inom den regionala miljöövervakningen vid Prästbodarna fram till och med 2021. Naturvårdsverket har sedan 2021 tagit in mätplatsen Hundshögen-låg i det nationella miljöövervakningsprogrammet och samtidigt etablerat en passiv luftmätning vid denna lokal.

Fiskåfjället krondropp (gran) 620 m ö h, mätningar sedan 1997

Hundshögen L öppet fält 670 m ö h, mätningar sedan 1994

Hundshögen H öppet fält 1250 m ö h, mätningar sedan 1994

Hundshögen krondropp (gran) 780 m ö h, mätningar sedan 1997

Prästbodarna lufthalter – filterpack 710 m ö h, mätningar 2002–2021

Provtagning av nederbörd på lägre höjd sker på en öppen yta placerad i en öppning i skogen, medan mätningarna på mycket hög höjd sker på kalfjället. Nederbörden samlas in på månadsvis i en lång och smal plastpåse som är monterad i ett cirka 1,5 m högt plaströr med en diameter på 20 cm förankrat med stag. Samma utrustning används året runt. Krondroppsmätningarna görs i fjällnära granskog med liknande rör som de som används på öppet fält.

Lufthalterna i Prästbodarna har mätts på månadsbasis med en metodik som används inom EMEP och som kallas filterpack. Gasformiga och partikelbundna ämnen mäts genom att luften sugas in i provtagaren under 3 min varje halvtimme med hjälp av en luftpump.

Inom den nationella miljöövervakningen sker mätningar av lufthalter och nederbörds kemi vid Djursvallen samt nederbörds kemi vid Sandnäset som båda ligger inom fjällområdet.

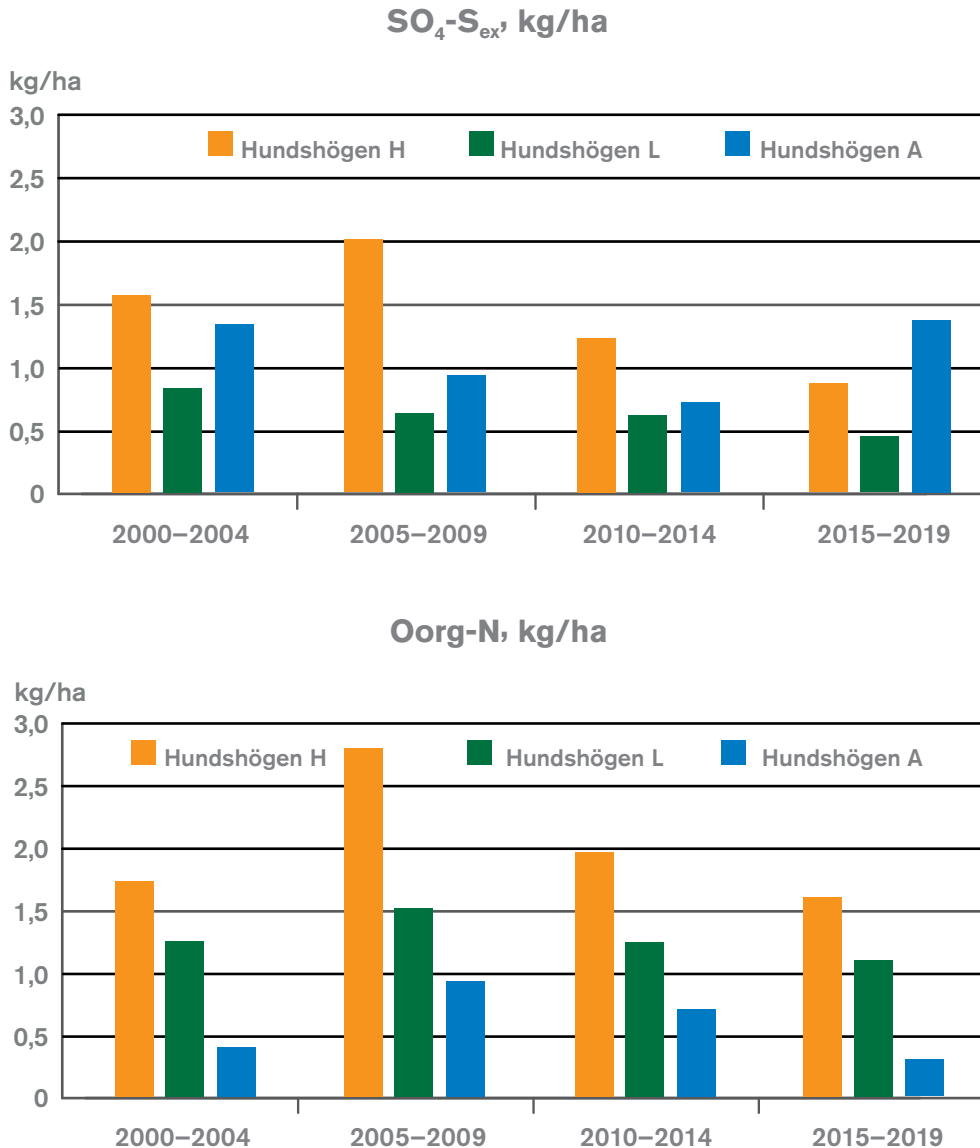
Data finns tillgängligt via den nationella datavärden för luftkvalitet, SMHI, men också på Krondroppsnetets egen webbplats: Krondroppsnetet (ivl.se).



Figur 1. Karta över mätstationer för luftkvalitet och nedfall av försurande och övergödande ämnen inom fjällområdet.

Tillstånd

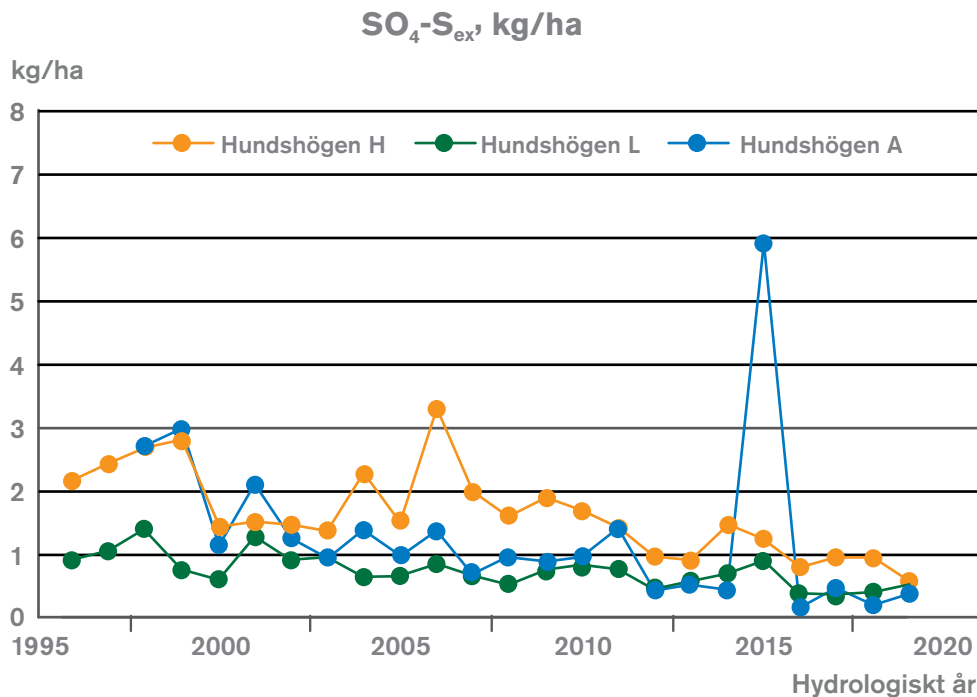
En jämförelse av de tre lokalerna vid Hundshögen, där mätningarsker vid olika höjder, visar att nedfallet av olika ämnen är betydligt högre på hög höjd trots relativt jämförbar nederbördsmängd, se figur 2. Nedfallet av försurande ämnen, såsom sulfat, samt oorganiskt kväve, är i storleksordningen 50 % högre på hög höjd, jämfört med den lägre höjden. Kalfjället utsätts således för högre nedfall av olika ämnen än de omgivande lägre belägna områdena. Detta beror delvis på att vindhastigheterna är högre på hög höjd, vilket leder till en större torrdeposition av partiklar och gaser (Karlsson m. fl. 2019). Dimma och låga moln ökar också torrdepositionshastigheten väsentligt. Molndropparna har generellt en högre koncentration av föroreningar än nederbörden.



Figur 2. Nedfallet av svavel och kväve vid de tre lokalerna vid Hundshögen för de fyra senaste femårsperioderna. Från Pihl Karlsson (2020).

Sulfathalterna i nedfallet har minskat signifikant vid Hundshögen sedan mätningarna startades i mitten av 1990-talet, se figur 3. Även kvävenedfallet har minskat under samma tidsperiod (Pihl Karlsson m. fl. 2020). Växtsamhällena på hög höjd förväntas vara känsliga för ett tillskott av kväve och den kritiska belastningen för fjällvegetation har beräknats till 3 kg N/ha/år (Pihl Karlsson m. fl. 2019). Minskningen av svavelnedfall kan förklaras av den kraftiga minskningen av svavelutsläpp som främst bero på att användningen av kol och olja i Europa har minskat.

Mätningarna visar också på föroreningar från olika episoder med förorenade luftmassor som passerat över länet. Skogsbränderna i Ryssland 2006 gav luftmassor med höga halter av ammoniak som visar sig i de mätningar av nedfall som görs. Mätningarna visade även på luftmassor kraftigt förorenade med svaveldioxid från vulkanutbrottet på Island 2014, med mycket höga



Figur 3. Nedfallet av svavel vid de tre lokalerna vid Hundshögen för åren 1996–2019. Från Pihl Karlsson (2020).

svaveldepositioner som följd. Vanligtvis är svavelnedfallet mindre än 4 g per hektar under oktober månad (2011 - 2013) vid Fiskåfjället och Hundshögen men under oktober 2014 tog dessa två lokaler emot det största svavelnedfallet i Sverige via krondropp; 4,3 kg respektive 1,2 kg per hektar (Hellsten m. fl. 2017).

Bristanalys

Det finns svårigheter med att mäta lufthalter och deposition på hög höjd, framför allt beroende på de meteorologiska betingelserna. I synnerhet gäller detta vintertid. Hård vind, låga temperaturer samt nederbörd i form av snö under vintern, samt en hög frekvens av dimma och låga moln försvårar mätningar av deposition. Utifrån dagens kunskapsläge bedöms dock mätvärdena för deposition på hög höjd som tillförlitliga och mätresultaten ingår därför generellt i de utvärderingar som görs (Karlsson m. fl. 2019).

I fjällområdet deponerar långväga transporterade föroreningar via luft och nederbörd. Dessa föroreningar kan sedan påträffas till exempel i fisk på hög höjd i fjällmiljön. Det skulle därför vara värdefullt att även inkludera miljögifter i de luft- och nedfallsmätningar som görs på hög höjd.

Referenser

Hellsten, S. Gustafsson, M., Pihl Karlsson, G., Danielsson, H., Karlsson, P.E., Akselsson, C. 2017. Påverkan på atmosfäriskt nedfall och luftkvalitet i Sverige av SO₂-emissioner från vulkanutbrottet på Island, 2014 - 2015. Utvärdering med Krondroppsnetets mätningar och EMEP modellen. IVL-rapport C234. Maj 2017. Karlsson, P.E., Ferm, M., Pihl Karlsson, G. Hellsten, S. 2019. Halter och deposition av luftföroreningar på hög höjd i norra Sverige. IVL-rapport C392. Februari 2019.

Pihl Karlsson, G. 2020. Mätningar i Jämtland på hög höjd. PM 2020-04-30. IVL Göteborg.

Pihl Karlsson, G., Hellsten, S., Karlsson, P.E., Akselsson, C. 2019. Länsvis totalt nedfall av oorganiskt kväve och svavel till barrskog. IVL-rapport C445. Oktober 2019.

Pihl Karlsson, G., Karlsson P.E., Akselsson, C., Hellsten, S. 2020. Försurning och övergödning i norra Sverige. Resultat från Krondroppsnetet till och med 2018/19. IVL-rapport C537, Juni 2020.

FAKTABLAD

Fjällnära skog

Bakgrund

Skogarna i anslutning till det svenska fjällområdet är ett av de sista stora intakta skogslandskapen inom Europeiska unionen som finns kvar. Området utgör ett 800 km långt bälte utmed den skandinaviska fjällkedjan med ett mer eller mindre sammanhängande landskap. Ett landskap som domineras av gamla naturskogar som i väldigt liten utsträckning är påverkade av modernt skogsbruk. Det stora sammanhängande naturskogsområdet utmed fjällkedjan spelar en nyckelroll när det kommer till att bevara Sveriges biologiska mångfald knuten till det boreala skogslandskapet. Området utgör även en viktig del i att dels bevara ekosystemtjänster, dels bevara skogens förmåga att stå emot, återhämta samt anpassa sig till ett förändrat klimat. De svenska skogarna utanför detta område är i regel starkt fragmenterade och i behov av restaurering för att erhålla en fungerande grön infrastruktur.

I ett större sammanhang är de fjällnära skogarna en del av en mer eller mindre sammanhängande korridor dominerat av naturskogar som sträcker sig från sydöstra Norge/Dalarnas mitt, längs med den skandinaviska fjällkedjan och hela vägen utmed den finsk-ryska gränsen till södra Finland/sydöstra Karelen. Området har efter sin form och belägenhet kallats "Den Fennoskandiska hästskon". Forskare är inne på samma spår och argumenterar för att skogen utmed den skandinaviska fjällkedjan utgör ett kärnområde i en fungerande grön infrastruktur till hela den europeiska boreala skogen.

Data och metod

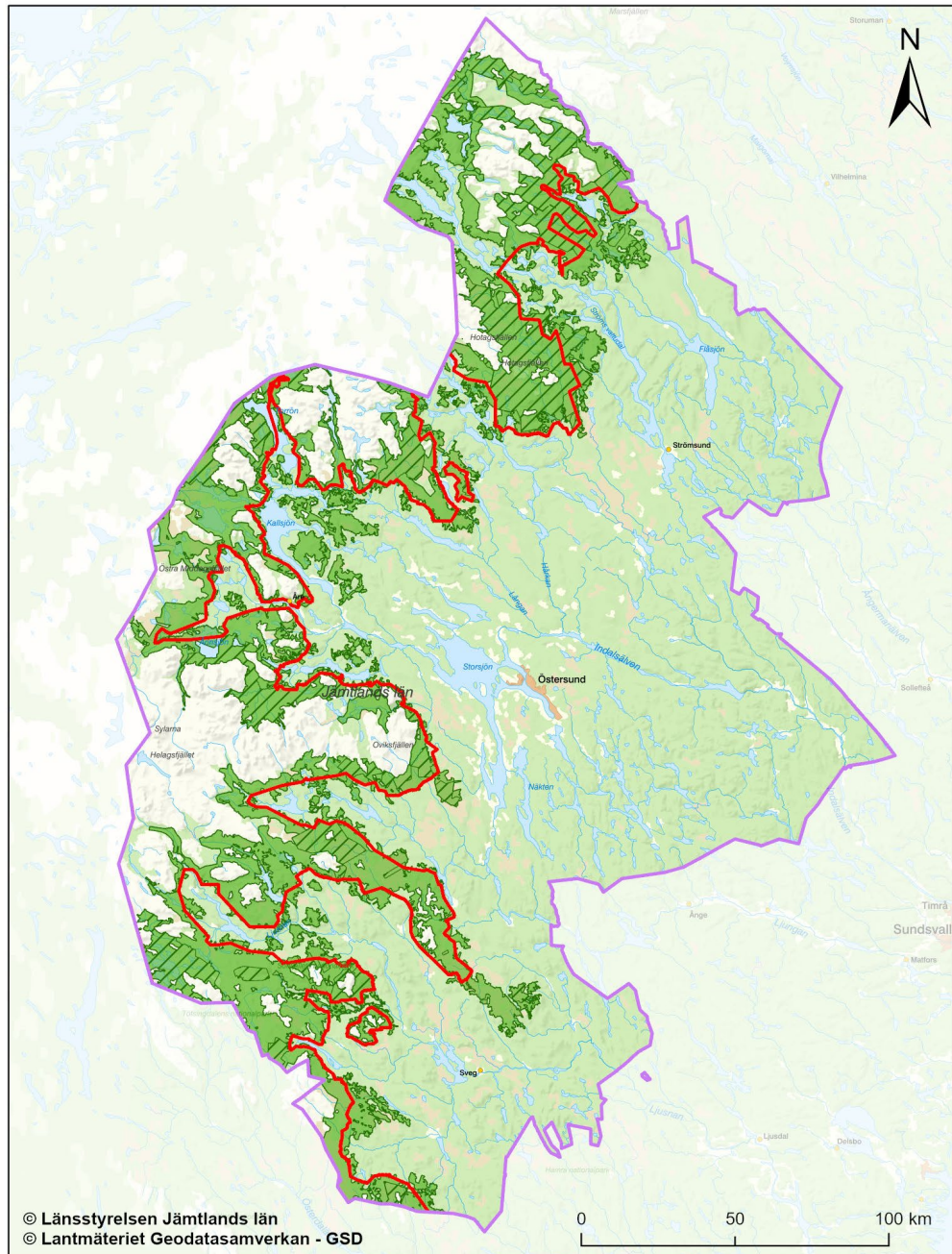
Åren 2007–2008 beviljades Länsstyrelsen i Jämtlands län särskilda medel från Naturvårdsverket för en större inventeringsinsats för att identifiera skyddsvärd skog. Inventeringen inriktades på större naturskogsområden som främst återfanns i länets västliga delar. Det arbetet följdes av en inventeringsinsats 2018–2020 då Länsstyrelsen fick medel för inventering av just fjällnära skogar samt stora sammanhängande kontinuitetsskogsområden nedanför den fjällnära gränsen. En regional sammanställning kommer att presenteras under 2023 av Länsstyrelsen Jämtlands län.

I juni 2020 initierade Naturvårdsverket en nationell kartläggning av skogar med höga naturvärden ovan och i nära anslutning till fjällnära gränsen. Resultatet från den kartläggningen finns att läsa i Naturvårdsverket (2020).

Tillstånd

Jämtlands län innehar cirka en femtedel (546 000 hektar) av Sveriges fjällnära skogsmark och över en fjärdedel (310 000 hektar) av den produktiva fjällnära skogsmarken.

Jämtlands län har klart lägst andel formellt skyddad skog ovan den fjällnära gränsen. I Norrbottens län är 61 procent av den fjällnära skogen skyddad, i Västerbottens län 50 procent och i Dalarnas län 62 procent. Vilket är dubbelt eller nästan dubbelt så hög andel skyddad fjällnära skog som i Jämtlands län där motsvarande siffra är 29 procent. Detta medför att Jämtlands län är det län med allra störst areal oskyddad produktiv skogsmark ovan fjällnära gränsen (Naturvårdsverket 2022).



- Jämtlands län
- Formell gräns för fjällnära skog (SKS)
- Fjällskogsbältet
- Formellt skyddad skog inom fjällskogsbältet (NP, NR)

Figur 1 Skogsstyrelsens gräns för fjällnära skog, fjällskogsbältet samt utbredningen av skyddad skog inom fjällskogsbältet.

Jämtlands län skiljer sig även genom en annan ägarsammansättning än de övriga fjällänen. I redovisningen av inventeringsresultatet från länens fjällskogsinventeringar (Naturvårdsverket 2020), listas antalet enskilt ägda fastigheter per kommun inom de utpekade fjällskogsområdena med höga naturvärden. I Jämtlands län berörs drygt 5000 enskilda fastigheter, vilket är dubbelt så många som de övriga fjällänen tillsammans.

Jämtland sticker även ut biologiskt sett då det finns stora sammanhängande, relativt låglänta fjällskogsområden, under 400 meter över havet. Det finns även stora skogsområden med basisk berggrund och en hög förekomst av näringsrik granskog (ängsgranskog). I Strömsunds, Krokoms och Åre kommun präglas stora delar av fjällskogslandskapet av ett regnigt och mildt klimat vilket skapar en tydligt oceanisk påverkad artsammansättning som i delar liknar den i norsk boreal regnskog. Ur ett nationellt perspektiv är dessa skogar med en suboceanisk prägel unika. Här finns många arter som inte finns någon annanstans i Sverige eller har sin absoluta huvudförekomst i västra Jämtland. Den fjällnära skogen i Jämtland är till skillnad från andra län ovanligt produktiv där över 50 procent av skogsmarken består av produktiv skogsmark. I länets förfjällsregion, strax nedanför gränsen för fjällnära skog finns fortfarande flera stora sammanhängande naturskogsområden kvar.

Områdena som pekades ut i samband med fjällskogsinventeringarna utgör tillsammans med de formellt skyddade områdena ett i det närmast sammanhängande fjällskogsbälte som sträcker sig längs hela fjällkedjan i länets västra del såväl ovanför som strax nedanför skogsvårdslagens definierade gräns för fjällnära skog.

Klimat

Klimatförändringarna påverkar och har antagligen påverkat då vegetationsperioden förlängts med nästan en månad på 100 år. Ytterligare uppvärmning kan påverka på många olika sätt. Några exempel kan vara ökad torka under sommaren med ökad risk för brand som följd. Med klimatförändringarna ökar riskerna för olika skador som ras och skred, stormfällning, snöbrott, angrepp av skadeinsekter samt att den biologiska mångfalden hotas.

Bristanalys

I och med de inventeringar som genomförts finns ett relativt gott kunskapsunderlag för den fjällnära skogen. Inventeringarna visar att stora arealer skog med höga naturvärden saknar formellt skydd i dagsläget. Intresset för att avverka fjällnära skog har samtidigt ökat markant.

Referenser

Andersson, L. & Rafstedt, T. 1978–1983. Vegetationskartor över de svenska fjällen. Kartblad 14-23. Naturgeografiska institutionen Stockholms universitet, Statens naturvårdsverk.

Direktoratet for naturforvaltning 1997. Boreal regnskog i Midt-Norge. DN-rapport 1997:2.

Naturvårdsverket 2020. Skogar med höga naturvärden ovan och i nära anslutning till fjällnära gränsen – Statistik och sammanställning. Naturvårdsverket rapport november 2020.

Naturvårdsverket 2022. Naturvårdsregistret (NVR).

SOU 2020. Stärkt äganderätt, flexibla skyddsformer och naturvård i skogen – betänkande av skogsutredningen 2019. Statens offentliga utredningar SOU 2020:73.

FAKTABLAD

Kärlväxter i Jämtlandsfjällen

Bakgrund

När inlandsisen drog sig tillbaka invandrade en mängd kärlväxtarter till fjällområdet och bildade vegetationssamhällen som saknar motsvarighet idag. Klimatet var inledningsvis varmt, marken var rik på mineralnäring och det fanns få glaciärer. Från 6500 fram till för 1200 år före nutid har klimatet blivit svalare och fuktigare, glaciärer har bildats, markerna har blivit näringsfattigare, surare och de har successivt börjat användas av människan på ett mera påtagligt sätt. Alla dessa faktorer har påverkat vegetationens artsammansättning och ekosystemens funktion. Det senaste millenniet präglades inledningsvis av en varm period (1200–700 år före nutid) som följdes av en kallare, den Lilla Istiden (700–150 år före nutid). Under det senaste seklet har klimatet blivit varmare vilket accentuerats av den globala uppvärmningen. Fjällväxtarternas förekomst och utbredning har härigenom ständigt förändrats över tiden liksom de vegetationssamhällen de byggt upp.

Den globala uppvärmningen förväntas medföra att utbredningen av kalfjäll minskar och att fjällvegetationens artsammansättning förändras. Observationer från våra svenska fjäll indikerar att typiska skogsarter vandrar upp i alpin miljö medan fjällarter etablerar sig på högre höjd över havet, men det finns även avvikande observationer. En jämförelse av inventeringar gjorda inom det nationella miljöövervakningsprogrammet NILS (Nationell inventering Landskapet Sverige) i alpin zon längs hela fjällkedjan 2003–2007 och 2008–2012 visar exempelvis att täckningsgraden av gräs och ris ökat medan mossor minskat (Hedenås 2014, 2016). En efterföljande undersökning där även NILS-inventeringen från 2013–2018 inkluderades fann man inga signifikanta skillnader i förändrad täckningsgrad för markvegetation och örter mellan åren medan mossor och busklavar ökade. Materialet täcker in hela fjällkedjan med en ganska grov upplösning. Vad gäller då för Jämtlands län?

Data och metod

Länsstyrelsen i Jämtlands län har inventerat kärlväxter på sex fjälltoppar inom det regionala miljöövervakningsprogrammet Fjällvegetation. Inventeringen har skett vid två tillfällen med fyra, fem eller sex års mellanrum under perioden 2004 till 2016.

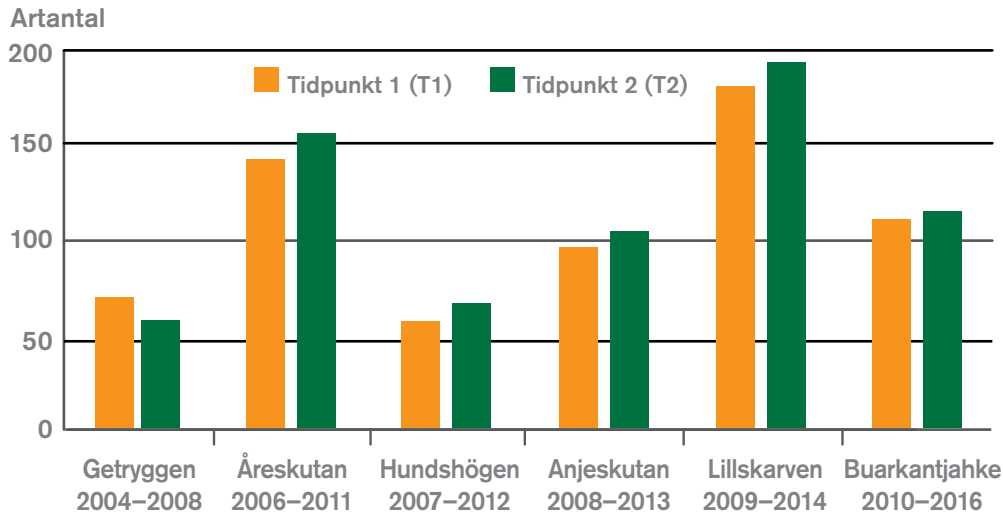
Jämtlands län ingår även i det globala nätverket GLORIA (Global Observation Research In Alpine Environment) som mäter effekter av klimatförändringarna på vegetationen och biologisk mångfald på bergstoppar i olika världsdelar.

Utöver dessa program har andra undersökningar genomförts i Jämtlandsfjällen.

Tillstånd

De sex fjälltoppar som Länsstyrelsen i Jämtlands län har inventerat kärlväxter på vid två tillfällen är: Gettryggen 1382 m ö.h.; Åreskutan 1420 m ö.h.; Hundshögen 1372 m ö.h.; Anjeskutan 1201 m ö.h.; Lillskarven 1224 m ö.h.; och Buarkantjahke 1236 m ö.h.

Inventering av kärlväxter på sex fjälltoppar

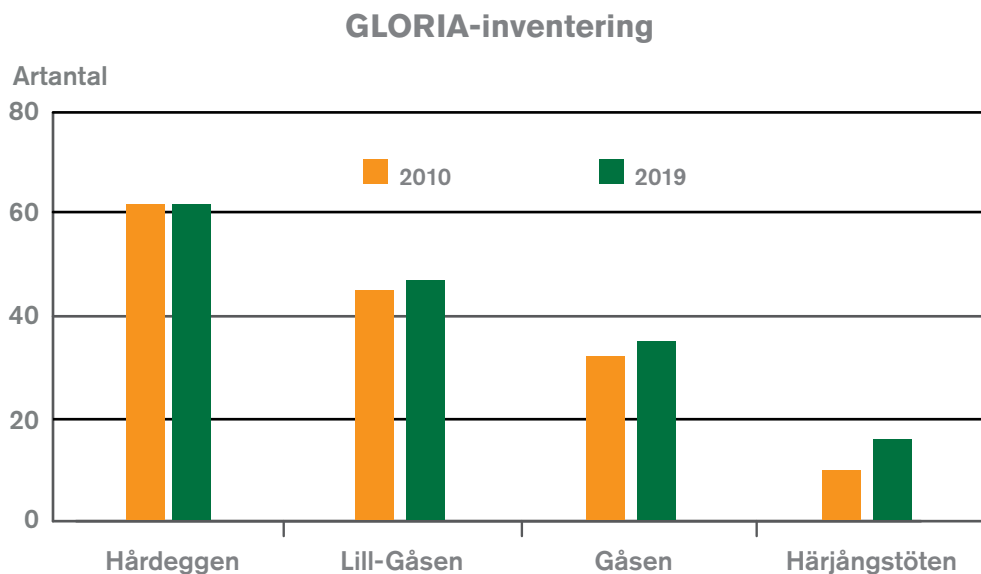


Figur 1. Artantal kärlväxter på sex fjälltoppar (mellan 1200–1420 m ö.h.) i Jämtlands län. Inventeringarna är gjorda med fyra, fem respektive sex års intervall mellan tidpunkt T1 och T2 (Öberg 2009; Carlsson 2012, 2013; Jonsson & Nordin 2014, 2015; Carlsson 2017).

På fem av topparna ökade artantalet av kärlväxter med mellan 4 och 14 arter. Artantalet varierade mellan 58 och 68 på Hundshögen (minst antal arter) till mellan 182 och 196 på Lillskarven (flest antal arter), se Figur 1. Förändringarna var små på Buarkantjahke där det var sex år mellan inventeringarna. Däremot minskade antalet kärlväxter från 71 till 60 arter på Gettryggen. Vid inventeringar av Gettryggen från 1950-talet var antalet arter endast 48. Övriga förändringar visade att på Anjeskutan och Lillskarven ökade täckningsgraden av gräsväxter, ljungväxter och örter medan på Åreskutan och Hundshögen minskade gräsväxterna samtidigt som ljungväxter och dvärg-/nätvide ökade. Minskningen i gräs föreslogs hänga samman med en hög förekomst av sorkar och fjällämmel 2010-2011 där sorkbete kan ha reducerat utbredningen av gräs. Värt att notera är att ett tiotal nya arter observerades vid inventering nummer två på samtliga toppar och att ett fåtal arter försvunnit mellan inventeringstillfällena. Det verkar råda en dynamisk förändring i vegetationens artsammansättning även under relativt korta tidsintervall men det finns inget tydligt samband mellan ökad höjd över havet och ett lägre artantal. Samtidigt förs skillnader i inventeringsförhållanden mellan åren fram som en faktor som kan ha påverkat resultaten.

Inom det globala nätverket GLORIA (Global Observation Research In Alpine Environment) inventerades fyra toppar i Jämtland 2010 och 2019 (Figur 2). Det totala antalet arter har varit stabilt, total 85 arter 2010 och 86 arter 2019. I de

större inventeringsrutorna ökade artantalet på tre toppar med mellan 2 och 6 arter och var oförändrat på en topp. På Lill-Gåsen fann man 45 respektive 47 arter 2010 och 2019 där 4 nya arter noterades och 2 hade försvunnit. År 2010 hade Gåsen 32 arter och nio år senare var antalet 35 arter där 5 var nya och 2 inte återfanns, medan på Härjångstöten ökade artantalet från 10 till 16 arter där 6 arter var nya och inga arter hade försvunnit. På Hårdeggen var artantalet oförändrat med 62 arter där 8 nya arter hade tillkommit och 7 arter hade försvunnit enligt rapporten. Totala artantalet per topp minskar med ökad höjd över havet men den största procentuella ökningen i totala antalet arter har ändå skett på den högsta toppen från 2010 till 2019.



Figur 2. Inventeringar från GLORIA-programmets inventeringar 2010 och 2019 på fyra fjälltoppar (Hårdeggen 848 m ö.h., Lill-Gåsen 1233 m ö.h., Gåsen 1426 m ö.h. & Härjångstöten 1626 m ö.h.) i Sylarna-Helagsområdet (Carlsson 2020).

I en vetenskaplig studie från 2002 inventerades kärlväxter på nio toppar i Jämtland; Storsnasen, Västra Tväråklumpen, Gettryggen, Gåsen, Sylskalshuvudet, Knippen, Vaktklumpen, Hammaren och Sylskalstöten. Resultatet jämfördes med inventeringar från samma toppar under 1940- och 1950-talet. Resultaten visade att artdiversiteten minskat på åtta toppar, fem nya arter noterades och 17 arter hade förlorats. En stor förändring var att 57 arter återfanns på en ny topp 2002 medan 132 arter som noterades 1950 inte gick att återfinna på en eller fler toppar 2002. Endast en topp hade fler arter 2002 än 1950. Ett varmare och fuktigare klimat föreslogs ha underlättat förnygringen av arter och ett ökat renbete och tramp orsakat förlusten av arter (Moen & Lagerqvist 2008).

En liknande studie från Storsnasen och Gettryggen från 2004 visade tvärtom på ett ökat artantal med 26 respektive 14 arter och att inga arter hade försvunnit på någon av topparna sedan 1950. En kompletterande undersökning av två ytterligare toppar i samma fjällområde, genomförda 1974, 1994, 2006, 2007 och 2009, visade på en allmän ökning i arter från 20 till 43 på Norder-Tväråklumpen och från 22 till 40 arter på Söder-Tväråklumpen. Under en kallare period, 1974–1994, noterades en liten tillbakagång i artantalet liksom en sänkning av vissa arters utbredning i höjddled.

De flesta inventeringarna från Jämtland indikerar att antalet kärlväxter ökat på kalfjället under det senaste seklet. Ett gemensamt resultat för samtliga studier är att vegetationens sammansättning varit dynamisk över tiden och att det finns ett tillskott eller en viss omsättning av arter. Men det är också en stor skillnad i artantal mellan olika fjälltoppar.

Klimat

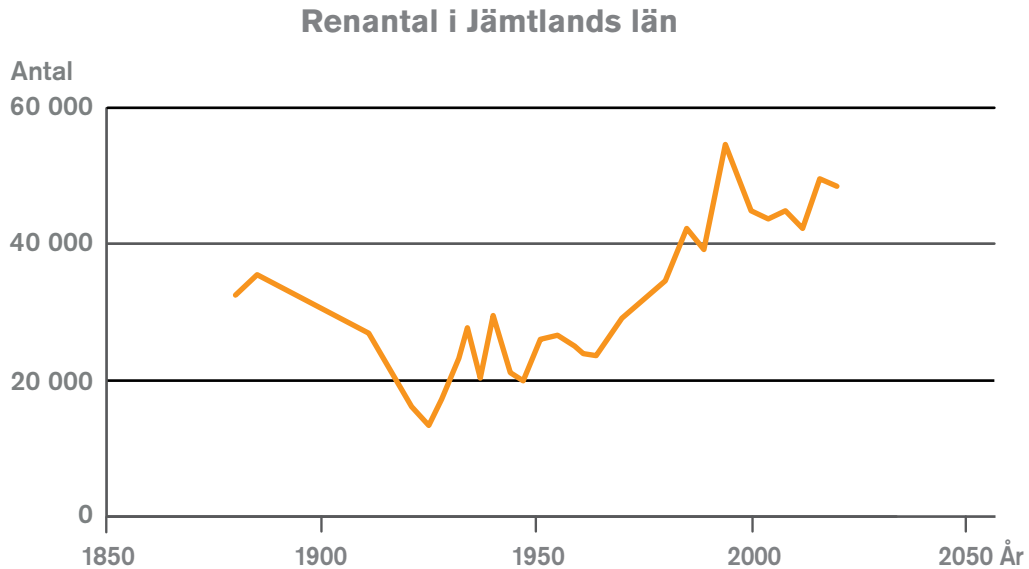
Under 1900-talet ökade medeltemperaturen under juni till augusti med cirka 1°C och nederbörden ökade med cirka 12% för området kring Storlien. Klimatförändringen följer en tydlig trend som verkar samstämmig för hela fjällkedjan.

Andra faktorer

Många studier som fokuserar på den globala klimatförändringens effekt på fjällens vegetation utgår från att statusen vid studiens början speglar ett naturligt tillstånd där vegetation är i jämvikt med rådande klimat. De observerade vegetationsförändringarna tolkas som en reaktion på enbart ett ändrat klimat fast de i själva verket kan vara resultatet av en kombinerad effekt av ett varmare klimat och en rad andra faktorer som i sin tur ofta samverkat på olika sätt. Här är några exempel.

Det kalla klimatet under Lilla Istiden i kombination med tamrenskötsel och ett omfattande fåbodbruk har satt sin prägel på fjällvegetationen under mycket lång tid. Tamrenskötseln började förmodligen växa fram under det första årtusendet e. Kr. och fåbodriften etablerades strax därefter även i fjälltrakterna. Vegetationshistoriska studier visar att pollentyper som indikerar odling, bete och tramp uppträder redan för 1000 år sedan vid Mittåklappen. Fåbodriften var som intensivast under 17-1800-talet och upphörde under 1950-talet. Även tamrenskötseln har förändrats och antalet renar har varierat över tiden. Populationen av ren har fluktuerat under de senaste 140 åren, från cirka 35 000 på 1880-talet ner till cirka 13 000 ren på 1920-talet för att därefter ha legat stabilt omkring 25 000 fram till 1970-talet (Figur 5). Det innebär att under slutet av 1800-talet var påverkan från både fåbodrift och tamrenskötsel omfattande. Då fåbodriften upphörde under 1950-talet var antalet renar lågt. Renantalet ökade från 1970-talet till en stabil nivå på mellan 45 och 50 000 djur under 1990-talet och fram till idag.

Den sammanlagda påverkan som klimat, fåbodrift och tamrenskötsel har haft på fjällekosystemens artsammansättning under det senaste millenniet har varit betydande och har även skapat ett biologiskt kulturarv som är unikt. Bete, tramp och gödsling från ren tillsammans med förändrade växt-markinteraktioner föreslås exempelvis ligga bakom dagens artsammansättning på mjölkningvallar som övergavs för över 100 år sedan och som ligger ovanför dagens skogsgräns. Den gräs- och starrdominerade vegetationen på vallarna har visat sig vara mycket stabil över tiden och förhindrar genom konkurrens andra arter att etablera sig.



Figur 5. Antalet ren i Jämtlands län, mellan 1880 och 2020. Antalet gick ner under 1920-talet då en stor andel ren slaktades. Det är från 1970-talet som antalet ren ökat till en nivå på omkring 45–50 000 djur på 1990-talet fram till 2020 (SOU 2006; Sametinget 2020).

Resultat från en experimentell studie som löpt över 10 år i en höjdgradient i södra Norges fjälltrakter visar att fårbyte, som var vanligt under fåbodtiden i Sverige, motverkar en ökning i artantalet av kärlväxter på högre höjd (1300 m ö.h.) och motverkar en minskning i artantalet på lägre höjd (1100 m ö.h.). Intensivt sommarbete av ren kan också orsaka en övergång till en mer gräsdominerad vegetation och påverka tillväxten av dvärgbjörk och fjällbjörk negativt.

Faktorer som lett till förändringar i fjällvegetationens artsammansättning har ofta medfört en förändring av näringsstatusen i marken och påverkat interaktionen mellan olika organismer. Detta kan innebära långtgående konsekvenser för fjällekosystemens funktion och produktion under lång tid. Exempelvis har mänsklig påverkan för 1000 år sedan orsakat att en övergång från ört- och gräsdominerad fjällbjörkskog, via produktiv gräsdominerad hed, till näringsfattig risdominerad alpin hed, har skett i vissa fjällområden med en särskild typ av arkeologiska bosättningar. Därför bör effekterna av andra faktorer och störningar utvärderas i de fjällområden där kärlväxtantalet inventeras för att identifiera i vilket stadium ekosystemets vegetation befinner sig i.

En sammanställning av forskningsresultat under 100 år från områden kring Abisko forskningsstation visar att beroende på vilket geografiskt område man studerar kan resultaten indikera en ökning, minskning eller oförändrat tillstånd i vegetationens artsammansättning. Även inom ett mindre område med samma klimatiska påverkan och berggrund kan resultaten variera högst märkbart eftersom de abiotiska och biotiska faktorerna har förändrats lokalt inom det studerade området med stora variationer i vegetationen som följd.

Sammanfattningsvis innebär det att många faktorer samtidigt har påverkat ekologiska processer och interaktioner mellan olika fjällarter och deras utbredning. Därigenom inverkar de även på funktionen och produktiviteten i fjällekosystemen.

Enkla samband mellan förändringar i klimat (temperatur, nederbörd) och vegetationens artsammansättning fångar därför inte upp effekten av alla de faktorer som kan ligga bakom de förändringar som observeras. Samverkan mellan olika faktorer kan även förklara varför de förändringar som förväntas ske till följd av ett varmare klimat i vissa fall uteblir.

Bristanalys

Det finns flera långsiktiga studier av vegetationens artsammansättning i Jämtlandsfjällen som är lokaliserade till fjälltoppar. På de toppar som inventerats sedan 1940- och 1950-talet liksom på de toppar Länsstyrelsen genomfört sina inventeringar under 2000-talet samt på de toppar som ingår i GLORIA-projektet bör fortsätta inventeringar genomföras. De bör göras på samma sätt som tidigare och med bestämda tidsintervall för att få jämförbara resultat med tidigare inventeringar.

För att få en heltäckande bild av fjällvegetationens förändring i Jämtlandsfjällen bör dessutom långsiktiga studier med fler fasta provytor etableras längs den jämtländska fjällkedjan från syd till nord. Ytorna bör anläggas i låg-, mellan- och högalpin zon, de bör återinventeras med beprövad metodik och med bestämda tidsintervall, samt inte ligga allt för långt ifrån befintliga klimatstationer.

Referenser

Andersson, B. et al. 2008. Kulturmiljövården i fjällområdet i Norrbottens-, Västerbottens- och Jämtlands län. Kulturhistorisk utredning, Västerbottens museum/uppdraagsverksamheten, Umeå.

Carlsson, B-G. 2012. Klimatövervakning på Åreskutan. En jämförande studie av vegetationens sammansättning vid två inventeringstillfällen med fem års intervall (2006 och 2011). FjällNILS-projektet (Vegetation). Rapport från Länsstyrelsen i Jämtlands län.

Carlsson, B-G. 2013. Övervakning av fjällvegetationen på Hundshögen. Förändringar mellan åren 2007 och 2012. Rapport från Länsstyrelsen i Jämtlands län.

Carlsson, B-G. 2017. Övervakning av fjällvegetationen på Buarkantjahke – Förändringar mellan åren 2010 och 2016. Rapport från Länsstyrelsen i Jämtlands län.

Carlsson, B-G. 2020. Fjälltoppar i ett förändrat klimat. Återinventering nio år efter starten av GLORIA-området Jämtland. Rapport från Länsstyrelsen i Jämtlands län.

Hedenås, H. et al. 2014. Utvärdering av NILS data i fjällen. Arbetsrapport 427. Sveriges lantbruksuniversitet, Inst för skoglig resurshushållning. Umeå.

Hedenås, H. et al. 2016. Changes in vegetation cover and composition in the Swedish mountain region. *Environmental Assessment* 188 (8): 452.

Jonsson, F. & Nordin, U. 2014. Övervakning av fjällvegetationen på Anjeskutan – Förändringar mellan åren 2008 och 2013. Rapport från Länsstyrelsen i Jämtlands län.

Jonsson, F. & Nordin, U. 2015. Övervakning av fjällvegetationen på Lill-Skarven. Förändringar mellan åren 2009 och 2014. Rapport från Länsstyrelsen i Jämtlands län.

Kilander, S. 1955. Kärlväxters övre gränser på fjäll i sydvästra Jämtland samt angränsande delar av Härjedalen och Norge. *Acta Phytgeografica Suecica* 35.

Kullman, L. 2007. Long-term geobotanical observations of climate change impact in the Scandes of West-Central Sweden. *Nordic Journal of Botany* 24: 445 – 467.

Kullman, L. 2010. Alpine flora dynamics – a critical review of responses to climate change in the Swedish Scandes since the early 1950s. *Nordic Journal of Botany* 28: 398 – 408.

Kullman, L. 2016. Fjällen, klimatet och människan – naturhistoria i skarven mellan två istider. *Svensk Botanisk Tidskrift* 110 (3 – 4): 132 – 272.

Moen, J. & Lagerkvist, A. 2008. High species turnover rate and decreasing plant species richness on mountain summits in Sweden: reindeer grazing overrides climate change? *Arctic, Antarctic and Alpine Research* 40 (2): 382 – 395.

Sametinget. 2021. Statistik, renhjorden (www.sametinget.se/statistik/renehjorden 2021 – 07 - 28)

SOU 2006:14. Samernas sedvanemarker – Betänkande av Gränsdragningskommissionen för renskötselområdet.

Wallin, J.-E. & Aronsson, K.-Å. 1998. Mittåkläppen – markanvändning och vegetationsförändringar under två årtusenden. I: Anttila, S. & Vikman, P.-Å. (red.) *Forskning och förvaltning för hållbar utveckling i landets fjällområden*, s. 183 – 195. Fjällforskningsinstitutet. Östersund

Wallin, Jan-Erik. 1999. Krönavajje, västra Jämtland – vegetationsförändringar och markanvändning under 1 500 år. I: Torp, E och Vikman, P.-Å. *Förvaltning av ett världsarv i fjällområdet – exemplet Lapponia*. Stockholm.

Öberg, L. 2009. Kärlväxtfloras dynamik och stabilitet – en metodstudie för långsiktig övervakning av toppfloran i Jämtlandsfjällen. Rapport från Länsstyrelsen i Jämtlands län.

Östlund, L. et al. 2015. Intensive land use in the Swedish mountains between AD 800 and 1200 led to deforestation and ecosystem transformation with long lasting effects. *Ambio* 44 (6): 508 – 520.

FAKTABLAD

Fåglar i fjällen

Bakgrund

Fåglar har ett stort värde som indikator för tillståndet i vår miljö. De reagerar relativt snabbt på förändringar i miljön och är oftast synliga och ljudliga samt aktiva vilket gör att de uppmärksammas.

I fjällmiljön finns dryga 30 fågelarter som har sitt huvudsakliga bestånd inom fjällmiljön och av dessa är ett fåtal stationära och lever huvudsakligen i närområdet, exempelvis ripor. Flertalet arter är flyttfåglar och lämnar fjällområdet och även Sverige under vintern. De flesta flyttar till södra Europa och medelhavsområdet men även Afrika och Asien förekommer. Exempel på långflyttare är blåhake som övervintrar i norra Afrika och södra Asien (en blåhake som ringmärktes i Handöl återfanns i Pakistan) och fjällabb som tillbringar vintern i södra Atlanten. Således påverkas ett antal av fjällmiljöns fåglar av internationella faktorer, såsom miljöpåverkan, och direkt påverkan som jakt eller annan dödlighet.

Data och metod

Nationellt sett övervakas fåglar i huvudsak inom Svensk fågeltaxering vid Biologiska institutionen, Lunds universitet, som en del av Naturvårdsverkets miljöövervakning. Genom olika delprogram räknas fåglar på olika tider och platser i landet. Fjällområdet omfattas av delprogrammet Standardrutter. Ett nät av fasta rutor där fåglar, och även däggdjur, räknas enligt fastställd metodik en gång per år under försommaren, i regel juni. I Sverige finns 716 rutter, varav 104 i fjällområdet och av dessa ligger 28 i Jämtlands fjällområde. Programmet startade 1996 men data räknas i regel från 1998. Detta ger ett tillräckligt underlag för att beräkna trender för fler arter på nationell nivå och för några arter även på regional nivå.

Data från inventeringarna sammanställs och utvecklingen beräknas i form av förändring av antal relaterat till 2002. Resultaten redovisas årligen i tryckt rapport där nationella trender för de flesta fåglar och några däggdjur visas. Vidare används informationen inom miljömålsuppföljningen genom att indikatorer beräknas utifrån trender för ett antal arter som kan knytas till respektive miljö. Indikatorerna visar på utvecklingen för fjällfåglar på kalfjället samt för fjällbjörkskog. Indikatorer och data används även för internationell rapportering.

I Jämtlands län bedriver föreningen Ånnsjöns fågelstation inventeringar av fjällfåglar med liknande metodik. Vid utvärderingar kan dessa resultat läggas till de nationella inventeringarna.

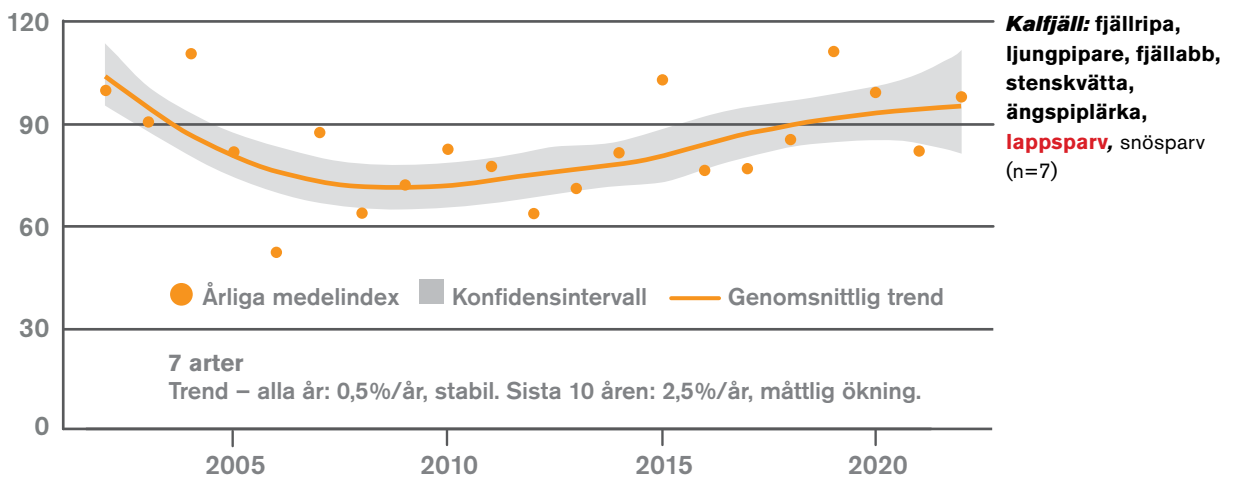
Rovfåglarna jaktfalk och kungsörn omfattas av egna uppföljningsprogram och redovisas i separata faktablad.

Tillstånd

En regional utvärdering av data från standardrutterna inklusive Ånnsjöns fågelstation för perioden 2002 - 2016 visade att flera fjällfåglar hade en signifikant minskning under perioden. Dalripar, lappspurv, blåhake, ängsfiolrör, bergfink, gråsiska samt bergand minskade medan ringtrast visade en ökande trend. För övriga arter kunde ingen förändring ses eller ingen trend kunde beräknas. I det nationella perspektivet visar data för perioden 2002–2022 en återhämtning för kalfjällsfåglarna och trenden är stabil över tiden. Fjällripar, ljungpipare, fjällabb, stenskvätta, ängsfiolrör visade ökande trend medan lappspurv visade negativ utveckling. För fåglar i fjällbjörskogen är återhämtningen inte lika stark så en

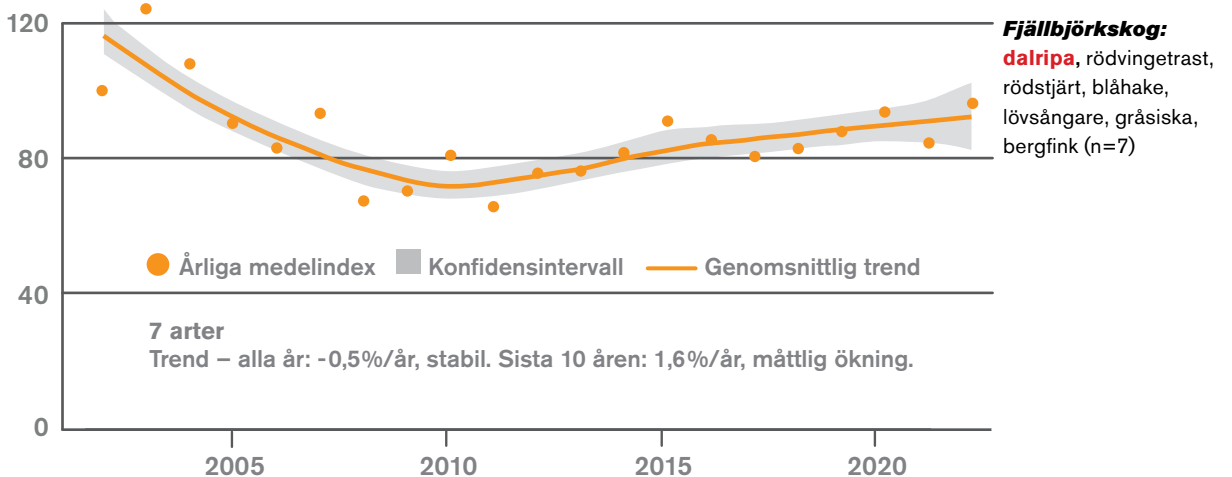
Häckande fåglar i fjällen – kalfjäll

MSI (2002 = 100)



Häckande fåglar i fjällen – fjällbjörskog

MSI (2002 = 100)



Figur 1 Miljömålsindikatorer för miljömålet Storslagen fjällmiljö. Heldragen linje visar genomsnittlig trend, det grå fältet dess 95 % konfidensintervall. Prickarna är årliga medelindex. En trend ges för alla år samt för de senaste 10 åren. Till höger om figuren listas de ingående arterna. Arter i fetstil har ökat signifikant under den långa perioden, arter i röd fetstil har minskat signifikant. Data avser hela fjällområdet i Sverige. Från Green m. fl. (2022).

svagt negativ trend finns för perioden. Dalripan visar en negativ utveckling, övriga arter oförändrade. Även om detta är nationella data kan trenderna troligen även spegla det regionala perspektivet för Jämtlands län.

Klimat

Klimatförändringar påverkar även fåglarna och fåglar som gynnas av ett varmare klimat ökar, förändringar som är påtagliga i fjällvärlden. Sveriges näst vanligaste fågel, bofinken, förekommer i nästan hela landet förutom kalfjället och de allra nordligaste delarna av landet. I fjällbjörkskogen visar bofinken nu en tydlig ökning vilket kan kopplas till klimatförändringar. Snösparven, en art som återfinns på kalfjället har minskat och även försvunnit från inventeringsområden i Ammarnäs. Arten finns kvar i områden men har vandrat högre upp på fjället. Detta mönster, att höghöjdsarter förskjuter sin utbredning mot högre höjd, har observerats i andra områden (Wirdheim & Green 2023)

Även regionala data visar att skogsarter ökar i fjällområdena. Talgoxe, rödstjärt och bofink visar på positiva trender i materialet, vilket kan vara en effekt av varmare klimat.

Sett ur ett längre perspektiv så är kunskapen bristfällig. Exempelvis finns historiska uppgifter om försäljning och byteshandel av ripor som visar på att förekomsten torde vara betydligt högre än dagens.

Bristanalys

Data från Svensk fågeltaxering och Lunds universitet får ses som högkvalitativa. Inventeringar genomförs med fast metodik, tidsserierna är långa, data samlas in och analyseras och rapporteras årligen. I det översiktliga perspektivet är därför kunskapen om de vanligaste fjällfåglarna god. För mer ovanliga arter är kunskapen bristfällig eftersom övervakningsprogrammet är utformat för ett nationellt perspektiv. För att öka kunskapen om vissa arter behövs riktade inventeringar, exempelvis i högalpina miljöer eller andra naturtyper eller helt artinriktade för arter där individantalet är lågt.

Referenser

Green, M. Haas, F. & Lindström, Å. 2022. Svenska fågelindikatorer 2022. Svensk fågeltaxering, Biologiska institutionen, Lunds universitet.

Svensk fågeltaxering. www.fageltaxering.lu.se

Wirdheim, A. & Green, M. 2023. Sveriges fåglar 2022. – BirdLife Sverige – Sveriges Ornitologiska Förening, Halmstad.

FAKTABLAD

Jaktfalk

Bakgrund

Jaktfalken är den största av alla falkar och återfinns i arktiska miljöer runt hela norra halvklotet. Även denna art är specialiserad till ett liv i kalla miljöer och dess huvudsakliga bytesdjur är ripa, framför allt för att föda upp ungarna. Liksom för många andra djur styr födotillgången hur många ungar som överlever och ungproduktionen kan ställas i samband med förekomsten av ripor. Jaktfalken häckar nästan uteslutande i klippor ovan eller nära trädgränsen. Falkar bygger inga egna bon och jaktfalkar nyttjar vanligtvis risbon byggda av korp. Ibland lägger de ägg direkt på en gräshylla. De lägger sina ägg i slutet av april som ruvas fram till maj. Därefter är ungarna kvar i boet fram tills de kan flyga, i regel i början av juli. De första månaderna är de fortfarande kvar kring boplatsen och matas av föräldraparet. Ungfåglar har visat sig lämna fjällområdet under oktober och söka sig mot kustområden eller mot södra Sverige den första hösten.

Jaktfalken är troligen den mest ostörda, eller opåverkade, toppredatorn i fjällekosystemet då inga riktade förvaltningsåtgärder förekommer i syfte att reglera artens förekomst. En förändrad tillgång på ripor eller påverkan av miljögifter, vilket visat sig förödande för andra rovfåglar, kan ge stora konsekvenser för arten. Jaktfalken påverkas i viss mån även av förhållanden utanför fjällområdet då den troligen rör sig utanför fjällområdet under vissa perioder.

Data och metod

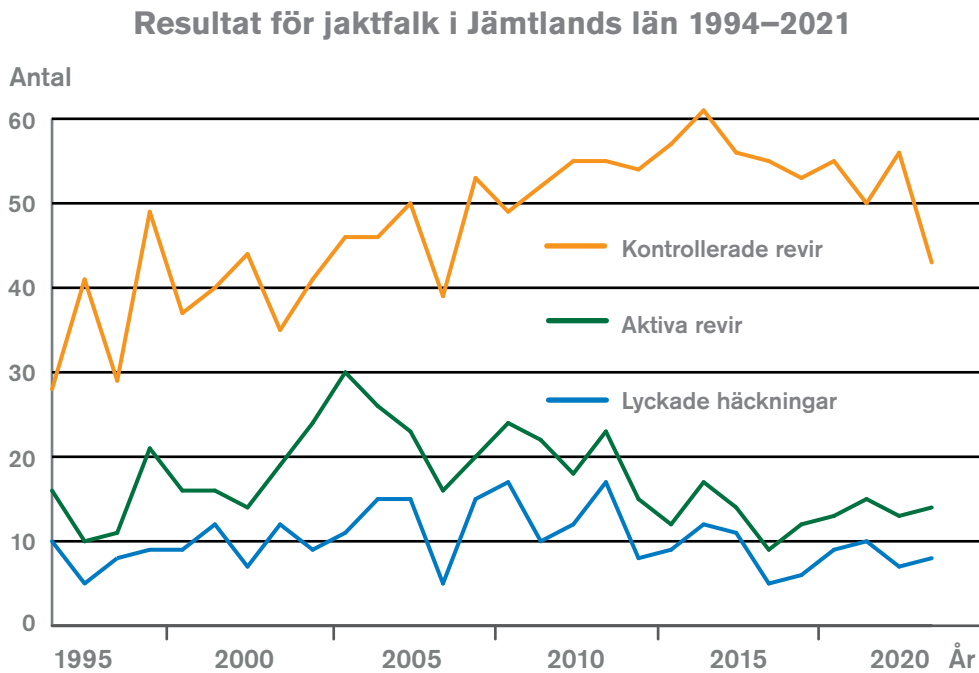
Metoden för att inventera sker genom att besöka kända eller lämpliga häckningslokaler, revir, under vårvintern, mars-april, för att se om något par har för avsikt att häcka. Om det observerats ett par under våren anses reviret vara aktivt och följs upp med ett besök under sommaren, från mitten av juni, för att se om några ungar finns vid boet. Då anses häckningen som lyckad.

Uppföljningen har skett ideellt av Projekt Jaktfalk, Bird Life Sverige och av Länsstyrelsen i Jämtlands län. Uppföljning sker även i övriga delar av fjällkedjan men den mest omfattande och långsiktiga övervakningen har skett i Jämtlands län där den pågått sedan 1994. En framtida övervakning kan ske inom regional miljöövervakning eller uppföljning av skyddad natur. Ett visst samarbete finns mellan de nordiska länderna avseende inventering och resultat.

Tillstånd

Jaktfalken är klassad som Starkt hotad enligt den svenska rödlistan 2020, vilket är en uppgradering av hotklass från föregående klassning. Det beräknas finnas 160-200 vuxna fåglar i landet enligt Artdatabanken. Antalet konstaterade par i Jämtlands län har varierat mellan 10 till 30 par under de senaste 27 åren.

Jaktfalkspopulationen har varit någorlunda stabil över tiden med årliga variationer, men det finns indikationer som tyder på en minskad population i Jämtlands län. Under perioden 2001-2010 var antalet besatta revir och lyckade häckningar nästan dubbelt så många som för perioden 2011-2020. Även om antalet kontrollerade revir skiljer sig mellan perioderna så förklarar inte det minskningen.



Figur 1. Diagrammet visar antalet kontrollerade revir, aktiva revir samt lyckade häckningar för åren 1994–2021.

Klimat

Huruvida klimatförändringar påverkar jaktfalk är svåröversägliga. Populationen är starkt beroende av huvudsakliga bytet, ripor, och om dessa påverkas negativt kommer det även att få effekter för jaktfalk.

Bristanalys

Inventeringsinsatsen har varit varierande över tid vilket ger att det kan finnas delar i underlaget som påverkar resultatet beroende på insatsen. Sett över den långa tidsperioden så bedöms trenderna som tillförlitliga.

Referenser

Projekt Jaktfalk - BirdLife Sverige. <https://birdlife.se/fagelskydd/artprojekt/projekt-jaktfalk/>

SLU Artdatabanken 2020. Rödlista 2020 - övergripande delar. Uppsala: SLU Artdatabanken.

FAKTABLAD

Kungsörn

Bakgrund

Kungsörn är en stor rovfågel som i huvudsak finns i skogsområden och i fjälltrakter i Norrland. Men förekommer även på Gotland och under senare år i övriga delar av Sverige. Utanför Sverige förekommer kungsörn i olika raser på norra halvklotet. Kungsörnen är en skicklig flygare och nyttjar ofta vindar och luftströrelser genom att glidflyga under långa stunder och de kan även företa snabba dykningar i luften. Den anses vara en skicklig jägare som har förmåga att anpassa födovallet utifrån den livsmiljö den lever i. Bytesdjuren tas på eller nära marken och är i regel medelstora fåglar och däggdjur, men den äter även kadaver.

Återfynd av ringmärkta fåglar har visat på en ålder på över trettio år så det är en långlivad fågel. Kungsörnar blir könsmogna tidigast vid 4-5 års ålder och de bildar par som kan bestå under flera år. Häckningen sker i stora bon som byggs i träd eller i bergsbranter. Dessa bon kan bli mycket gamla och nyttjas av generationer av kungsörnar under många år. Risbon i träd kan därmed bli flera meter höga. Boplatser som inte använts kan komma att återanvändas efter många år, ibland över tjugo år. Boplatserna är centrala i örnparets revir och i reviret kan flera bon finnas som nyttjas olika år. Under tidig vår läggs i regel två ägg som kläcks i maj och ungarna matas i boet fram till sommaren. De blir stora nog att kunna flyga under juli månad men är fortfarande beroende av att matas i ytterligare någon månad. I regel är det bara en unge som överlever botiden. Dödligheten är sedan fortsatt hög under första levnadsåret.

Tillgång på bytesdjur är antagligen avgörande för häckningsframgången. Väderförhållanden kan möjligen påverka. Hot mot kungsörnen är onaturlig dödlighet som exempelvis kollisioner med trafik, främst tåg, där kungsörnar äter av kadaver från tidigare trafikdödat vilt. Även illegal jakt förekommer. Studier har också visat att kungsörnar kan drabbas av blyförgiftning om de äter av kadaver med högt blyinnehåll, oftast rester från skjutna älgar (Ecke m. fl. 2017).

Data och metod

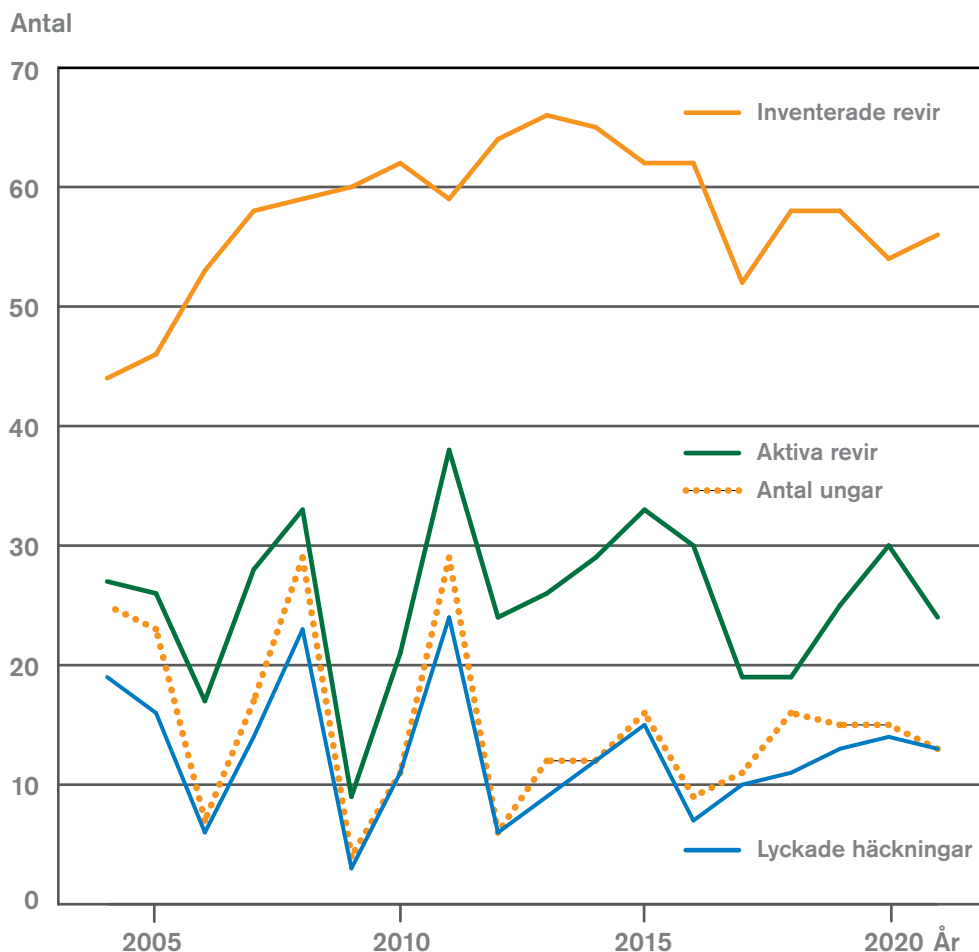
Inventeringen av kungsörn sker genom fastställda metoder och kriterier. Sedan 2000 har ett nordiskt samarbete mellan ideella ornitologer och myndigheter skett. Liknande metodik och redovisning av resultat används även i Norge och Finland. Inventeringen sker genom att under vårvintern spana efter kungsörnar med kikare och konstatera om de anses ha ett revir i området. Om det är känt var boplatserna finns besöks den under sommaren för att se eventuella ungar och antal. Sedan 2020 ansvarar Naturhistoriska riksmuseet för sammanställning och rapportering av resultatet i Sverige på uppdrag av Naturvårdsverket. Resultat från inventeringen lagras i den nationella databasen Rovbase.

Tillstånd

I den svenska rödlistan 2020 klassas kungsörn som Nära Hotad (NT).

Enligt Artdatabanken har beståndet i landet ökat de senaste trettio åren men en möjlig populationsminskning i delar av Norrland. Sett till utvecklingen i Jämtlands läns fjällområde är trenden relativt stabil över tid med årliga variationer. Samband kan ses med förekomst av smågnagare, även om dessa i sig inte är huvudsakliga bytesdjur. Under perioden 2004–2021 har mellan 52 och 64 revir kontrollerats årligen och i ungefär hälften av dessa har aktivitet av ett par konstaterats. Av dessa har knappt hälften lyckats med häckningen och minst en unge har funnits i boet. I medel är det 1,2 ungar per lyckad häckning över perioden. Antalet lyckade häckningar med minst en unge har varierat från 3 till 24 häckningar.

**Resultat för kungsörn i fjällområdet
i Jämtlands län 2004–2021**



Figur 1 Antal inventerade revir, aktiva revir samt lyckade häckningar och antalet ungar för kungsörn i fjällområdet i Jämtlands län 2004–2021.

Klimat

Någon direkt påverkan till följd av ett varmare klimat har inte kunnat visas.

Bristanalys

Fjällområdet är mycket stort och inventeringen kan därmed inte ske heltäckande vilket innebär att alla revir eller boplatser inte blir kontrollerade varje år. Sett till antalet år och det relativt stora underlaget är bedömningen att underlaget är tillräckligt för att visa trenderna över tid.

Referenser

Ecke, F., Singh, N.J., m. fl. 2017. Sub-lethal lead exposure alters movement behaviour in free ranging Golden Eagles. Environmental Science & Technology.

Kungsörn - Naturhistoriska riksmuseet (nrm.se)

Naturvårdsverket 2022. KUNGSÖRN: Instruktion för fastställande av besatta revir och häckningar. Inventeringsmetodik för stora rovdjur, Version 2.0. Faktablad februari 2022. <https://www.naturvardsverket.se/>

SLU Artdatabanken 2020. Rödlista 2020 - övergripande delar. Uppsala: SLU Artdatabanken.

FAKTABLAD

Smågnagare

Bakgrund

Med smågnagare avses sorkar och lämlar. De utgör en av de viktigaste delarna i fjällens ekosystem eftersom de är mycket viktiga bytesdjur för flertalet rovfåglar och rovdjur. Sorkar och lämlar påverkar även vegetationen eftersom de är växtätare. År med mycket smågnagare kan resultera i högt betetryck med märkbara effekter på markvegetationen. Antalet sorkar och lämlar varierar kraftigt från år till år och dessa variationer styr i hög grad beståndsstorlekarna och fortplantningen hos många rovdjur och rovfåglar. Orsaken till de stora variationerna i antalet smågnagare mellan åren är komplexa och forskarna är inte eniga om orsakerna. Snöförhållanden under vintern har antagligen en mycket större betydelse än man tidigare trott. Andra viktiga faktorer kan vara till exempel predatorer, födans mängd och kvalitet, men även sjukdomar, vilket visats i några enstaka studier. Praktiska studier om sjukdomars eventuella påverkan på smågnagarnas dynamik är dock fortfarande kraftigt underrepresenterade. Genom att följa smågnagarna får vi hur som helst ett bra underlag för att förstå och tolka dynamiken i fjällens ekosystem.

Data och metod

Den nationella miljöövervakningen av smågnagare i fjällen startade år 2001 och det finns ett undersökningsområde i varje fjällän. Länsstyrelserna genomför fältinventeringarna två gånger per år, vår och höst. Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) ansvarar för ledning, utvärdering och rapportering på uppdrag av Naturvårdsverket.

Inventeringen sker med slagfällor, alla djur tas om hand för artbestämning och prover sparas för framtida analyser av till exempel miljögifter och smittämnen som bakterier och virus.

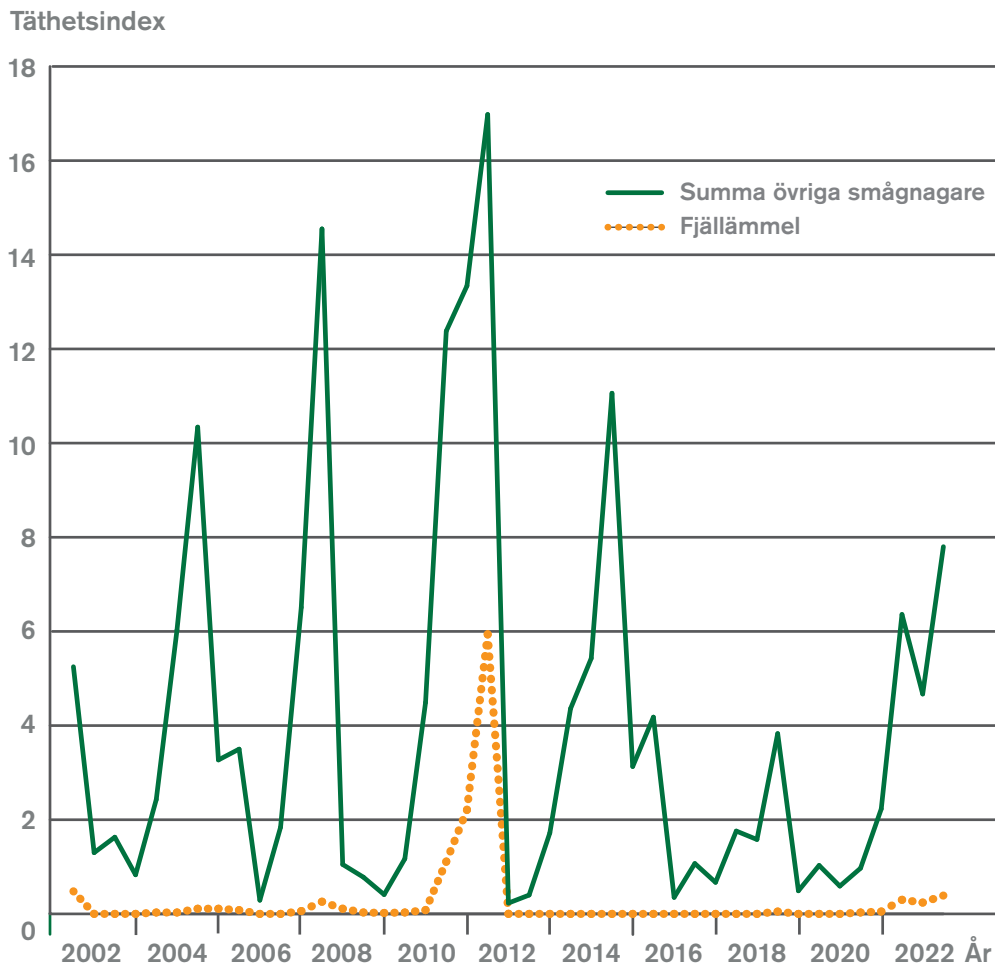
Tillstånd

Resultatet för de tjugo år som gått visar att förekomsten varierar stort mellan åren och cykliskt över tid. I diagrammet nedan presenteras tätheten för alla smågnagararter sammanslaget och för fjälllämmel separat. Ingående arter är fjälllämmel, skogslämmel, gråsiding, åkersork, skogssork och mellansork. Under perioden har toppar inträffat med tre-fyra års intervall. Toppåret för sorkar 2011 sammanföll med ett lämmelår 2011, då förekomsten av fjälllämmel slog rekord för hela undersökningsperioden.

Klimat

Snöförhållanden har antagligen betydelse och ett förändrat klimat kan påverka snödjup, snökvalitet och mängd.

Förekomsten av sork och lämmel 2001–2022



Figur 1 Förekomsten av sork och lämmel visas i form av ett täthetsindex utifrån antalet fångade individer per 100 fjällnätter. Diagrammet visar index för vår och höst respektive år och cykliska variationer för de senaste tjugo åren med toppar åren 2001 (troligen), 2004, 2007, 2010 - 2011, 2014 samt mindre toppar 2018 och 2022 (Ecke & Hörnfeldt 2022).

Bristanalys

Uppföljningen av smågnagare följer fastställd metodik och har varit oförändrad sedan mer än tjugo år varför resultatet bedöms hålla hög kvalitet och på ett bra sätt representera/beskriva de faktiska förhållandena.

Referenser

Ecke, F. & Hörnfeldt, B. 2022. Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU, Institutionen för vilt, fisk och miljö. Miljöövervakning av smågnagare | Externwebben (slu.se) <https://www.slu.se/institutioner/vilt-fisk-miljo/miljoanalys/miljoovervakning-av-smagnagare/>

Miljöövervakningens programområde Fjäll (naturvardsverket.se) <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/miljoovervakning/programomraden/fjall/>

FAKTABLAD

Fjällräv

Bakgrund

Fjällräven är en av de mest hotade arterna i fjällmiljön och anses starkt hotad i de svenska fjällen. Fjällräv jagades hårt i början av 1900-talet och var näst intill utrotad när den fridlystes år 1928 (SLU Artdatabanken 2020). Återhämtningen har varit långsam och populationen är fortfarande liten. Situationen var katastrofalt dålig under inledningen av 2000-talet då endast enstaka föryngringar noterades i Jämtlandsfjällen.

Fjällräv är en allätare och jagar mindre däggdjur och fåglar, äter kadaver och även bär under sensommaren. I Sverige är sork och fjälllämmel viktiga bytesdjur och fjällrävens kullstorlek varierar med tillgången på lämmel. Den betydligt större rödräven är en naturlig fiende för fjällräven och kan även konkurrera om lyor. Åtgärder för att stärka populationen genomförs i form av utfodring och jakt på rödräv i fjällrävsområden. Åtgärderna har genomförts i flera olika projektformer som delvis finansierats med EU-medel i samverkan mellan länsstyrelser och universitet. Framför allt har åtgärder och forskning skett i Jämtlands och delar av Västerbottens län, vilket troligen är den bakomliggande orsaken till den kraftiga ökningen i de två länen under 2000-talet. I Norge genomförs ett avelsprogram där valpar föds upp i fångenskap och sätts ut i fjällområden. Några av dessa fjällrävar har vandrat in i Jämtland vilket har varit ett viktigt genetiskt tillskott till populationen i länet.

Data och metod

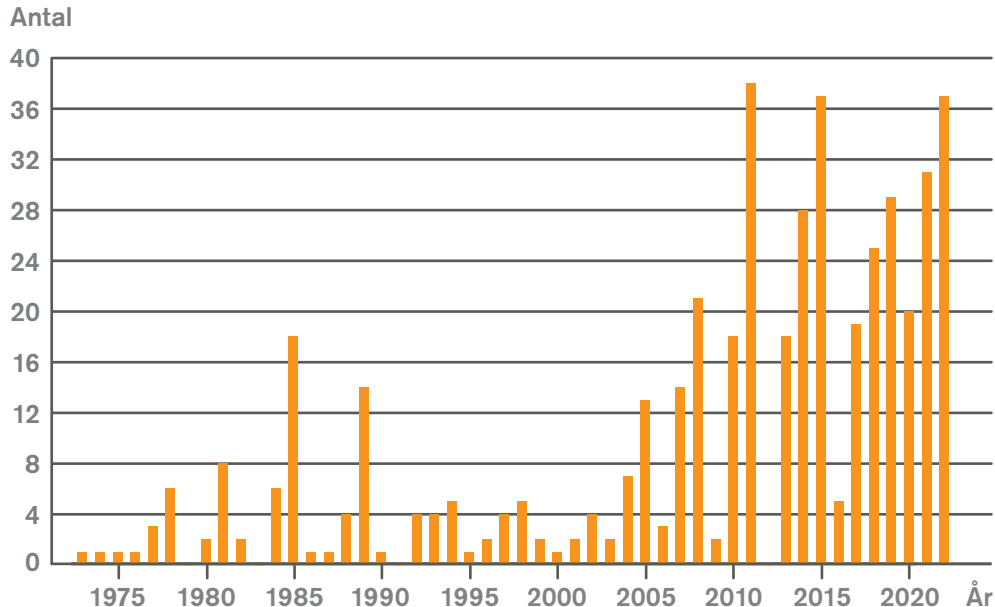
Fjällrävar har inventerats i länet under närmare femtio år. Inventeringens omfattning har varierat mellan åren vilket bör ställas i relation till antalet funna föryngringar. Dock speglar antalet funna föryngringar troligen utvecklingen över tid på ett representativt sätt. Inventeringen sker genom kontroll av tidigare kända lyor under vinter och sommar för att se om föryngring skett. De senaste åren har arbetet samordnats med Norge med gemensam metodik och rapportering. Inventeringen sker idag av länsstyrelserna och Svenska Fjällrävsprojektet vid Stockholms universitet. Naturhistoriska Riksmuseet är nationell koordinator för inventeringen och ansvarar för rapportering av resultat. Naturvårdsverket finansierar inventering och åtgärder.

Tillstånd

Sommaren 2011 konstaterades 38 kullar, föryngringar, i Jämtlands län, vilket var flest antal på över fyrtio år. Under följande år, 2012, var det inte en enda kull i hela Skandinavien. Detta förklaras av en minimal förekomst av lämlar och sorkar under sommaren. Antalet kullar i Jämtlands län har under de senaste tio åren i genomsnitt varit drygt tjugo. Populationstrenden för fjällräv bedöms som relativt

stabil men på en låg nivå och arten klassas fortfarande som starkt hotad i Sverige enligt svenska rödlistan 2020. I området kring Helags (Härjedalen) finns dock ett av Skandinaviens bästa och mest betydelsefulla områden för fjällräv.

Antal föryngringar av fjällräv 1973–2022



Figur 1. Antal funna kullar (föryngringar) av fjällräv i Jämtlands län mellan åren 1973 och 2022. Fjällrävarna i Jämtlands län har ökat och visar en relativt stabil nivå under 2000-talet.

Klimat

Fjällräven är en art som är anpassad till ett liv i arktiskt klimat. Arten var antagligen försvunnen under värmeperioden för 9000 - 5000 år sedan för att sedan återkomma. Ett varmare klimat är antagligen negativt på längre sikt för denna arktiska art.

Bristanalys

De senaste tjugo åren har inventeringen och uppföljningen av fjällrävar hållit god kontinuitet och hög kvalitet varför resultatet anses vara mycket tillförlitligt. Även om antalet har ökat under senaste decennierna så är arten troligen beroende av åtgärder på kort sikt. Det långsiktiga målet är att fjällrävar ska klara sig med färre riktade åtgärder.

Referenser

Naturhistoriska riksmuseet - Fjällräv (nrm.se) <https://www.nrm.se/>

SLU Artdatabanken 2020. Rödlista 2020 - övergripande delar. Uppsala: SLU Artdatabanken

Stockholms universitet - Svenska Fjällrävsprojektet. <https://www.su.se/forskning/forskargrupper/>

FAKTABLAD

Stora rovdjur

Bakgrund

De stora rovdjuren inventeras årligen för att ge kunskap om rovdjursstammarnas storlek, var de lever och hur stammarna utvecklas över tid. Inventeringsresultaten används för uppföljning av nationella och regionala mål för rovdjursstammarnas status och utveckling. Resultaten utgör även grund för beslut om jakt, förebyggande åtgärder och ersättning till samebyarna för förekomst av rovdjur.

Björn, lodjur, varg och järv har regionala förvaltningsmål som är beslutade av länets viltförvaltningsdelegation (VFD). Förvaltningsmål anger det antal föryngringar som förvaltningen på länsnivå har som mål att uppnå och upprätthålla. För att nå detta krävs att förvaltningen är adaptiv och målet bör därför utformas så att de tar hänsyn till naturens dynamik, samspelet mellan rovdjuren och deras bytesdjur, samt socioekonomiska faktorer. Detta för att inte riskera att hamna under miniminivån.

Miniminivå är en fördelning av de nationella referensvärdena per län och per förvaltningsområde. Referensvärdet är den längsta nivån för björn, lodjur, varg och järv för att arten ska uppfylla en gynnsam bevarandestatus. Fördelningen sker i proportion till artens utbredningsområde. Miniminivån för varje län provas av VFD och beslutas av Naturvårdsverket.

Data och metod

Inventeringen är reglerad i föreskrifter utfärdade av Naturvårdsverket (Naturvårdsverket 2007). Metodiken i inventeringen är även samordnad med Norge. Resultatet från inventeringarna registreras i Rovbase, en webbaserad databas som nyttjas av Sverige och Norge. Resultaten publiceras även i nationella och regionala rapporter.

Inventeringen av järv, lodjur och varg genomförs av Länsstyrelsen och samebyarna. Allmänheten har även möjlighet att rapportera in observationer till Länsstyrelsen. Länsstyrelsen har ett ansvar att kvalitetssäkra observationerna.

Järv inventeras årligen från och med februari fram till sista juli. Inventeringen syftar till att fastställa antalet föryngringar. Detta sker oftast genom att hitta lyor där honan har sina ungar eller på annat sätt dokumentera förekomst av årsungar.

Lodjur inventeras årligen under november till sista februari. Inventeringen syftar till att fastställa antalet familjegrupper, hona som åtföljs av ungar, även kallat föryngring. De dokumenteras oftast via spår i snö eller med hjälp av foto eller film.

Förekomst av varg dokumenteras genom spårdokumentation och/eller DNA-prov.

Björn inventeras antingen genom björnobservationer som sker under första veckan

på älgjakten. Detta ger ett årligt estimat och samordnas av Jägareförbundet. Björn har även inventerats genom att samla in spillning från björn under hösten som senare analyseras och med hjälp av DNA kan antalet björnar beräknas. Insamlingen genomförs av jägare, länsstyrelsen och allmänhet.

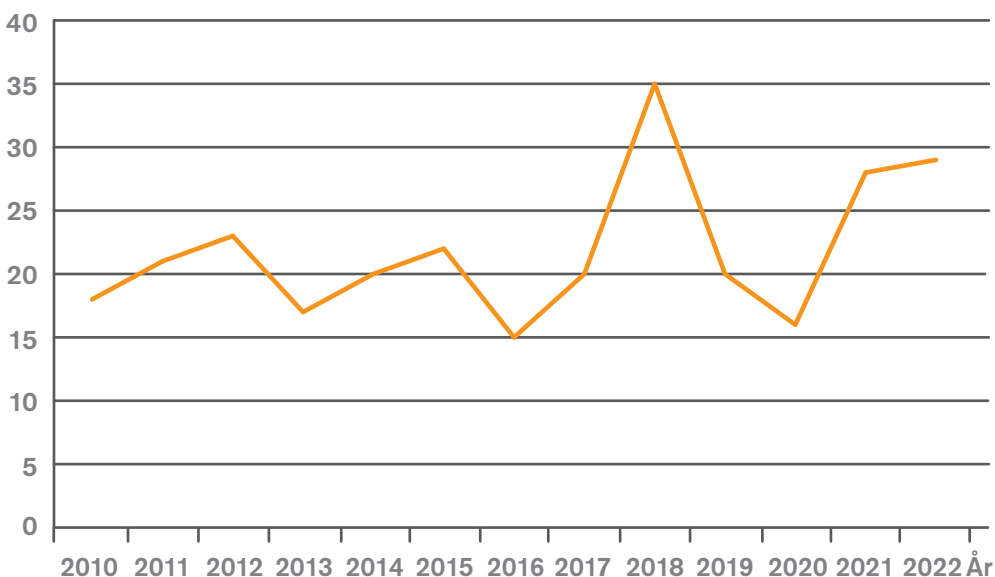
Tillstånd

Järv har under lång tid funnits i fjällmiljön och har på senare år återkoloniserat skogslandskapet och finns idag i stort sett i hela länet. Järvstammen har i länet vuxit från några få föryngringar i slutet av 1990-talet till knappa 30-tal föryngringar 2022. Järvstammen finns i högst koncentration i Härjedalsfjällen men föryngringar förekommer i alla Jämtlands fjällmiljöer samt i stora delar av länets skogslandskap.

Järvförekomsten i fjällmiljön är relativt stabil. Järvbeståndet ökar främst i skogslandskapet.

Järvföryngringar i fjällmiljö 2010–2022

Antal föryngringar



Figur 1 Antalet föryngringar av järv för perioden 2010–2021 för Jämtlands läns fjällområde.

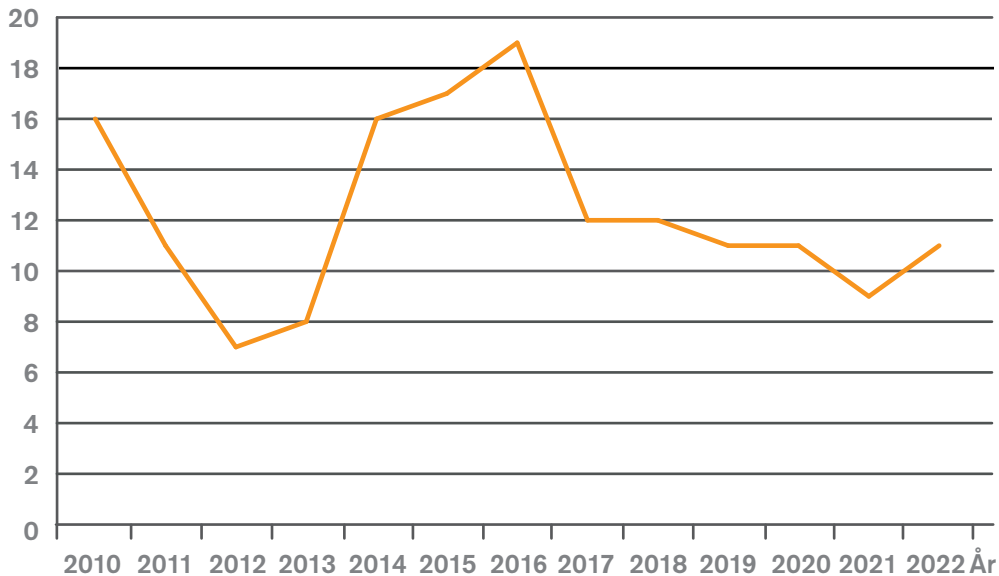
Varg kan förekomma i fjällområdet under hela året men dokumenteras främst vintertid då det finns spår. Varg förekommer endast tillfälligt i fjällmiljö då utvandrade vargar söker nya revir.

Lodjur förekommer i stort sett i hela länet och har fluktuerat i antal med åren. Lodjur förekommer i störst antal där rennäringen bedrivs under längre tider på året. Det vill säga i vinterbetesland och åretruntmarkerna för samebyarna. Ren är en viktig födokälla för lodjur men den prederar även på rådjur och annat småvilt.

Lodjursstammen har de senaste sex åren minskat i antal vilket har varit helt i enlighet med länets förvaltningsmål.

Lodjursföryngringar i fjällmiljö 2010–2022

Antal föryngringar



Figur 2 Antalet fastställda föryngringar av lodjur för perioden 2010–2022 för Jämtlands läns fjällområde.

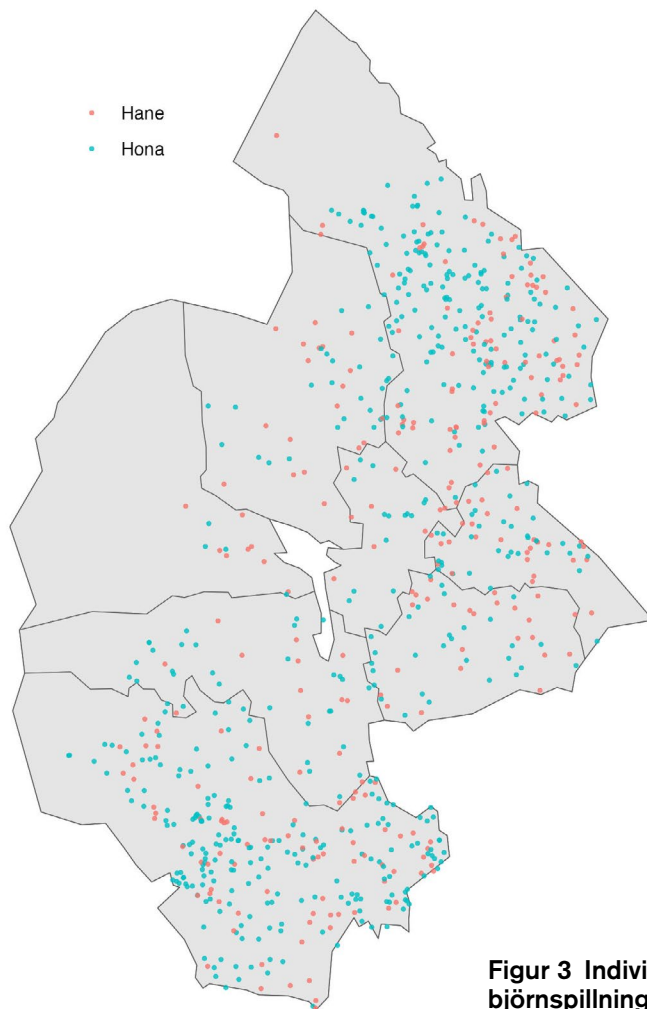
Förekomsten av björn har varit koncentrerad till två kärnområden i norra och södra delen av länet. På senare år har en spridning skett ut från dessa områden. Från slutet av 1990-talet fram tills idag har björnstammen ökat sitt utbredningsområde och täcker i stort sett hela länet.

Björnstammen har sedan början av 2000-talet befunnits sig på cirka 900 individer i Jämtlands län. Sedan dess har stammen ökat något och befinner sig idag på cirka 1100 individer.

Tillståndet inom fjällmiljön avseende björn är något svårtolkad då insamlingen av spillning och observationer är knapphändig. Detta beror sannolikt på att fjällområdet är mer otillgängligt än skogslandet nedanför fjällen. En observation som Länsstyrelsen och samebyarna har gjort de senaste åren, är att antalet björnar som jagar och prederar ren under vårvinter har ökat, vilket kan vara en indikator på att björnstammen i dessa områden har ökat.

Klimat

Klimatpåverkan för de större rovdjuren i fjällmiljö är svårt att förutse. Ett förändrat klimat påverkar kanske bytesdjuren mest och rovdjuren sekundärt. Förändrade snöförhållanden kan även påverka inventeringen då den till stor del bygger på förekomst av snö för att se spår.



Figur 3 Individer funna i björnspillningsinventeringen 2020.

Bristanalys

Goda spårförhållanden på snö är grundläggande för inventeringen av lodjur och järv. Vintrar med dåliga spårförhållanden kan påverka resultatet.

Eftersom genomförandet av inventeringen följer fastställda kriterier och kvalitetssäkras av såväl Länsstyrelsen som Viltskadecenter håller inventeringen hög kvalitet. Vissa fynd dokumenteras även genom DNA-prover vilket säkerställer resultaten ytterligare.

Inventeringen av björn har hög tillförlitlighet gällande spillningsinventeringen då dataunderlaget och analyser håller mycket hög kvalitet. Dock så finns brister i insamlingen inom fjällmiljön.

Referenser

Länsstyrelsen Jämtlands län 2022. Inventeringsresultat för lodjur, järv, varg och kungsörn Jämtlands län 2021–2022. Rapport 2022:15.

Länsstyrelsen Jämtlands län 2023. Förvaltningsplan för stora rovdjur i Jämtlands län 2023 – 2027. Rapport 2023:1.

Naturvårdsverket 2007. Naturvårdsverkets föreskrifter och allmänna råd om inventering av björn, varg, järv, lodjur och kungsörn. NFS 2007:10.

FAKTABLAD

Älg, kronhjort och skogshare

Bakgrund

Älgen har funnits i fjällen ända sedan den senaste istiden och varit ett viktigt jaktbart vilt för de människor som bott och vistats i dessa miljöer. Älgen befinner sig vanligen i dalgångar mellan fjälltoppar även om den ibland söker sig upp på kalfjället. Vintertid vandrar älgen från fjällområdet ner till lägre altituder där tillgången på föda är större. Hur långt och var älgar vandrar varierar mellan olika individer. De söker sig ofta tillbaka upp i fjällområdet under våren före kalvningstid i månadsskiftet maj-juni. Älgens antal har varierat över tid beroende på jakttryck, tillgång till föda, predationstryck och bevarandeåtgärder. De senaste decennierna har älgens antal främst påverkats av jakt vilket även är fallet idag. Det är nationella, regionala och lokala målsättningar som påverkar hur stor älgstammen ska vara i förhållande till betesskador, trafikolyckor, predationstryck och målen för biologisk mångfald.

Kronhjort är ett vilt som har observerats i Jämtlands län sedan 1940-talet men som långsamt ökat i antal sedan 1980-talet. Kronhjortar i Jämtland härstammar sannolikt från invandrade hjortar från Norge samt från förrymda hjortar från vilthägn under 1980-talet men det genetiska ursprunget på dagens population är inte analyserad. Kronhjortspopulationen har expanderat sin utbredning i takt med att den ökat i antal och idag finns kronhjort även i flera fjällnära miljöer, främst i Västjämtland. Förvaltning av vuxen kronhjort sker inom kronhjortsskötselområden. Ett kronhjortsskötselområde är ett större sammanhängande område, ofta minst 10 000 hektar.

Skogsharen lever som namnet vittnar om i skogslandskap men trivs i fjällnära miljöer som fjällbjörkskogen och även på kalfjället. Skogsharens päls byter färg beroende på säsong och smälter in i sin livsmiljö under vintertid då den är vit. Pälsen byter sedan färg i samband med snösmältningen och blir brunaktig under vår, sommar och tidig höst. Skogsharen antas kunna missgynnas om snön uteblir då den vita vinterpälsen kan göra den lättare att upptäcka för predatorer. Skogsharen är en födoresurs för bland annat rödräv. Det finns även en risk att fälthare kan tränga undan skogshare. Dels genom konkurrens om födan, dels genom parningsvalet. Hybridisering mellan de båda arterna förekommer vilket kan missgynna skogsharen.

Data och metod

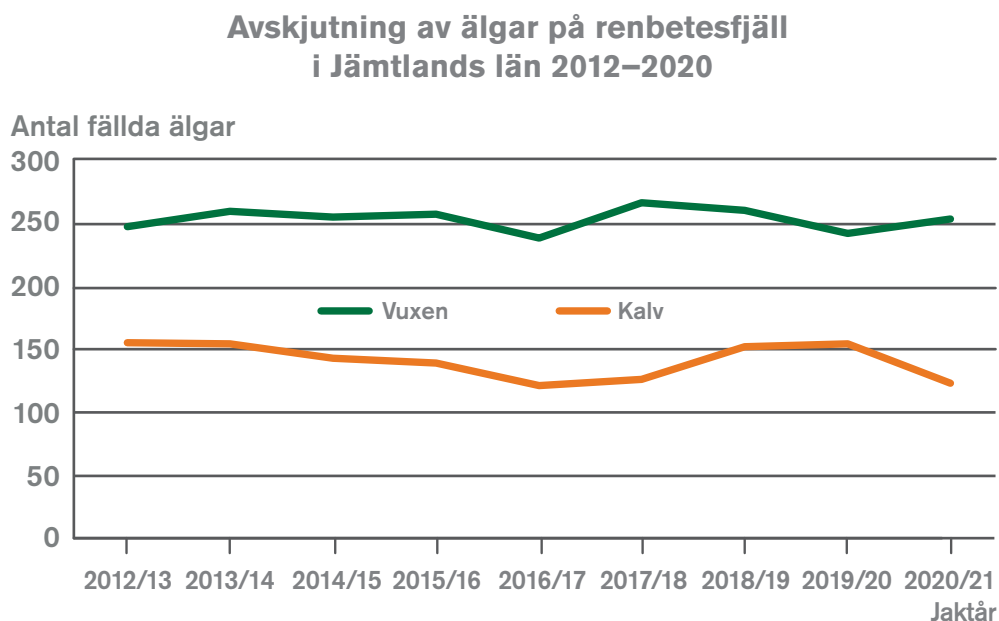
Älgens populationsutveckling i Jämtlands län mäts vanligen genom två parametrar, älgobservationer samt avskjutningsstatistik. Det är jägarna som rapporterar in älgobservationer och Svenska Jägarförbundet som kvalitetssäkrar data. Varje jaktområde rapporterar in avskjutningsstatistik löpande under älgjakten. Alla fällda älgar ska rapporteras inom 14 dagar från det att de fällts. Det är länsstyrelsen som är ansvarig myndighet för att sammanställa avskjutningsstatistiken.

En metod som blivit vanlig att använda för att uppskatta kronhjortspopulationens utveckling är så kallad vårräkning. Metoden går ut på att flera personer gemensamt, samma dag och tid, åker runt i olika tilldelade områden och räknar alla kronhjortar som finns på fälten vid det givna tillfället. Denna metod ger ett minsta antal kronhjortar fördelat på kön och ålderskategori inom området. Vårräkning är till hjälp att bedöma kronhjortspopulationens sammansättning och storlek. Att se var och hur det bildas kronhjortsskötselområden är ett annat sätt att se hur kronhjorten expanderar sin utbredning i landskapet. Det är länsstyrelsen som på begäran av markägare och jakträttshavare inom ett område registrerar kronhjortsskötselområden.

Skogsharens populationsutveckling mäts inte på något systematiskt sätt i fjällmiljön. Hur populationen utvecklats över tid i går därför inte att med säkerhet säga. Ett sätt att följa populationsutvecklingen kan vara att följa avskjutningsstatistiken.

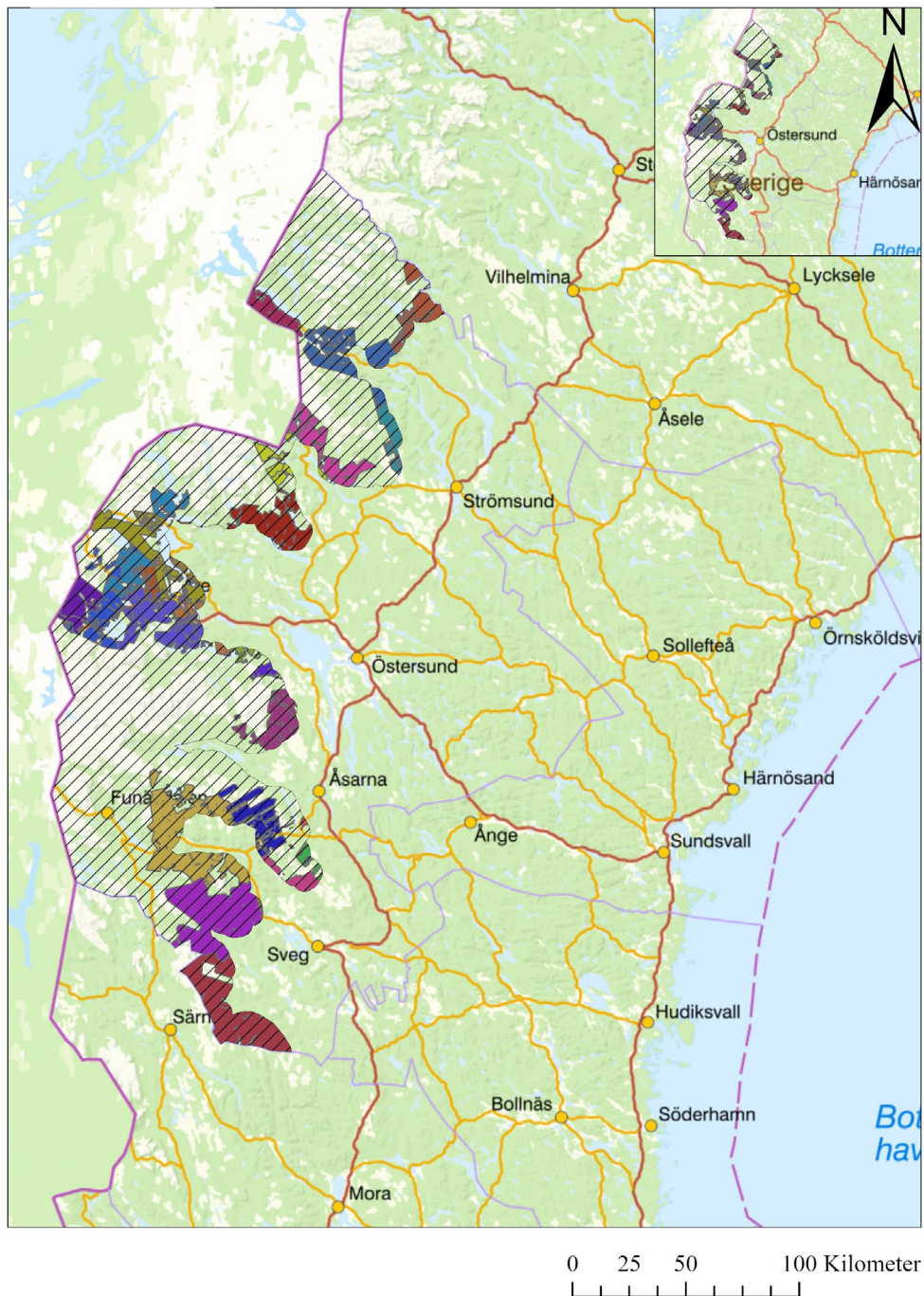
Tillstånd

I dagsläget berörs fjällmiljöområdet av cirka 130 olika älgjaktområden, älgskötselområden eller licensområden för älgjakt. Inom licensområdena kopplade till renbetesfjällen i Jämtlands län har avskjutningen sedan 2012 varit relativt konstant fördelat per vuxna älgar och kalvar, se figur 1.



Figur 1. Avskjutning av älgar inom licensområdena på renbetesfjällen i Jämtlands län fördelat per vuxen älg och kalv mellan åren 2012 - 2020.

För kronhjort finns ingen tydlig populationsuppskattning inom fjällmiljön i Jämtlands län. En indikator på att kronhjort är närvarande i detta område är att där finns 25 kronhjortsskötselområden som helt eller delvis är registrerade inom det geografiska området, se figur 2.



Figur 2. Utbredning av kronhjortsskötselområden inom fjällmiljöområdet i Jämtlands län, 2023.

Länsstyrelsen har tillgång till avskjutningsstatistik genom de jaktkort som säljs inom ramarna för småviltjakten i länet. Mellan perioden 2015 - 2021 har ett femtiotal skogsharar fällts årligen och trenden i avskjutningens omfattning är relativt konstant under denna period.

Klimat

Ett förändrat klimat kan innebära en ökad närvaro av de boreala arterna i fjällmiljön. Ett varmare klimat kan innebära risk för värmestress för klövviltet, framför allt älg då denna art är anpassad efter ett kallt klimat. Det kan också innebära större risk för spridning av sjukdomar samt parasit- och insektsangrepp.

Bristanalys

Avskjutningen av älg inom renbetesfjäll är en svårbedömd indikator för älgens tillstånd i fjällmiljön. Avskjutningen speglar inte de långsiktiga målsättningarna inom något av de fem älgförvaltningsområden som fjällmiljön ingår i. I samtliga av dessa älgförvaltningsområden är målsättningen, som markägare och jägare gemensamt tagit fram, att minska älgstammen, vilket älgobsen för hela Jämtlands län även indikerar är på väg att uppnås.

Detsamma gäller för avskjutningsstatistik för skogshare som är begränsad.

Referenser

Artdatabanken, skogshare: <https://artfakta.se/naturvard/taxon/lepus-timidus-206004>

Artdatabanken, fälthare: <https://artfakta.se/naturvard/taxon/lepus-europaeus-206003>

FAKTABLAD

Miljögifter i ytvatten

Bakgrund

Huvuddelen av provtagningarna av miljögifter i ytvatten inom fjällområdet avser tungmetaller. Vad gäller organiska miljögifterna är många av dem svåra att mäta i vatten då halterna ofta är lägre än vad aktuella analysmetoder kan mäta. Däremot ansamlas dessa miljögifter ofta i levande organismer, som exempelvis fisk, eller ansamlas i sediment på botten. Därför analyseras de bättre i dessa än i ytvatten.

En ämnesgrupp av organiska miljögifter som däremot både går att mäta i levande organismer och i vatten är PFAS. Det är en grupp högfluorerade ämnen som förekommer i många olika typer av material. Ämnena är mycket svårnedbrytbara och har uppmärksammats alltmer de senaste åren. Provtagningar av dessa ämnen har skett i vattenmiljöer i länet, framför allt i närheten till tätorter och misstänkta punktkällor, men även på enstaka platser i fjällområdet.

Data och metod

Olika metaller, däribland tungmetaller som arsenik, kadmium, koppar, kvicksilver, nickel, bly, zink och uran, mäts inom fjällområdet i varierande omfattning i sjöar och vattendrag. Detta sker inom flera program inom den nationella miljöövervakningen (NMÖ), den regionala miljöövervakningen (RMÖ) och den samordnade recipientkontrollen (SRK). Data finns tillgängligt framför allt via SLU databas Miljödata. Till och med 2018 genomfördes metallanalyser i vattenprover från ett antal vattendrag inom det SRK-program som Ljusnan-Voxnans vattenvårdsförbund driver.

Vilka tungmetaller som mäts liksom frekvensen av mätillfällena varierar i de olika provpunkterna. Exempelvis mäts kvicksilver bara i en provpunkt inom fjällområdet (Ljusnan, Funäsdalen). Vilket år som mätningarna påbörjades skiljer också mycket mellan olika provpunkter.

Kartan i figur 1 visar alla provpunkter där tungmetaller i ytvatten analyserats inom fjällområdet. Även de provpunkter där provtagning bara skett någon enstaka gång syns i kartan. Flest provtagningar av tungmetaller har skett i de provpunkter som kallas trendvattendrag med provtagning varje månad och i trendsjöarna där det sker det en gång per år.

Förutom tungmetaller har även halter av organiska miljögifter analyserats men i betydligt mindre omfattning. Det är framför allt PFAS (högfluorerade ämnen) i enstaka ytvatten inom fjällområdet.



Figur 1. Karta över samtliga provplatser där provtagning av tungmetaller skett enligt utdrag från Sveriges Lantbruksuniversitets databas Miljödata 2022.

Tillstånd

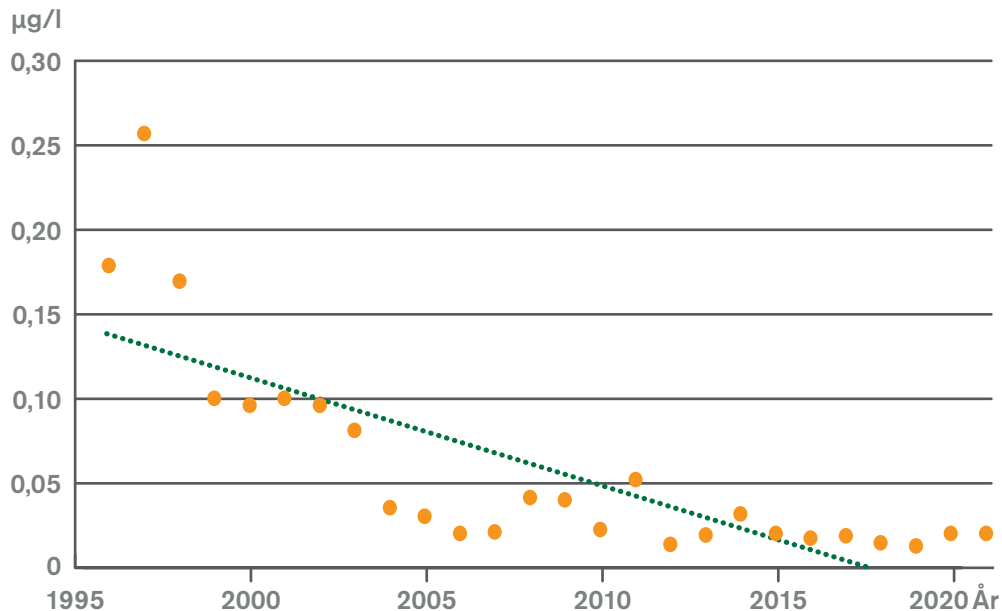
Halterna av tungmetaller i ytvattnet inom fjällområdet är generellt låga, även om det i vissa områden förekommer naturligt förhöjda halter från berggrunden.

För några metaller och provpunkter inom fjällområdet finns tillräckligt mycket mätdata (varje månad sedan 1996) för att kunna se tidstrender. Detta är exempelvis för bly, nickel och kadmium. För dessa visar halterna en signifikant nedåtgående trend, det vill säga att den är statistiskt säkerställd. På flera av övriga stationer tyder data också på en nedåtgående trend för dessa metaller även om mätserierna inte är lika långa och provfrekvenserna inte är lika täta. Underlaget är därmed inte lika tillförlitligt för att visa på signifikanta trender.

Bly

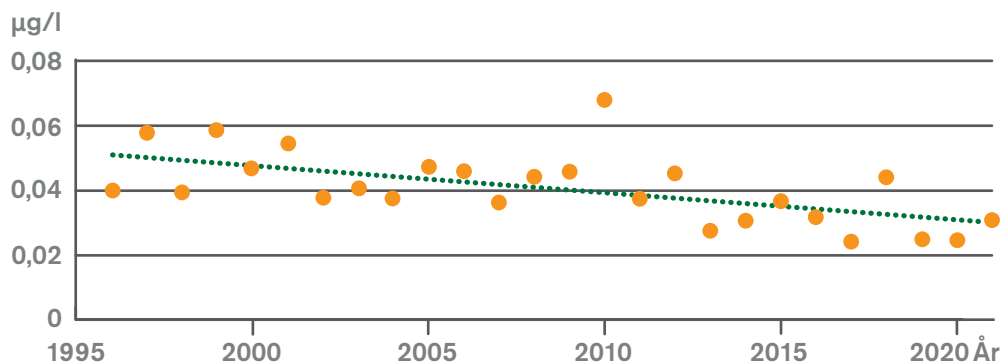
Halterna visar på en signifikant nedåtgående trend för bly. Det beror framför allt på förbudet 1995 av blyad bensin i Sverige och flera andra länder.

Bly i Ljusnan Funäsdalen



Figur 2. Halten bly (µg/l) i provstationen Ljusnan Funäsdalen, Härjedalens kommun, under åren 1996-2021 med mätningar en gång per månad. Resultaten visar på en signifikant nedåtgående trend (SLU Miljödata 2022).

Bly i Lilltjärnsbäcken

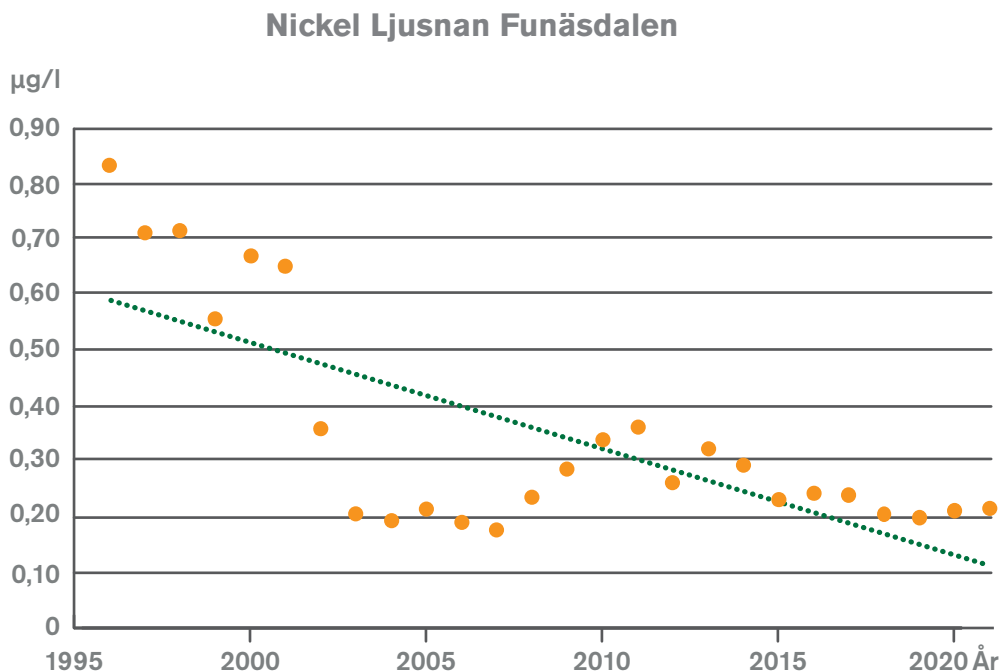


Figur 3. Halten bly (µg/l) i provstationen Lilltjärnsbäcken, Anjan, Åre kommun, under åren 1996-2021 med mätningar en gång per månad. Resultaten visar på en signifikant nedåtgående trend (SLU Miljödata 2022).

Halterna för respektive år är årsmedelvärden. Halterna av bly är låga i dessa provstationer, i synnerhet Lilltjärnsbäcken, och är långt under gränsvärdet inom vattenförvaltningen som är på 1,2 µg/l.

Nickel

Halterna av nickel är låga i dessa provstationer och är långt under gränsvärdet inom vattenförvaltningen som är på 4 µg/l. De visar även på en signifikant nedåtgående trend över åren.



Figur 4. Halterna nickel (µg/l) i provstationen Ljusnan, Funäsdalen, Härjedalens kommun, under åren 1996-2021 med mätningar en gång per månad. Resultaten visar på en signifikant nedåtgående trend (SLU Miljödata 2022).

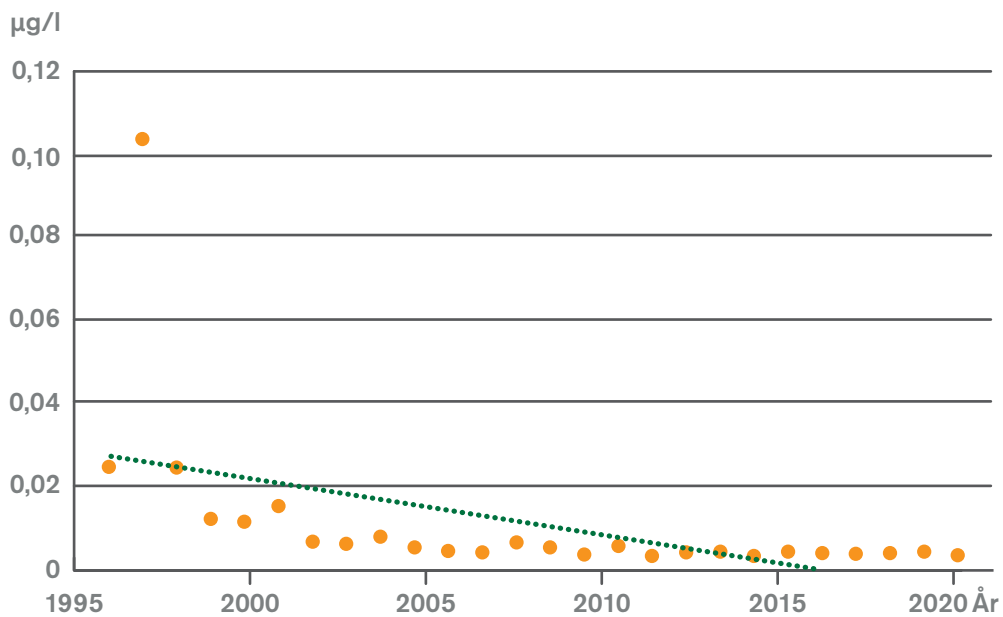
Kadmium

Halterna för respektive år är årsmedelvärden och är låga för dessa provstationer. De är långt under gränsvärdet inom vattenförvaltningen som varierar mellan 0,08-0,25 µg/l beroende på hårdhetsklass (halten kalciumkarbonat) i aktuellt vatten. De visar även på en signifikant nedåtgående trend över åren.

Högfluorerade ämnen

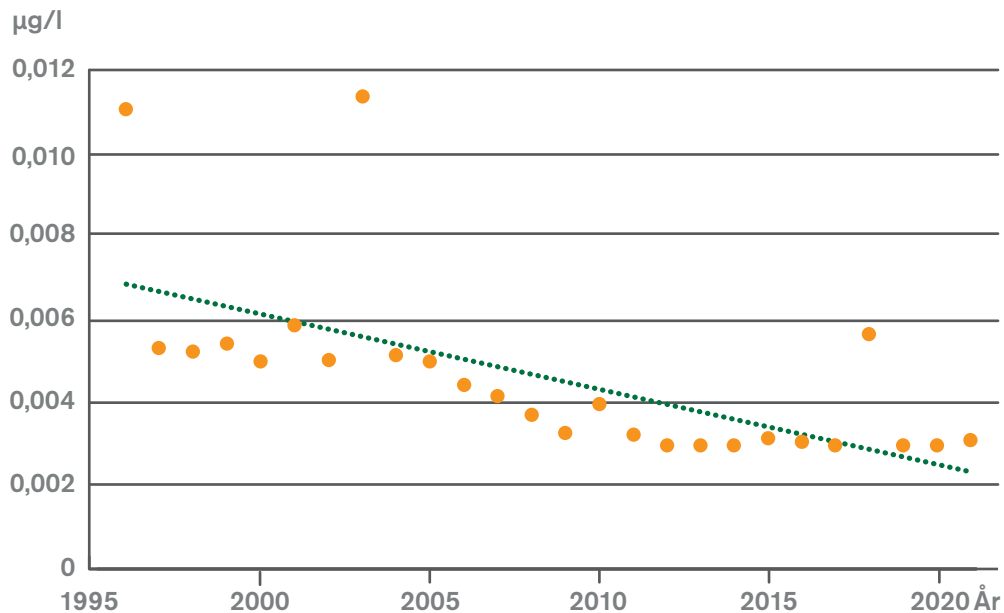
Högfluorerade ämnen, PFAS, har analyserats i ytvatten från ett fåtal platser inom fjällområdet. Halterna av PFAS är låga och underskrider gränsen för vad som är möjligt att analysera. Ett av dessa tusentals högfluorerade ämnen heter PFOS och gränsvärdet för ämnet är på 0,65 ng/l i vattenförvaltningen. Det underskrids på alla dessa provplatser. Det finns dock områden där PFAS uppmätts i förhöjda halter i mark och grundvatten, exempelvis vid Undersåkers brandövningsplats. Inga förhöjda halter har dock påträffats i ytvattnet i närområdet.

Kadmium i Ljusnan Funäsdalen

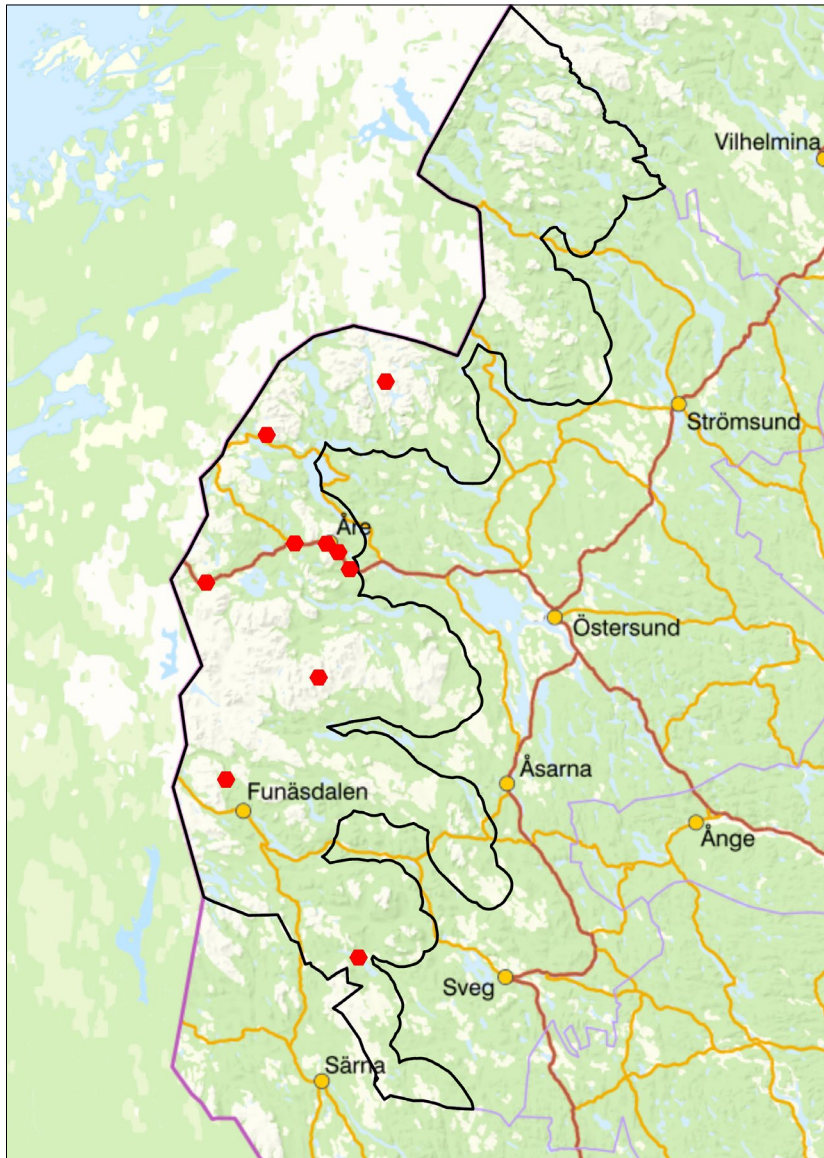


Figur 5. Halterna kadmium ($\mu\text{g/l}$) i provstationen Ljusnan, Funäsdalen, Härjedalens kommun, under åren 1996-2021 med mätningar en gång per månad. Resultaten visar på en signifikant nedåtgående trend (SLU Miljödata 2022).

Kadmium i Lilltjärnsbäcken



Figur 6. Halten kadmium ($\mu\text{g/l}$) i provstationen Lilltjärnsbäcken, Åre kommun, under åren 1996-2021 (SLU Miljödata 2022).



Figur 7. Områden i fjällområdet där Länsstyrelsen tagit ytvattenprov för analys av PFAS (SGU 2022).

Bristanalys

Kunskapsunderlaget om organiska miljögifter i ytvatten i fjällmiljön är allt för begränsat för att långtgående slutsatser ska kunna dras på regional nivå. För tungmetaller är underlaget bättre beroende på regelbundna provtagningar vilket ger möjlighet att se trender över tid för några platser. Samtidigt är det få provplatser i förhållande till fjällområdets stora yta.

Referenser

SLU Miljödata 2022. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Datavärdskap sjöar och vattendrag, samt Datavärdskap jordbruksmark, <https://miljodata.slu.se/mvm/>.

Sveriges vattenmiljö. <https://www.sverigesvattenmiljo.se/>.

SGU 2022. Datavärdskap för miljögifter, Sveriges Geologiska Undersökning. <https://www.sgu.se>

FAKTABLAD

Miljögifter i fisk

Bakgrund

Miljögifter är ämnen som kan ha en skadlig inverkan på miljön och människors hälsa. Deras egenskaper kan variera men de kan vara giftiga, långlivade och tas upp av levande organismer. Miljögifter kan vara både organiska ämnen som exempelvis PCB, dioxiner och PFAS eller oorganiska ämnen som tungmetaller, exempelvis kvicksilver och arsenik. Negativa effekter av miljögifter kan vara antingen direkt akuta eller mer långsiktiga beroende på ämnenas egenskaper och hur länge utsläpp och spridning har skett.

Mätningar av miljögifter i fisk indikerar hur stor miljögiftsbelastningen till vattenmiljön är och speciellt den del som tas upp av växter och djur. Jämfört med ett fåtal vattenprover ger mätningar i fisk ett mått på belastningen över tid och nivåerna motsvarar området fisken har rört sig i. Med anledning av detta har miljögiftsövervakning i vattenmiljöer med fördel inriktats mot fisk. Gränsvärden i biota (levande organismer) har tagits fram för några ämnen för bedömning av miljökvalitet, och då huvudsakligen för fisk. Även gränsvärden för fisk som livsmedel har tagits fram för några ämnen. Detta gör att halterna av dessa ämnen i fisk går att relatera till gränsvärden. Dock saknas ännu gränsvärden och bedömningsgrunder för många miljögifter.

Data och metod

Länsstyrelsen undersöker halterna av flera miljögifter i olika sjöar och vattendrag i länet inom den regionala miljöövervakningen. Antalet områden och analyserade ämnen har generellt ökat med åren och de flesta undersökningar har gjorts av Länsstyrelsen efter 2002. Även flera andra aktörer, bland annat kommuner, fiskevårdsområden och universitet, har också analyserat miljögifter i fisk i länet.

Det är oftast röding men även öring som analyserats i fjällområdet. I några enstaka sjöar har även gädda, abborre eller sik analyserats.

Vilka ämnen som analyserats har varierat genom åren. År 1999 genomförde Länsstyrelsen en undersökning av fisk från ett större geografiskt område avseende tungmetaller, PCB och cesium (Länsstyrelsen Jämtlands län 2000). Senare undersökningar från 2002 har omfattat fler organiska miljögifter som bromerade flamskyddsmedel, klorerade bekämpningsmedel, dioxiner, högfluorerade ämnen (PFAS) med flera. För aktuella platser se kartan i figur 1.

Inom den nationella miljöövervakningen, som Naturvårdsverket ansvarar för, sker årligen analyser av miljögifter av röding från Stor-Björnsjön som ligger nära den norska gränsen i Åre kommun. I övriga områden har analyser av miljögifter oftast bara skett en gång.



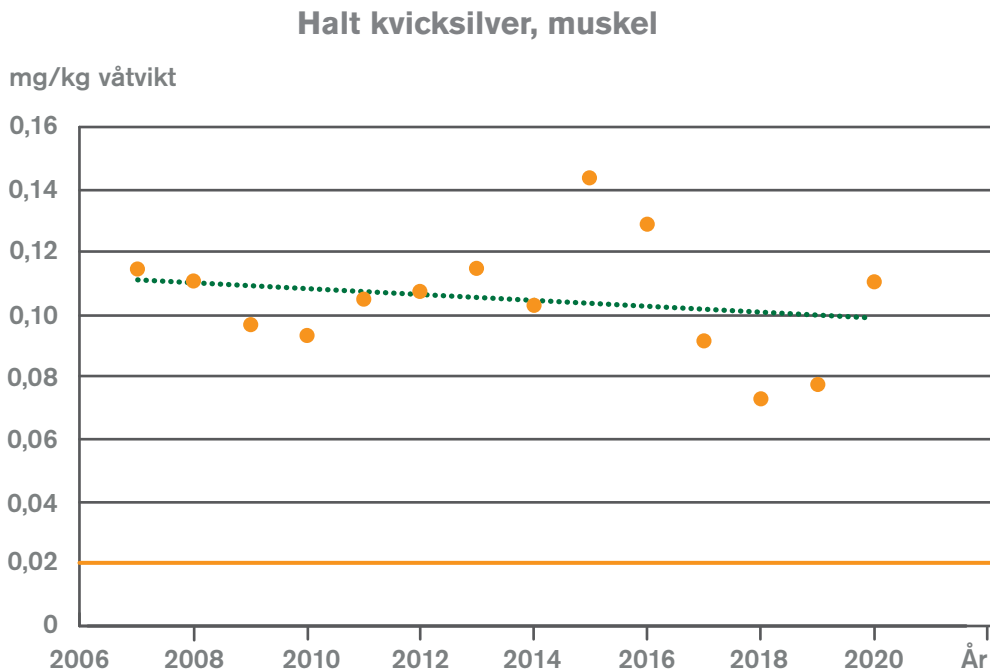
Figur 1. Karta över samtliga provplatser där provtagning av tungmetaller skett enligt utdrag från Sveriges Lantbruksuniversitets databas Miljödata 2022.

Tillstånd

Det är generellt låga halter av miljögifter i fisk för fjällområdet i Jämtlands län och de underskrider aktuella gränsvärden med marginal. Däremot är halterna av kvicksilver och bromerade flamskyddsmedel (polybromerade difenyletrar, PBDE) förhöjda. Detta gäller även för alla Sveriges undersökta sjöar, vattendrag och kustvatten. Det beror på att utsläpp av dessa ämnen har skett under lång tid i både Sverige och utomlands. Utsläppen har lett till långväga luftburen spridning och storskaligt atmosfäriskt nedfall av dessa ämnen. Såväl fossila bränslen, biobränslen samt avfall innehåller kvicksilver vilket frigörs och släpps ut i luften vid förbränning. Utsläppen har dock minskat kraftigt sedan 1990 i Sverige.

Halterna i fiskarna varierar bland annat med art och ålder för kvicksilver och även med fetthalten i fisken för vissa organiska ämnen.

I röding från Stor-Björnsjön, Åre kommun, har analyser av flera olika miljögifter skett sedan 2007. Omfattningen av olika ämnen har varierat olika år. Nedan visas exempel för kvicksilver, PFAS och HCB.

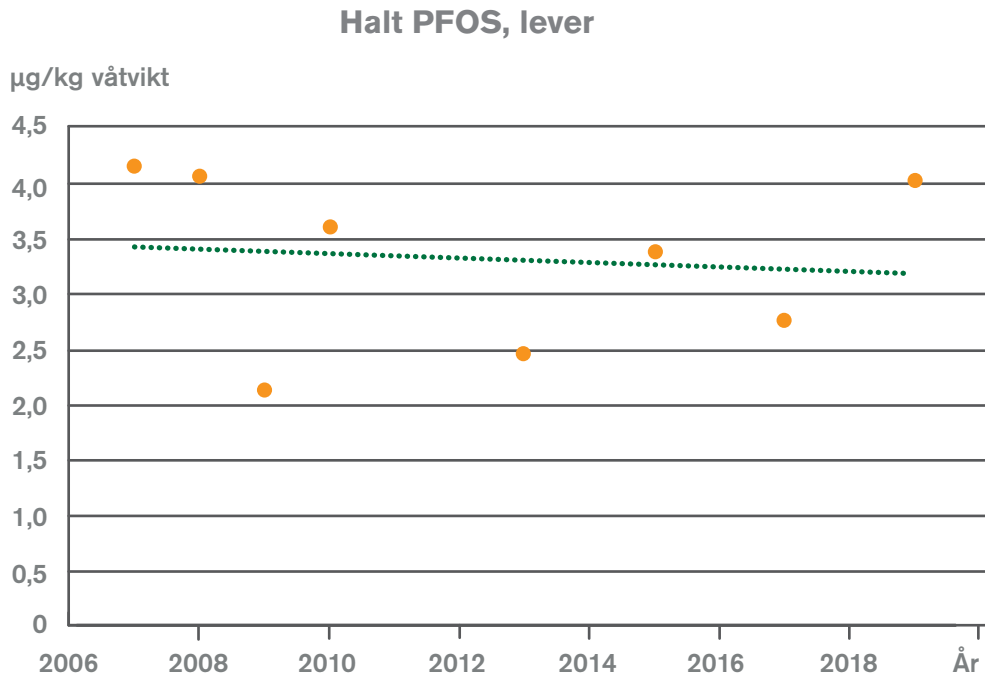


Figur 2 Medianhalt kvicksilver i muskel i röding från Stor-Björnsjön mellan 2007-2020. Den orangea linjen markerar miljö kvalitetsnormen (SGU 2022).

Analys av kvicksilver har skett årligen på muskel från 10 enskilda fiskar mellan 2007-2020. I figur 2 ovan visas medianhalten i dessa för respektive år.

Miljö kvalitetsnormen, det vill säga EU-gränsvärdet inom vattenförvaltningen, ligger på 0,02 mg/kg våtvikt i muskel och är markerad med en röd linje. Detta överskrids tydligt. Halterna ligger över gränsvärdet men trenden över tid tyder på att de är svagt minskande. Halterna ligger långt under EU-gränsvärdet för fisk som livsmedel, vilket är på 0,5 mg/kg våtvikt.

PFOS är ett av alla de cirka 10 000 olika högfluorerade ämnen som kallas PFAS. De förekommer i många olika typer av material och sprids lätt, även i atmosfären. PFOS har analyserats i lever i röding åren 2007-2010 samt 2013 och 2015. Analyserna har skett på samlingsprov från 10-12 fiskar för respektive år.

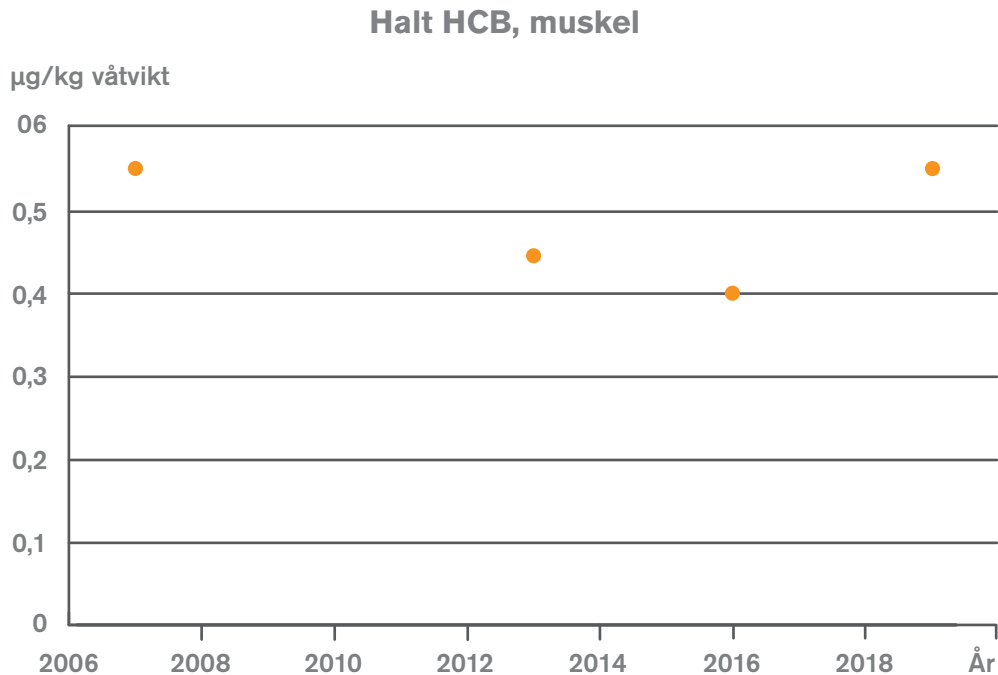


Figur 3 Halt PFOS (µg/kg våtvikt) i lever i röding från Stor-Björnsjön åren 2007-2010 samt 2013, 2015, 2017 och 2019 (SGU 2022).

Det högsta värdet är 4,16 µg/kg våtvikt år 2007 och senare värden tyder på en svagt minskande trend över tid. Det senaste värdet 2019 var dock på 4,02 µg/kg våtvikt och i nivå med värdet 2007. Halterna är låga i jämförelse med värdet på 153 µg/kg våtvikt som används inom vattenförvaltningen för PFOS i fisklever. Detta är ett omräknat värde som bedöms motsvara föreskrifternas gränsvärde på 9,1 µg/kg i fiskmuskel (Soerensen et al., 2022).

Ämnet HCB, hexaklorbensen, är ett ämne som tidigare har tillverkats och använts främst som bekämpningsmedel mot svampangrepp inom jordbruket. Det kan även bildas oavsiktligt vid förbränning, samt i industriprocesser. Tidigare var kemiindustrin den enskilt största källan till utsläpp av ämnet till luft i Sverige men kemiindustrins utsläpp har minskat kraftigt sedan 1990.

Hexaklorbensen (HCB) har analyserats i muskel i röding vid fyra tillfällen: 2007, 2013, 2016 och 2019. Analyserna har skett på samlingsprov från 10-12 fiskar för respektive år.



Figur 4. Halt HCB i µg/kg våtvikt efter fettnormalisering till 5% i muskel i röding från Stor-Björnsjön åren 2007, 2013, 2016 och 2019 (SGU 2022).

De högsta halterna var 2007 och 2019 på vardera 0,55 µg/kg våtvikt efter fettnormalisering till 5%. Denna fettnormalisering görs för att kunna jämföra halterna mot gränsvärdet på 10 µg/kg våtvikt fiskmuskel inom vattenförvaltningen, vilket underskrids kraftigt. Antalet värden är mycket få och därmed är underlaget för osäkert för att kunna se någon eventuell trend. Men de värden som uppmätts skulle kunna tyda på en trend med minskande halter.

Klimat

Klimatscenarioen anger att nederbörden kommer öka i fjällen, även om det hittills inte har observerats i länets fjällområde. Om det skulle ske framöver skulle det kunna leda till en större våtdeposition av luftburna föroreningar samt mer markerosion som transporterar mer föroreningar till sjöar och vattendrag.

Ett varmare klimat innebär också att glaciärerna vid Sylarna och Helags smälter. I dessa har under en längre tid olika luftburna miljögifter ansamlats och det smältvatten som rinner av till närliggande sjöar och vattendrag kan bidra med extra tillskott av miljögifter (Grannas m. fl. 2013).

Fler värmeböljor kan också leda till fler skogsbränder som orsakar att dioxiner och PAH:er (polycykliska aromatiska kolväten) bildas och sprids långväga, bland annat till fjällen. Detta skulle i sin tur kunna innebära att mer miljögifter blir tillgängliga för upptag i fisk.

Samtidigt kommer varmare klimat med mer produktion i näringsfattiga fjällvatten leda till mer biomassa som miljögifterna kan fördela sig på. Detta skulle på sikt kunna innebära en utspädning till lägre halter i fisken. För kvicksilver skulle högre temperaturer i vattenområden och översvämmande skogs- och våtmarker kunna

leda till en initialt ökad metylering av kvicksilver, det vill säga bildning av organiskt kvicksilver som är den form av kvicksilver som lätt tas upp i näringsväven och fisk. Detta skulle därmed innebära högre halter av kvicksilver i fisk.

Vad summan blir av olika förändringarna i fjällmiljön är svårt att förutspå och det råder osäkerhet om halterna av miljögifter i fjällmiljön framöver kommer öka eller minska. Det kan även vara olika utveckling för olika ämnen då både egenskaper och källor skiljer sig åt.

Bristanalys

Det är endast en provplats inom länets fjällområde som kontinuerligt fiskas och analyseras avseende miljögifter. Vilket ger ett litet underlag för att kunna dra generella slutsatser avseende länets fjällmiljö.

Referenser

Grannas, A. M., Bogdal, C., Hageman, K. J., Halsall, C., Harner, T., Hung, H., Kallenborn, R., Kl'án, P., Kl'anov'a, J., Macdonald, R. W., Meyer, T. & Wania, F. 2013. The role of the global cryosphere in the fate of organic contaminants. *Atmospheric Chemistry and Physics* Volym 13, pp. 3271–3305.

Länsstyrelsen Jämtlands län 2000. Inventering av tungmetaller, PCB och cesium i fisk inom Jämtlands län 1999. Länsstyrelsen Jämtlands län, avdelningen för miljö och fiske, rapport februari 2000.

SGU 2022. Datavärdskap för miljögifter, Sveriges Geologiska Undersökning. <https://www.sgu.se/produkter-och-tjanster/nationella-datavardskap/datavardskap-for-miljogifter/>

Soerensen, A., Faxneld, S. & Sköld, M. 2022. Converting environmental quality standards for evaluation of fish contaminant monitoring data – tissue conversion factors for mercury, cadmium, lead and selected PFASs. *Naturhistoriska riksmuseet rapport 1:2022*.

FAKTABLAD

Främmande arter

Bakgrund

Främmande arter är djur eller växter som kommit till Sverige med hjälp av människor, avsiktligt eller oavsiktligt. En del av de här arterna trivs väldigt bra i sin nya miljö. Så bra att de kan föröka sig kraftigt och därigenom påverka den biologiska mångfalden och ibland även ställa till problem för mänsklig aktivitet. Dessa arter brukar kallas för invasiva främmande arter eller invasiva arter. Hur pass problematisk en art är bestäms av ett poängsystem där man bedömer olika faktorer utifrån invasivitet (förökningsförmåga, anpassningsbarhet med mera) och ekologisk påverkan.

EU har listat ett antal arter som bedöms som extra viktiga att övervaka. Dessa arter har lagar kopplade till sig för att hindra spridning. Det finns även många andra främmande arter som kan vara potentiellt sett problematiska för olika ekosystem i Sverige. Det kan man bedöma utifrån vilken spridning de har och vilken riskklassning Artdatabanken gett dem i ovan nämnda poängsystem.

Fjällmiljön anses allmänt som den minst människopåverkade miljön i vårt land. Eftersom främmande arter introduceras genom mänsklig aktivitet och ofta sprids med människor tillhör fjällen än så länge de av främmande arter minst påverkade ekosystemen i vårt land.

Fjällen har även med sin krävande livsmiljö sannolikt ett naturligt skydd mot många främmande arter. De arter som kan hantera livsmiljön har dock få konkurrenter och kan potentiellt sett snabbt etablera sig.

Data och metod

Kunskapen om främmande arters utbredning i Jämtlandsfjällen baseras idag främst på Artportalen, där både privatpersoner och myndigheter kan rapportera fynd. Länsstyrelsen har även genom riktade inventeringar börjat utreda spridningen av främmande arter i länet. Resultatet av dessa inventeringar publiceras också på Artportalen.

Naturvårdsverket ansvarar för landlevande arter och Havs- och Vattenmyndigheten för vattenlevande.

Tillstånd

Främmande arter med rapporterad förekomst i fjällen 2021:

EU-LISTADE FRÄMMANDE ARTER

- Tromsöloka
- Jätteloka
- Signalkräfta

FRÄMMANDE ARTER POTENTIELLT SETT PROBLEMATISKA I SVERIGE

- Blomsterlupin
- Sandlupin
- Vattenpest
- Mink
- Fälthare
- Bäckeröding
- Kanadaröding

Arter som jätteloka, tromsöloka och kanadaröding är utsatta för reduceringsåtgärder i dagsläget. Exempelvis reduceringsfiskas det på kanadaröding i Ånnsjön och det har grävts upp tromsöloka i Blåsjöfjällen. Ett fåtal lokala åtgärder mot blomsterlupin har förekommit, bland annat i Tännadalen.

Länsstyrelsen samlar in kunskap om utbredning, pågående spridning och lämpliga åtgärder för samtliga ovan nämnda arter.

Tyvärr är utsikterna att få bort främmande arter som etablerat sig över större områden ganska små. Det är därför viktigt att hålla nere bestånden, minska spridning samt nyetablering.

Klimat

Sverige är genom sitt nordliga läge relativt förskonat från främmande arter globalt sett. Fjällen i ännu högre utsträckning av samma anledning. I och med att temperaturerna stiger och klimatet blir mer gynnsamt ökar dock risken för spridning och nyetablering av främmande arter, så även i fjällmiljön.

Lupinerna och lokorna är troligen de landlevande arter som först gynnas och ges möjlighet till expansion utifrån ett varmare klimat då de redan finns i fjällmiljö/fjällnära miljö i Jämtland/Härjedalen. Även fältharen skulle kunna gynnas av klimatförändring i fjällmiljön.

Jätteslide och kanadensiskt gullris är möjliga dörrknackare till den jämtländska fjällvärlden utifrån vilka växtplatser de har i sin ursprungsmiljö, dessa finns dock idag endast i centrala Jämtland och stannar förhoppningsvis där.

De redan etablerade vattenarterna påverkas på olika sätt av ökande vattentemperaturer.

Vattenpest gillar klara, näringsrika vatten och gynnas troligen av en temperaturökning. Om en temperaturökning även innebär ökad grumlighet, ökad igenväxning av andra växter med mera, kan prognosen bli mer svårförutsägbar.

Smal vattenpest finns idag inte rapporterad i Jämtlands län men kan också lätt spridas till fjällvatten med mänsklig hjälp om oturen är framme. Den gynnas sannolikt också av varmare vattentemperaturer än idag.

Bäckröding får eventuellt en konkurrensfördel gentemot den inhemska öringen vid en temperaturökning i vattnet, då den har en något högre trivseltemperatur än öring.

Kanadarödingen gynnas knappast av en temperaturökning då den föredrar kalla, djupa vatten.

De bestånd av signalkräfta som finns i fjällnära sjöar påverkas positivt av en ökande vattentemperatur.

Bristanalys

Mycket av underlaget för främmande arter bygger på allmänhetens inrapporteringar via Artportalen. Utredning av utbredning och spridning pågår för några av arterna. Bland annat har det inventerats lokor, lupiner, signalkräfta och vattenväxter under 2021. Fjällområdet är dock fortfarande till stora delar inte inventerat, och allmänhetens tips är viktiga.

Referenser

Artdatabanken. www.artdatabanken.se

Artportalen. www.artportalen.se

Havs- och Vattenmyndigheten. www.havochvatten.se

Invasiva främmande arter, Länsstyrelsen Jämtlands län. www.lansstyrelsen.se

Naturvårdsverket. www.naturvardsverket.se

FAKTABLAD

Glaciärer

Bakgrund

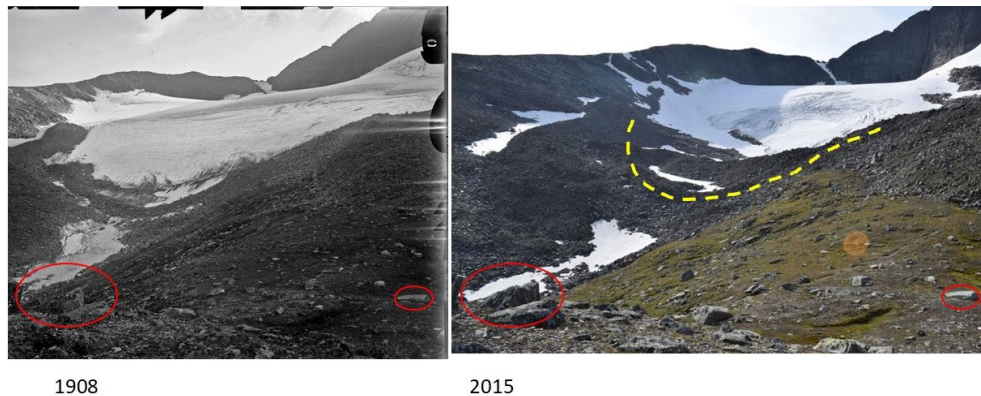
I Jämtlands län finns landets sydligaste glaciärer. De är relativt små och ligger i dalar vända mot öster där stora mängder snö samlas under vintern. De två största är Helagsglaciären och Sylglaciären. Glaciärer bildas när snön inte smälter undan på sommaren utan den nya snön lägger sig ovanpå och snölagret växer i tjocklek. Snöns struktur förändras med tiden och övergår till tätt packad snö och så småningom till glaciäris. Detta är en process som tar århundraden att utvecklas. Eftersom glaciärerna ofta ligger på sluttningar glider sakta isen neråt och ny tillväxt sker på glaciärens högre delar.

Data och metod

En noggrann kartering av glaciärerna vid Helags och Sylarna skedde 1908. Dokumentationen är grundläggande med noggranna beskrivningar i form av kartor och fotografier. Vid samma tid dokumenterades även flera andra glaciärer i Sverige. Arbetena redovisades vid en internationell geologkongress i Stockholm 1910 och finns även publicerade. Flera andra beskrivningar finns från det senaste seklet i såväl kartor som fotografier. Bland annat på 1960-talet av SGU, Sveriges Geologiska undersökning. Det finns även löpande fotodokumentation av olika forskare löpande fram till idag.

Tillstånd

Sedan slutet av den så kallade "lilla istiden" som varade fram till cirka 1850 har glaciärerna minskat avsevärt i storlek. Under perioden från början av 1900 till 1960-talet beskrivs avsmältningen som kraftig, framför allt under 1930-talet (Lundqvist 1969). I en studie av flygbilder har Helagsglaciärens yta har minskat med 44 procent från början av 1900-talet till 2008 (Hamre 2015). Sett ur ett längre perspektiv har glaciärerna varit helt borta och är inte en rest av istiden. När en glaciär tinar bort kan fynd av trädrester påträffas på marken. Fynd av rester från björk, gran och tall vid Sylarna och Helags har genom kol-14 metodik kunnat åldersbestämmas och de flesta är mellan 9500 – 7500 år gamla. Äldst är ett fynd av tall vid Helags som var 13 145 år gammalt. Fyndet visar att området varit täckt av skog vid denna tid och att några glaciärer inte fanns på dessa platser (Kullman & Öberg 2019).



Figur 1. Foto på Helagsglaciären från samma plats taget 1908 respektive 2015. Röda markeringar visar fasta hållpunkter mellan tillfällena. Den gula linjen är uppskattning av glaciärens utbredning 1908 (Foto: 1908 Fredrik Enquist, 2015 Tomas Bergström)

Klimat

Glaciärers utveckling är en spegling av klimatet på platsen, kallare klimat med mindre avsmältning gör att isen växer över tiden. Varmare klimat gör att avsmältningen är större än tillväxten och glaciären minskar i storlek. I takt med ett varmare klimat kommer antagligen glaciärerna att minska i storlek i framtiden.

Bristanalys

De underlag som finns i form av fotografier och karteringar ger en uppfattning om glaciärens yta och utbredning över tid men ger inga exakta värden för den totala volymen. Även om bilder och karteringar inte är exakta är ändå förändringarna över längre tid så pass stora att det framträder tydligt. Det finns dock inte underlag eller information som gör att glaciärernas utveckling mellan enskilda år går att uttala sig om.

Referenser

Svenska glaciärer, Bolin Centre Database (su.se). <https://bolin.su.se/data/svenskaglaciarer/>

Hamré, M. 2015. Mapping glacier change in Sweden between the end of 'Little Ice Age' and 2008 with orthophotos and a Digital Elevation Model. Master Thesis. Stockholms universitet.

Kullman, L. & Öberg, L. 2019. Smältande glaciärer – forna tiders klimat, träd och skogar. Stockholm. Books on Demand.

Lundqvist, J. 1969. Beskrivning till Jordartskarta över Jämtlands län. Sveriges Geologiska undersökning.

SGU 1910. Die Gletscher Schwedens im Jahre 1908. Stockholm. Sveriges Geologiska Undersökning.

FAKTABLAD

Trädgräns i Jämtlandsfjällen

Bakgrund

Trädgränsen beskrivs som den i altitud högst växande trädindividen med en höjd över 2 m. Trädgränsen reagerar på förändringar i klimatet. Längs fjällkedjan utgörs dagens trädgräns av i huvudsak fjällbjörk med granens trädgräns cirka 50-100 m nedanför björkens. Tallens trädgräns ligger ytterligare 50-100 m nedanför granens beroende på var i fjällen man befinner sig. I områden med kontinentalt klimat och näringsfattig berggrund, som i Härjedalen, bildar tall trädgräns. På vissa lågfjäll som ligger öster om den egentliga fjällkedjan kan i stället antingen tall eller gran bilda trädgräns. Skogsgränsen är den gräns som sammanhängande skog bildar mot kalfjället. Den sammanfaller väl med +10°C-isotermen för medeltemperaturen i juli och den har visat sig reagera relativt trögt på förändringar i klimatet.

Trädens möjligheter att bilda grobara frön som sedan kan etablera sig som plantor styrs till stor del av temperaturen under juni till augusti. Ett förändrat klimat har således stort inflytande på trädgränsens läge. Samtidigt är även markens fuktighet och näringstillgång, snötillgång under vintern, exposition, interaktioner och konkurrens med andra arter liksom störningar, bete och tramp viktiga faktorer för trädens möjligheter att etablera sig.

Trädgränsernas läge i fjällen har förändrats sedan inlandsisen smälte undan för över 10 000 år sedan. Klimatet var initialt varmt, det fanns få glaciärer och vegetationshistoriska studier indikerar att björk och tall etablerades tidigt och bildade trädgränser. Små spridda populationer av gran fanns också. Trädgränsen låg då flera hundra meter ovanför den nuvarande trädgränsen. Förutom asp, rönn, sälg och al förekom även lärk, alm och lind i fjällnära skogsområden. Från 6500 fram till för 1200 år före nutid har klimatet blivit svalare och fuktigare, glaciärer har bildats, markerna har blivit surare och näringsfattigare, och de har successivt börjat användas av människan på ett mera påtagligt sätt. Detta har medfört att trädgränserna har förskjutits nedåt. För 1200 till 700 år före nutid var klimatet varmare och trädgränserna avancerade uppåt för att under den lilla Istiden, 700 till 150 år före nutid, sänkas igen då klimatet blev kallare.

Den globala uppvärmningen under 1900-talet har medfört att trädgränsen förskjutits uppåt än en gång. Observationer längs hela fjällkedjan av små trädplantor flera hundra meter ovanför dagens trädgräns bekräftar detta. Att trädgränsen är dynamisk och reagerar snabbt på förändrade klimatiska förhållanden kan användas som ett indirekt mått på den globala uppvärmningens effekt på trädens förmåga till fröföryngring och etablering i våra fjällområden. Samtidigt kan en enda snöfattig vinter med låga temperaturer och snödrev slå

ut många av dessa småträd. Man bör även vara medveten om att många andra faktorer också har betydelse för trädgränsens förändring och läge.

Data och metod

Jämtlands län har ett unikt historiskt material över trädgränsens förändringar för de senaste 100 åren genom en omfattande fotodokumentation och höjdmätning av de översta trädindividerna av fjällbjörk, gran och tall sedan 1915 på en rad lokaler i Jämtlandsfjällen. Det är en del av professor emeritus Leif Kullmans (Umeå universitet) unika trädgränsdata, för mer än 200 specifika lokaler i Jämtlands- och Härjedalsfjällen samt i Dalafjällen. Grunddata härrör från forskaren Harry Smiths undersökningar från åren omkring 1915. Leif Kullman har gjort uppföljande undersökningar av Harry Smiths trädgränslokaler sedan början av 1970-talet och fil. dr. Lisa Öberg har deltagit i undersökningarna sedan slutet av 1990-talet. Materialet finns publicerat, förutom i olika vetenskapliga tidskrifter, även i en rapport från Länsstyrelsen 2015.

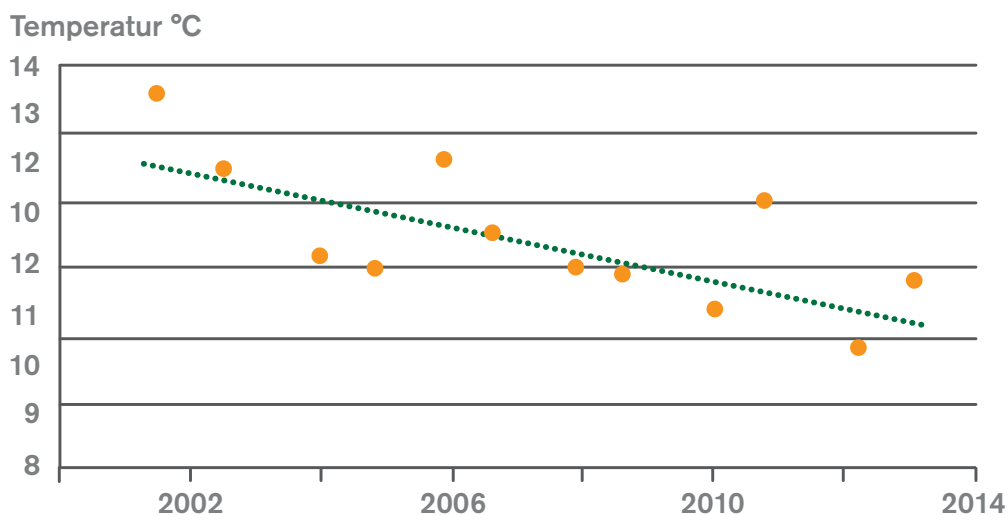
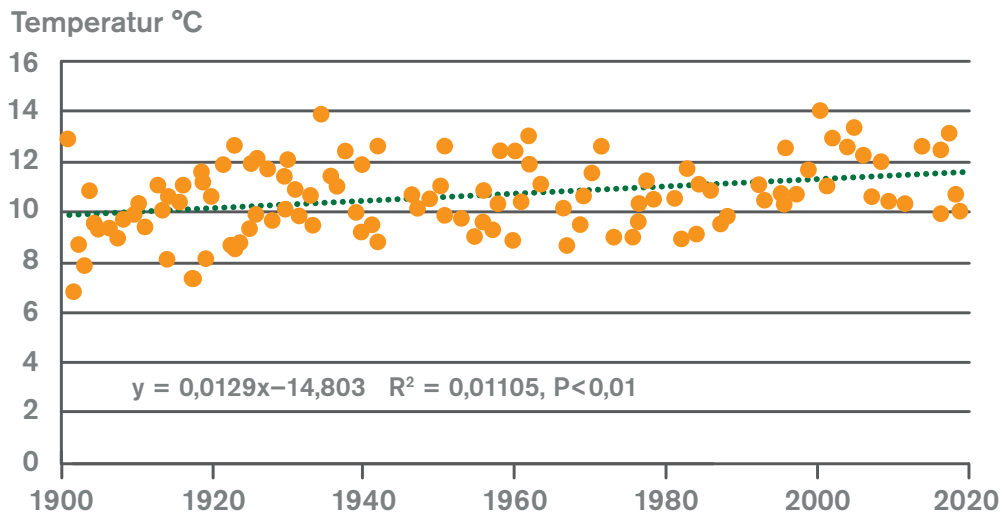
Tillstånd

Trädgränsen för fjällbjörk har avancerat i medeltal 102 m från 1915 till 2006-07 där den största ökningen skedde på Brattriet med 188 m, medan den avancerat minst på Gåsen med 30 m (Figur 1). Gran har i medeltal avancerat 94 m i höjddled, som mest med 190 m på Lillskarven och som minst 15 m på Brattriet. Tall avancerade i medeltal 48 m med den största ökningen på Brattriet med 120 m, men den hade även en nedgång med 35 m på Sonfjället och Kyrkstensskaftet.

En återinventering under 2010-13 visade inga förändringar i medeltal för trädgränsens förändring jämfört med den från 2006-07, antagligen för att tiden mellan inventeringarna var för kort. Trots det är det intressant att notera enstaka lokala avvikelser. Exempelvis avancerade björk med 35 m på Getryggen men gick tillbaka med 35 m på Småhamrarna. Gran ökade med 35 m på Sonfjället men hade i övrigt få förändringar. Tall avancerade med 70 m på Brattriet S men minskade med 5 m på Brattriet SV. Att så lite förändrats i trädgränsen för björk och gran under 2000-talet föreslås vara en lägre medeltemperatur i regionen under juni-augusti och för perioden 2002 till 2013 (Figur 2).

Klimat

Den observerade trenden att trädgränsen avancerar uppåt i höjddled under 1900-talet verkar ligga väl i linje med ett varmare klimat. Eftersom trädgränsen stigit med ungefär 100 m i höjddled under 1900-talet och medeltemperaturen under juni-augusti ökat med cirka 1,5°C (Figur 2) verkar den generella trädgränsförändringen väl avspegla temperaturhöjningen. Samtidigt finns det skillnader mellan olika lokaler och inom samma lokal som inte kan förklaras enbart utifrån ett varmare klimat. Klimatförändringen visar en tydlig trend i området även om vissa år eller kortare perioder avviker från mönstret. Värt att påpekas är att när mätningarna påbörjades i början av 1900-talet, var trädgränserna på sin lägsta nivå någonsin sedan senaste istiden för mer än 10 000 år sedan.



Figur 2. Medeltemperatur juni-augusti från klimatstationen Storlien-Visjövalen under perioden 1901–2017 (Kullman & Öberg 2018), samt under perioden 2002–2013 (Kullman & Öberg 2015).

Bristanalys

Studier av trädgränsförändringar bör fortsätta på de lokaler där de tidigare utförts. Det är ett unikt data som bör följas upp med samma metodik som tidigare för att få jämförbara resultat, men med bestämda tidsintervall.

Referenser

- Kullman, L. 2004. The changing face of the alpine world. *Global Change Newsletter*, 57: 12 - 15.
- Kullman, L. 2016. Fjällen, klimatet och människan – naturhistoria i skarven mellan två istider. *Svensk Botanisk Tidskrift* 110 (3 – 4); 132 – 272.
- Kullman, L. & Kjällgren, L. 2006. Holocene pine tree-line evolution in the Swedish Scandes: recent tree-line rise and climate change in the long-term perspective. *Boreas* 35: 159 – 168.
- Kullman, L. & Öberg, L. 2010. Post-Little Ice Age tree line rise and climate warming in the Swedish Scandes: a landscape ecological perspective. *Journal of Ecology* 97: 415 – 429.
- Kullman, L. & Öberg, L. 2015. Trädgräns i fjällen. Sammanställning och utvärdering av en metodstudie för klimatrelaterad miljöövervakning. Rapport från Länsstyrelsen i Jämtlands län.
- Kullman, L. & Öberg, L. 2018. Trädgränsprojektet i Jämtland – korttidstest (2013-2019) av känsligheten för varierande klimat. Rapport till Länsstyrelsen i Jämtlands län.
- Olofsson, J. et al. 2001. Reindeer influence on ecosystem processes in the tundra. *Oikos* 105: 386 - 396.
- Smith, H. 1920. Vegetationen och dess utvecklingshistoria i det centralsvenska högfjällsområdet. *Almqvist & Wiksells*, Uppsala.
- Öberg, L. 2008. Trädgränsen som indikator för ekologiska climateffekter i fjällen. Rapport från Länsstyrelsen i Jämtlands län.
- Östlund, L. et al. 2015. Intensive land use in the Swedish mountains between AD 800 and 1200 led to deforestation and ecosystem transformation with long lasting effects. *Ambio* 44 (6): 508 – 520.

FAKTABLAD

Dendroklimatologi i Jämtlandsfjällen

Björn Gunnarsson, Stockholms universitet, Institutionen för naturgeografi
Hans Linderholm, Göteborgs universitet, Institutionen för geovetenskaper

Bakgrund

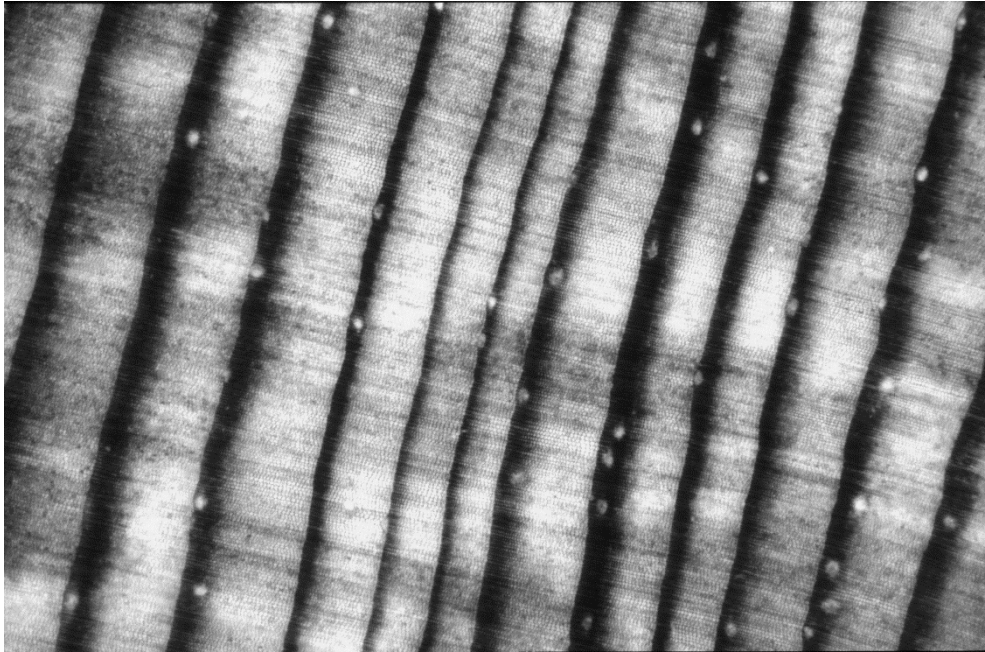
Studier av årsringar, så kallad dendrokronologi, från olika arter i fjällnära skogar kan ge långsiktig information om olika parametrar som påverkar trädens tillväxt. Eftersom träd reagerar snabbt på förändringar i tillväxtmiljön, kan förändringar i årsringarnas tillväxt användas för att datera till exempel laviner, skogsbränder eller insektsangrepp. Ett av de främsta användningsområdena för årsringar från träd i svenska fjällen är som klimatindikatorer. Tillväxten hos merparten av träd som växer naturligt är mer eller mindre påverkad av klimat och väder. Ju extremare ett träd växer, till exempel där det är väldigt varmt/kallt eller blött/torrt, desto mer påverkas de av klimatet under tillväxtsåsongen. I fjällen där tillväxtsåsongen oftast är kort och sval, begränsas tillväxten främst av temperatur. Därmed kan årsringarnas tjocklekar översättas till temperaturvariationer. Tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*) är de trädslag som har tydligast årsringar och som uppnår högst åldrar i fjällen. Normalt uppnår gamla tallar cirka 300 år. Men i vissa områden har träd med åldrar över 500 år och äldre påträffats (Figur 1A). Under vissa förutsättningar kan döda träd, främst barrträd, bevaras under mycket lång tid. Ett träd som ligger på ett torrt underlag eller blir övervuxet av mossor och ris kan bevaras över 1000 år (Figur 1B), medan ett träd som bäddas in i sediment i en fjällsjö kan bevaras i flera tusen år (Figur 1C). Genom att kombinera levande och gamla träd är det därmed möjligt att rekonstruera klimatet i fjällen långt tillbaka i tiden, innan människans påverkan blev tydlig. På grund av rikedom av gammelskog och gammalt dött material har Jämtlandsfjällen blivit en internationell nyckellokal för studier av klimatvariationer i det förgångna (Wilson m. fl. 2016; Anchukaitis m. fl. 2017; PAGES2k Consortium 2017; Neukom m. fl. 2019). Dessa studier har pågått i över 25 år.



Figur 1. A) Provtagning av en levande, månghundraårig tall med en tillväxtborr. B) Ett dött träd som bevarats på marken vid trädgränsen på Håckervalen. C) Subfossila stammar i Trolltjärnen, strax söder om Håckren.

Data och metod

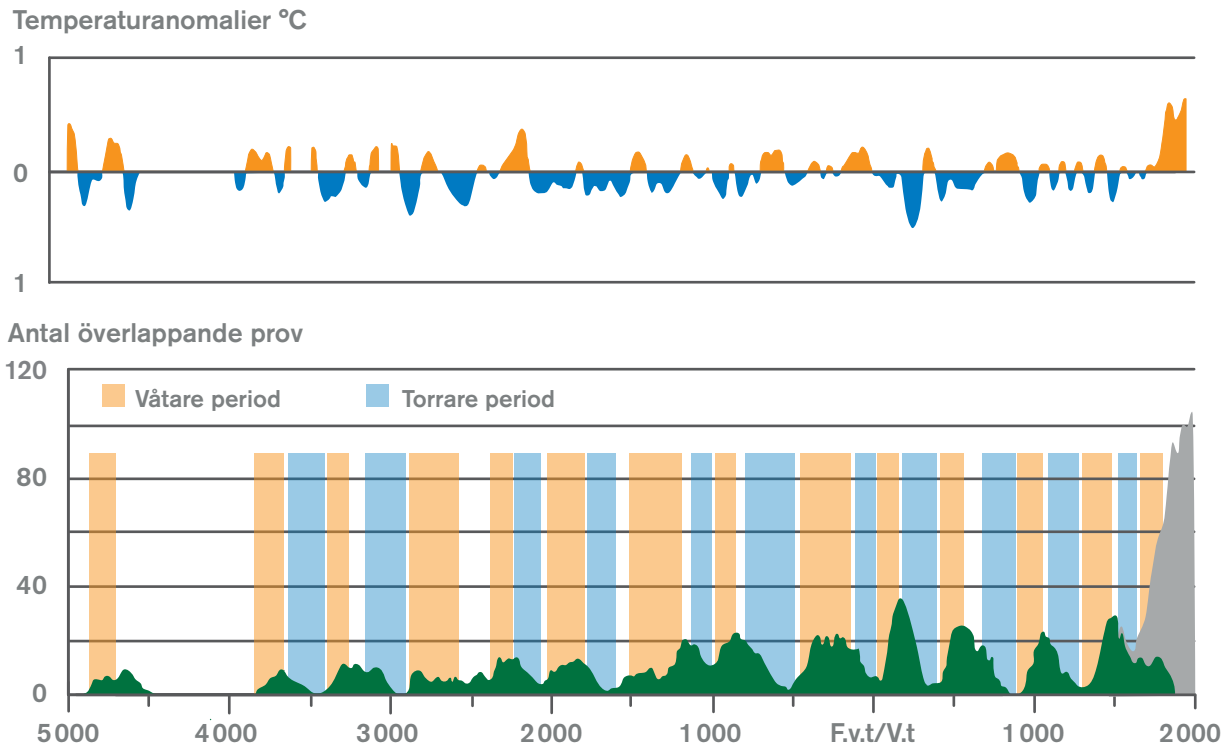
Det vanligaste sättet att få fram information från trädens årsringar är att mäta bredden på ringarna. Men det finns även andra sätt att mäta årsringsparametrar, som exempelvis densitet, blåljus (blue intensity, BI), isotoper eller vedanatomi. Oberoende av vilken parameter som mäts så består en årsring av en ljus och en mörk del. Den ljusa vårveden bildas tidigt på tillväxtsäsongen i form av stora och tunnväggiga celler. Den mörka höstveden byggs upp under betydligt längre tid och består av mindre, tjockväggiga celler (Figur 2). Nära sin utbredningsgräns, som i Jämtland är kopplat till trädgränsen, är träden som mest känsliga för variationer i temperaturen. En kall sommar bildas en tunn årsring och en varm sommar en tjock dito. Genom att räkna årsringarna på levande träd kan varje enskild ring dateras eftersom året då den yttersta ringen bildades är känt. Varje träd upplever sin omgivning individuellt som är beroende på tillgång till ljus, näringstillgång, konkurrens med andra träd etcetera. Det är dock den gemensamma signalen (för populationen) som är intressant så därför tas prover från många träd där medelvärdet representerar klimatet.



Figur 2. Närbild på årsringar från tall (Pinus sylvestris).

Från levande träd tas prover med en tillväxtborr, som ger ett tvärsnitt av tillväxten i trädet. Varje prov mäts med en precision av 1/100 mm, och mätserierna jämförs mellan många träd, så kallad korsdatering, för att säkerställa att alla ringar är mätta i samtliga prover. För att förstärka den gemensamma signalen för alla träd, till exempel klimatet, standardiseras de daterade trädringsserierna för att ta bort effekten av den biologiska ålderstrenden samt annan icke-relevant information. Sedan görs ett medel av mätserierna, en kronologi. För att förlänga en kronologi längre bakåt i tiden än de äldsta levande träden utnyttjas mätserier från döda träd, som genom korsdatering kan kopplas till de levande träden och därmed dateras. Genom att infoga trädringsdata från träd bevarade i sjöar (så kallat subfossilt material), kan kronologier förlängas betydligt längre tillbaka i tiden. Vid gynnsamma topografiska förutsättningar kan träd som växt nära strandkanten falla ner i sjöar och sjunka ner i sediment där de bevaras i den syrefattiga miljön. Bevaringsmöjligheterna är stora och under optimala förhållanden kan träd från olika generationer sträcka sig flera tusen år tillbaka i tiden i samma sjö. Under drygt 20 års tid har subfossilt material hämtats från fjällsjöar i Åre kommun. Den längsta kontinuerliga kronologin av tall från Jämtland sträcker sig cirka 3600 år tillbaka (Figur 3) och för gran till 115 f. Kr. (Rocha m. fl. 2021). Äldre material för tall hittas ända tillbaka till 4668 f. kr. men från vissa perioder saknas material (Figur 3).

Även om ett träds tillväxt främst är begränsad av en faktor, som temperatur vid trädgränsen i fjällen, så innehåller en årsring ofta mer information. Den starkaste kopplingen mellan tallens ringvidd och temperatur är under sommaren, från juni till augusti, och korrelationen är högst i juli. I en rekonstruktion av sommartemperaturen tillbaka till 1632 f. Kr. (Linderholm & Gunnarson 2005) kunde tallens ringvidd förklara cirka 40 procent av de observerade temperaturerna i juni-augusti. Den förhållandevis svaga kopplingen mellan tillväxt och temperatur kan bero på att även andra parametrar påverkar tillväxten, som till exempel nederbörd.



Figur 3. Övre kurvan visar anomalier från medelvärdet räknat över hela perioden. Orange visar varmare sommarklimat och blått kallare (juni-augusti). Kurvan är filterad för att visa 100-års fluktuationer. Nedre kurvan visar överlappande prov (grönt) under hela perioden (totalt användes 641 daterade prov). Grått visar antal levande träd. Färglagda (sand och ljusblått) fält är tolkningar av antal överlappande prov, germination samt mortalitet och fältstudier av närliggande torvmossor med torrperioder (se Gunnarson 2008 för detaljer).

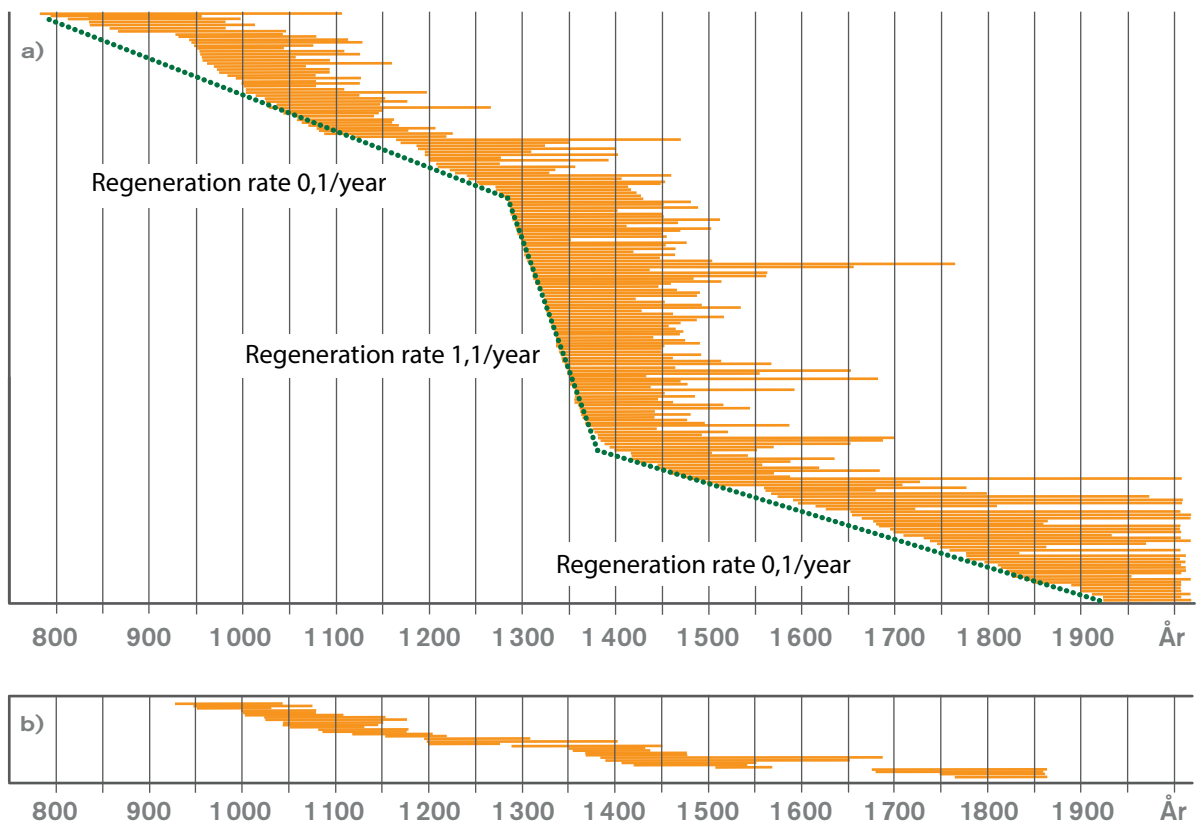
Genom att använda densitet och BI-information från träden är det möjligt att få fram en starkare temperatursignal för en längre säsong (Gunnarson m. fl. 2011; Björklund m. fl. 2015; Zhang m. fl. 2016). Rekonstruktioner baserade på densitetsdata från levande och dött material insamlat söder om Håckrenmagasinet visar på den unika och starka temperatursignalen i jämtländska tallar. Densitetsdata kan förklara 60 procent av de observerade variationerna i temperaturer under maj-september.

Jämtland utgör en av platserna där flera årsringsparametrar har använts och byggts, vilket är världsunikt ur ett dendrokronologiskt perspektiv. Jämtland har två flertusenåriga kronologier och utgör dessutom navet i en nord-sydlig transekt med kortare kronologier mellan Torneträsk och Grövelsjön (Grudd m. fl. 2002, Grudd 2008, McCaroll m. fl. 2013). Transekten medger spatiala och temporala jämförelser på det historiska klimatet och kan besvara frågor såsom om klimatförändringar äger rum överallt samtidigt.

Tolkning

Förutom rekonstruktioner av klimat, se nedan, ger provernas utbredning i tid och rum ytterligare intressant information. Perioder som särskilt varit gynnsamma för regeneration eller mortalitet kan tolkas utifrån mängden av material som hittas

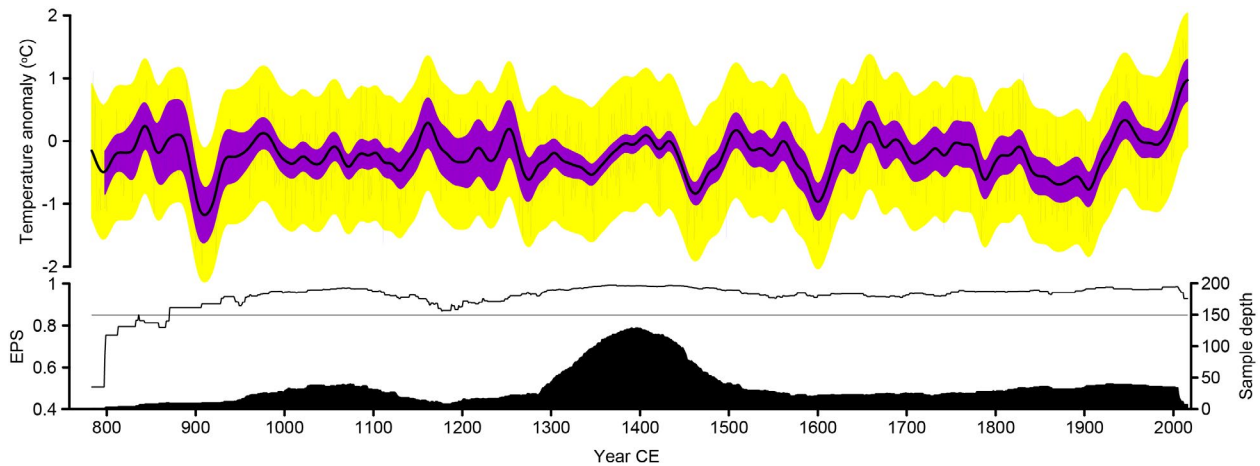
under olika perioder (Figur 3 och 4). Under de senaste 1000 åren utmärker sig perioden från 1290–1370 som en period av särskild lyckad regeneration (Figur 4) där den är 10 gånger så hög som perioderna före och efter. Provtagning av döda träd längs nordsluttningen på Håckervälen har visat på variationer i tallens trädgräns sedan 800-talet (Linderholm m. fl. 2014). Under två perioder, på 1000-talet och 1400-talet var den lokala trädgränsen upp till hundra meter högre än dagens. Dock är det tydligt att trädgränsen nu snabbt rör sig mot dessa nivåer.



Figur 4. Antal träd (levande och döda som ligger kvar på marken) som dateras genom korsdatering och deras regenerationsperioder (från Linderholm & Gunnarson 2019).

Klimat

Den moderna uppvärmningen från 1900-talets början och till nutid syns tydligt i rekonstruktionen och står klart ut i ett drygt tusenårigt perspektiv (Figur 5). Den första 100-150 åren av rekonstruktionen är något osäker på grund av begränsad mängd data. Från 1150–1250 ägde en något varmare period rum i Jämtland, som sammanfaller med den medeltida värmeperioden som gav ett gynnsamt klimat i flera områden på norra hemisfären, speciellt i landområdena kring Atlanten. Under denna period blev klimatet gynnsammare för jordbruk i några hundra år, och under denna tid koloniserades både Grönland och Island. Intressant är att värmeperioden tycks ta slut i samband med Salamas enorma vulkanutbrott år 1257, som tycks ha påverkat klimatet globalt. Det är ett faktum att det finns



Figur 5. Temperaturrekonstruktion april-september från Jämtland baserat på densitesförändringar. Anomalier i grader Celsius från medelvärde 1961–1990. Tunna linjer visar årlig variabilitet, tjock svart visar 30-års variationer. Lila och gul anger standardfel i kronologin samt i rekonstruktionen. Nedre kurva visar antal prov och gemensam styrka i kronologin (EPS, Expressed population signal). Från Linderholm & Gunnarson (2019).

ett tydligt samband mellan stora vulkanutbrott och negativa trädringsanomalier i Jämtland. De avkylande effekterna i klimatet är synbara i årsringarna flera år efter ett vulkanutbrott. Temperaturerna minskade under 1300-talet, och under denna period lämnades till exempel bosättningarna på Grönland. Temperaturen ökade något under 1400-talet, vilket sammanfaller med ökad trädgräns och stor mängd tillgängligt material. Den välkända kallperioden "lilla istiden" (1500–1850) framträder speciellt tydligt under slutet av 1400-talet och början av 1600-talet, följt av en återhämtning av temperaturer till 1600-talets mitt (Figur 5). En avtagande trend syns från början av 1700-talet till början av 1900-talet. En slutsats är att lilla istiden inte var en lång kontinuerlig kallperiod utan karakteriserades av fluktuationer mellan kalla och varma somrar.

Bristanalys

Inom klimatforskning används en mängd olika klimatindikatorer, såsom iskärnor, koraller, årsringar och historiska dokument, som inte är direkta observationer men ändå innehåller klimatinformation som hjälper oss förstå det historiska klimatet. Anledningen till intresset för historiskt klimat (så kallat paleoklimat) är främst att man vill förstå hur klimatet varierade under naturliga förhållanden. Detta är innan människan påverkade det, vilket började i ordentlig omfattning i samband med den industriella revolutionen. Under denna tid påbörjades även de systematiska observationerna av meteorologiska parametrar (temperatur, nederbörd, soltimmar, luftfuktighet), vilket innebär att dessa också är påverkade av människan. Klimatindikatorer har olika tidsupplösning (till exempel årlig eller 100-årig). När det gäller studier av klimatparametrar som uppvisar tydliga årliga variationer eftersträvas klimatindikatorer med så hög upplösning som möjligt. Årsringar används flitigt eftersom de har en årlig upplösning, vilken sammanfaller med meteorologiska observationer, och blir därigenom jämförbara med dessa. Årsringsdata har också en rumslig styrka då träd växer i stort sett över hela jorden, förutom i polarområdena

eller i öknar. Årsringsforskningen har därmed fördelen av att kunna använda nätverk av kronologier och därigenom kan rumsliga mönster studeras från lokala till globala. Att IPPC har fastslagit att temperaturen inte varit så höga under åtminstone de senaste 2000 åren är till stor del underbyggt med information från årsringar.

Det finns dock vissa brister med klimatinformationen från årsringar. Träd i tempererade områden växer bara under tillväxtsäsongen vilket innebär att främst klimatet under sommaren (ringvidd) eller en något längre period (densitet och BI, se ovan) kan rekonstrueras. Träd kan generellt inte bidra med information om vinterklimatet, men ringvidd från jämtländska tallar har utnyttjats till att rekonstruera vinternederbörd (Linderholm & Chen 2005). Andra årsringparametrar kan ge ytterligare information, där till exempel stabila isotoper kan ge information om solinstrålning och luftfuktighet (Seftigen m. fl. 2011), eller vedanatomi som kan ge detaljerad information om kortlivade händelser under tillväxtsäsongen (Edwards m. fl. 2022). Dock är dessa data kostsamma och tidskrävande att ta fram.

Referenser

- Anchukaitis, K. J., Wilson, R., Briffa, K. R., Büntgen, U., Cook, E. R., D'Arrigo, R., Davi, N., Esper, J., Frank, D., Gunnarson, B.E., Hegerl, G., Helama, S., Klesse, S., Krusic, P. J., Linderholm, H.W., Myglan, V., Osborn, T.J., Zhang, P., Rydval, M., Schneider, L., Schurer, A., Wiles, G., Zorita, E., 2017. Last millennium Northern Hemisphere summer temperatures from tree rings: Part II, spatially resolved reconstructions. *Quaternary Science Reviews* 163, 1-22.
- Björklund, J.A., Gunnarson, B.E., Krusic, P.J., Grudd, H., Josefsson, T., Östlund, L. & Linderholm H.W. 2013. Advances towards improved low-frequency tree-ring reconstructions, using an updated *Pinus sylvestris* L. MXD network from the Scandinavian Mountains. *Theoretical and applied climatology* 113, 697-710.
- Björklund, J.A., Gunnarson, B.E., Seftigen, K., Zhang, P. & Linderholm H.W. 2015: Using adjusted Blue Intensity data to attain high-quality summer temperature information - a case study from Central Scandinavia. *The Holocene* 25: 547-556. DOI:10.1177/0959683614562434.
- Edwards, J., Anchukaitis, K. J., Gunnarson, B.E., Pearson, C., Seftigen, K., von Arx, G. & Linderholm, H. W. 2022. The origin of tree-ring reconstructed summer cooling in northern Europe during the 18th century eruption of Laki. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 37, e2021PA004386. <https://doi.org/10.1029/2021PA004386>
- Gunnarson, B.E., Linderholm, H.W. & Moberg, A. 2011. Improving a tree-ring reconstruction from west-central Scandinavia - 900 years of warm-season temperatures. *Climate Dynamics* 36, 97-108.
- Grudd, H. 2008. Torneträsk tree-ring width and density AD 500–2004: A test of climatic sensitivity and a new 1500-year reconstruction of north Fennoscandian summers. *Climate Dynamics*, Vol. 31, pp. 843–857. <https://doi.org/10.1007/s00382-007-0358-2>
- Grudd, H., Briffa, K.R., Karle'n, W., Bartholin, T.S., Jones, P.D., Kromer, B. 2002. A 7400-year tree-ring chronology in northern Swedish Lapland: natural climatic variability expressed on annual to millennial timescales. *Holocene* 12:643–656.

- Linderholm, H.W. & Chen, D. 2005. Central Scandinavian winter precipitation variability during the past five centuries reconstructed from *Pinus sylvestris* tree rings. *Boreas* 34: 43-52.
- Linderholm, H. & Gunnarson, B. 2005. Summer temperature variability in central Scandinavian in the last 3600 years. *Geografiska Annaler* 87A (1): 231-241.
- Linderholm, H.W. & Gunnarson, B.E. 2019: Were medieval warm-season temperatures in Jämtland, central Scandinavian Mountains, lower than previously estimated? *Dendrochronologia* 57: 125607. DOI: 10.1016/j.dendro.2019.125607.
- Linderholm, H.W., Zhang, P., Gunnarson, B.E., Björklund, J., Farahat, E., Fuentes, M., Rocha, E., Salo, R., Seftigen, K., Stridbeck, P. & Liu, Y. 2014. Growth dynamics of tree-line and lake-shore Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the central Scandinavian Mountains during the Medieval Climate Anomaly and the early Little Ice Age. *Frontiers in Ecology and Evolution* 2: 20. DOI: 10.3389/fevo.2014.00020.
- McCarroll, D., Loader, N.J., Jalkanen, R., Gagen, M.H., Grudd, H., Gunnarson, B.E., Kirchhefer, A., Friedrich, M., Linderholm, H.W., Lindholm, M., Boettger, T., Los, A.O., Remmele, S., Kononov, Y.M., Yamazaki, Y.H., Young, G.H.F. & Zorita, E.A. 2013. 1200-year multi-proxy record of tree growth and summer temperature at the northern pine forest limit of Europe. *Holocene* 23, 471-484.
- Neukom, R., Steiger, N., Gómez-Navarro, J.J. et al. 2019. No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era. *Nature* 571, 550–554. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1401-2>.
- PAGES2k Consortium 2017. A global multiproxy database for temperature reconstructions of the Common Era. *Scientific data* 4.
- Seftigen, K., Linderholm, H.W., Loader, N., Liu, Y. & Young, G.H.F. 2011. The influence of climate on $\delta^{13}C/\delta^{12}C$ and $\delta^{18}O/\delta^{16}O$ ratios in tree ring cellulose of *Pinus sylvestris* L. growing in the central Scandinavian Mountains. *Chemical Geology* 286: 84-93.
- Wilson, R., Anchukaitis K.J., Briffa, K., Büntgen, U., Cook, E.R., D'Arrigo, R.D., Davi, N., Esper, J., Frank, D., Gunnarson, B.E., Hegerl, G., Klesse, S., Krusic, P.J., Linderholm, H., Myglan, V., Peng, Z., Rydval, M., Schneider, L., Schurer, A., Wiles, G. & Zorita, E., 2016. Last millennium Northern hemisphere summer temperatures from tree rings: Part I: the long term context, *Quaternary Science Reviews*, 134, 1-18, doi:10.1016/j.quascirev.2015.12.005.
- Zhang, P., Linderholm, H.W., Gunnarson, B.E., Björklund, J & Chen, D. 2016. 1200 years of warm-season temperature variability in central Fennoscandia inferred from tree-ring density. *Climate of the Past* 12: 1297-1312. DOI: 10.5194/cp-12-1297-2016.



Länsstyrelsen
Jämtlands län

Telefon: 010-225 30 00
jamtland@lansstyrelsen.se
www.lansstyrelsen.se/jamtland

TILLSAMMANS FÖR EN HÅLLBAR FRAMTID
