

ANDERS WILANDER

Svenska vatten återhämtar sig

- I över hälften av 82 svenska sjöar som följts sedan mitten av 1980-talet pågår en återhämtning från tidigare försurning.
- Sulfathalten i sjövattnen minskar dock inte lika mycket som nedfallet. Svavelföreningar finns nämligen lagrade i skogsmark, som läcker och fördröjer vattnens återhämtning.
- Beräkningar med en statisk modell visar att 17 procent av Sveriges sjöar var försurade år 1997. Om internationella överenskommelser följs kommer fortfarande 12 procent att vara försurade år 2010.
- De flesta försurade sjöar finns i landets sydvästra del. Så länge som nedfallet är betydande måste dessa områden fortsätta att kalkas.



Foto: Ian Pröjts



Foto: Henrik Lerner

Svenska vattendrag och sjöar håller på att tillfriskna från den tidigare försurningen. Men återhämtningen kan ta lång tid. Till vänster syns Krusån i Skåne, till höger Lilla Långsjön i Östergötland.

När FN:s första konferens om miljö hölls år 1972 i Stockholm, satte Sverige fokus på ett växande problem – försurningen. Hotet mot skogar, jordar, sjöar och vattendrag kom framförallt från svavel-föreningar (svaveldioxid), som bildas vid förbränning av fossila bränslen. Ett internationellt arbete inleddes för att minska utsläppen, och i Sverige märktes en förbättring nästan omedelbart. År 2000 hade landets svavelutsläpp sjunkit till en lika låg nivå som vid 1900-talets början. Men själva svavelnedfallet minskar inte lika snabbt, eftersom det mesta av svavelutsläppet över vårt land alltid har kommit från utlandet. Idag är nedfallet i Mellansverige fortfarande ungefär lika stort som på 1950-talet. Dock minskar försurningen av sjöar och vattendrag, och en tillfriskning är i full gång. I detta nummer av Fakta skog beskrivs den kemiska och biologiska återhämtning som våra sjöar och vattendrag genomgår, och den roll som skogsmark och skogsbruk spelar.

Vad är utgångspunkten?

Återhämtning kan betraktas som ett ekosystems återgång från ett påverkat till ett opåverkat tillstånd. EU definierar det opåverkade tillståndet som ”det biologiska samhälle som kan förväntas vid minimal mänsklig påverkan”. När försurningen var som kraftigast kändes definitionen tydlig, men nu med ett avsevärt mindre nedfall börjar utma-

tabell 1. | Uppskattad tid mellan att gynnsamma vattenkemiska förhållanden uppnåtts och etablering av olika organismgrupper (AMBIO 2003).

| Organismslag | Lagerperiod, år |
|-------------------|-----------------|
| Alger | 1-2 |
| Ryggradslösa djur | 1-10 |
| Fisk | 2-10 |
| Djurplankton | >10 |

ningen. Ska det opåverkade tillståndet som åsyftas vara orört av människan, eller är utgångspunkten kanske det brukade landskap som fanns under 1800-talets mitt? Att frågan är komplicerad märks bland annat genom studier av kiselalger i sedimentproppar. De visar att det intensiva svedjebruket under 1800-talet bröt den naturliga försurning genom utlakning som pågått sedan istiden. Även 1900-talets omfattande överföring av äng och naturbetesmark till skog påverkar surhetsförhållandena i mark och vatten.

Kemisk återhämtning

Den kemiska utvecklingen i 82 svenska sjöar har följts sedan mitten av 1980-talet. Ett vattens kemiska återhämtning mäts genom att följa förändringar i sulfathalt, pH-värde och buffertkapacitet (dvs. alkalinitet och ANC; se Faktaruta 1).

Buffertkapaciteten mäter återhämtningen direkt; som jämförelse höjs inte exempelvis pH-värdet lika enhetligt av minskad syratillförsel. Buffertkapaciteten

tabell 2. | Svavelbudget i ton S/år för Sverige (för år 1979 från Odén). När svaveldepositionen var som störst var skillnaden liten mellan kvantifierade källor och mätt utflöde från Sverige till omgivande hav (cirka 10 procent). För 1990-talet var skillnaden cirka 40 procent; ett tydligt läckage från markens förråd av svavel.

| Källor | År | |
|-----------------------|----------------|-----------------|
| | 1979 | 1991-97 |
| Icke-marin deposition | 500 000 | 186 200 |
| Marint svavel | 37 800 | 38 700 |
| Vittring | 4 400 | 1 430 |
| Gödselmedel | 44 300 | 21 000 |
| Summa källor | 587 000 | 247 000 |
| Utflöde från Sverige | 648 000 | 447 500 |
| Skillnad | -61 500 | -200 000 |

mätt som alkalinitet har ökat i lika många sjöar som den har minskat (24 stycken). Samtidigt har ANC ökat i så många som 53 sjöar. Den naturligt ökande tillförseln av humussyror minskar alkaliniteten men inte ANC (naturlig variation, se Figur 3).

Härsvatten och Sannen

Av de 82 sjöarna får två sjöar utgöra exempel (Figur 1 & 2). Härsvatten i Bohuslän representerar kraftigt försurade sjöar, medan Sannen, belägen i Blekinge, är måttligt sur. I Sannen har sulfathalten sjunkit i sjövattnet, men inte lika mycket som nedfallet har minskat. Marken band nämligen svavel när nedfallet var stort. Nu lakas detta långsamt ut och fördröjer återhämtningen. Den minskning i sulfatkoncentration som syns i sjövattnet motsvaras inte heller av en ökad buffertkapacitet. Det beror på att markens förråd av baskatjoner (magnesium och kalcium) utarmades under försurningsfasen, för att nu långsamt fyllas på igen. Och eftersom en mindre mängd baskatjoner kan utlakas, minskar halten i vattnet fortfarande.

Biologisk återhämtning

Känsligheten för försurning varierar mellan olika arter i strandfaunan. Ett sätt att sammanställa förekomsten av surhets-känsliga arter är att använda Henriksson-Medins index (Faktaruta 1). Organismer påverkas främst av extremförhållanden under sin livstid. Därför jämförs HMI-index med minimumvärden för pH och maximumvärden för aluminium (Figur 2).

FAKTARUTA 1

Några kemiska begrepp

- **Alkalinitet** är ett mått på den del av vattnets buffertkapacitet som beror på vätekarbonat (HCO_3^-). Humussyror från marken sänker alkaliniteten, och mängden humussyror har ökat under minst ett årtionde. Denna, troligen naturliga variation, döljer återhämtningen mätt som alkalinitet.
- **ANC (Acid Neutralisation Capacity)** är också ett mått på buffertkapaciteten, men påverkas inte av humusämnen.
- **Baskatjoner** är basiska och domineras av kalcium (Ca^{2+}) och magnesium (Mg^{2+}). Källor för katjoner är dels jorden genom vittring och jonbyte, dels havssalter som följer med nederbörden i områden nära havet. Gödsling tillför också baskatjoner. Havssalterna brukar uteslutas genom en korrektion (BC^-) baserad på klorid. Vid utlakning och skörd av vegetation minskar förrådet.
- **Sulfat** från havssalter försurar inte. Värdet anges ofta som icke-marin koncentration (SO_4^-).
- **HMI (Henriksson-Medins index)** ger ett mått på förekomsten av surhetskänsliga organismer. Ett värde över 6 innebär att sådana finns, och att vattnet inte är surt.

Låga indexvärden sammanfaller med låga pH-värden. Så länge pH-värdena håller sig över cirka 6, är vattnet inte surt. Då kan indexvärdet stiga ytterligare, dvs. antalet arter öka, utan att påtagligt påverkas av fluktuerande pH-värden.

Vatten med låga HMI-index karaktäriseras av höga aluminiumhalter. Under naturliga förhållanden är aluminium till stor del bundet till humusämnen och är därför relativt ofgiftigt. I fri, oorganisk form är däremot aluminium mycket giftigt, och oftast den egentliga orsaken till att fiskar och andra djur dör i försurade vatten. Här presenteras totalhalter av aluminium.

Tiden varierar

För att djur och växter som försvunnit från en miljö ska kunna återvända, krävs acceptabla kemiska förhållanden. Tiden (lagperiod) mellan kemisk återhämtning och faunans återkomst beror på hur nära organismerna finns, och hur de förflyttar sig. En insektsart kan t.ex. etablera sig ganska snabbt om den vuxna individen kan flyga. Däremot tar det längre tid för en snäcka att krypa tillbaka (Tabell 1).

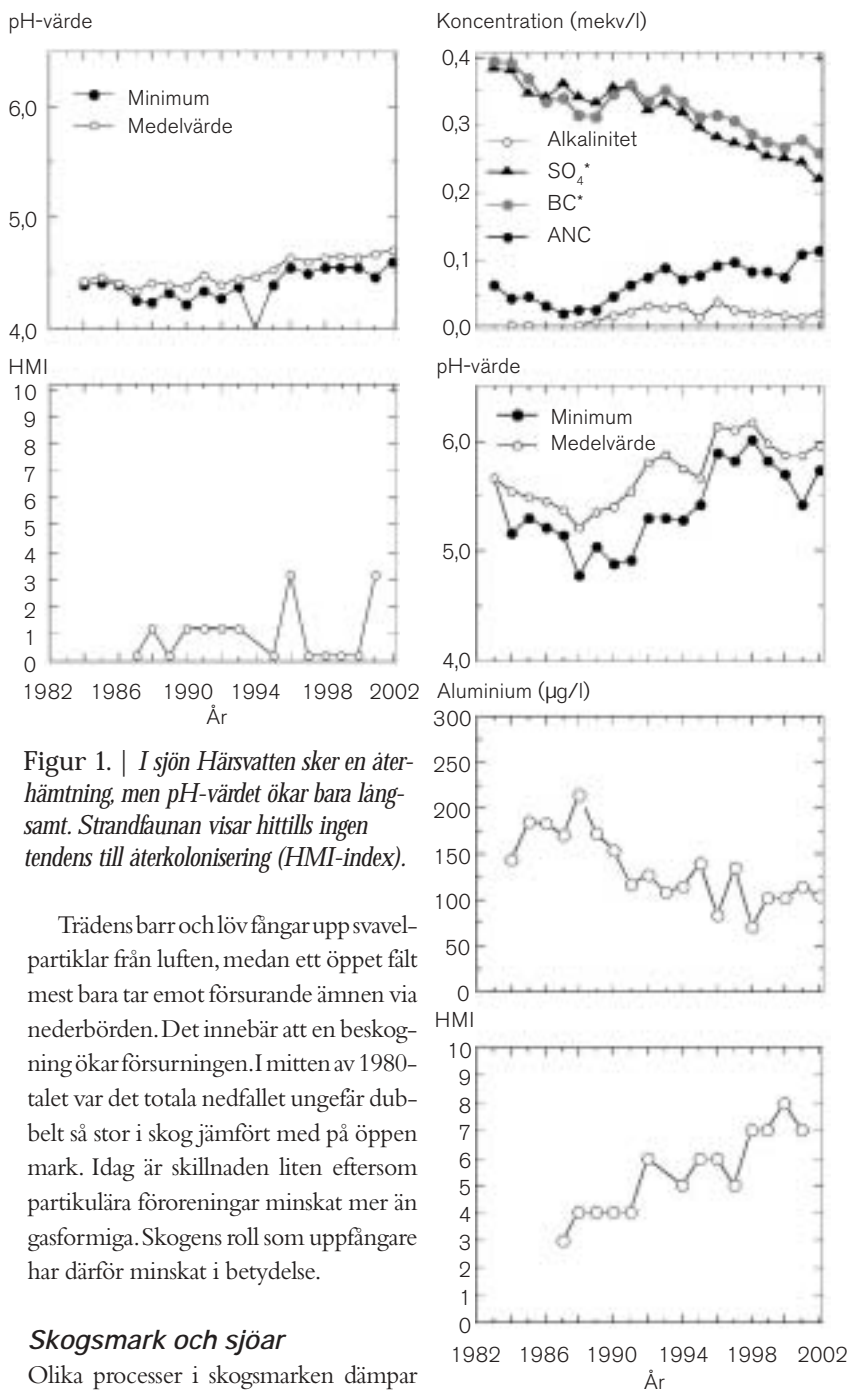
Skogen och skogsbruket

Träd tar via rötterna upp ämnen, främst kväveföreningar och baskatjoner, i utbyte mot sura vätejoner. Dessa upptagna baskatjoner bortförs vid avverkning, och försurningen i marken permanentas. Om inte bara stammar utan även grenar och toppar (GROT) skördas, är bortförsele större och återhämtningen hämmas. I en urskog cirkulerar baskatjonerna och återförs till skogsmarken efter att växten har dött, vilket hindrar försurning.

FAKTARUTA 2

Kvävets roll

Utläppet av kväveföreningar från industri, jordbruk och bilar har hittills inte minskat. Den direkta effekten på sjöarnas vatten är dock obetydlig när det finns skog och annan vegetation i tillrinningsområdena som tar upp kvävet i form av nitrat och ammonium. Men kvävet roll slutar inte där. Med mer kväve i marken växer skogen mer. En större mängd baskatjoner tas då upp, och mer vätejoner läcker ut. Ökar skogens produktion försuras alltså marken mer, och i viss mån även sjöarna.



Figur 1. | I sjön Härsvatten sker en återhämtning, men pH-värdet ökar bara långsamt. Strandfaunan visar hittills ingen tendens till återkolonisering (HMI-index).

Trädens barr och löv fångar upp svavelpartiklar från luften, medan ett öppet fält mest bara tar emot försurande ämnen via nederbörden. Det innebär att en beskogning ökar försurningen. I mitten av 1980-talet var det totala nedfallet ungefär dubbelt så stor i skog jämfört med på öppen mark. Idag är skillnaden liten eftersom partikulära föroreningar minskat mer än gasformiga. Skogens roll som uppfångare har därför minskat i betydelse.

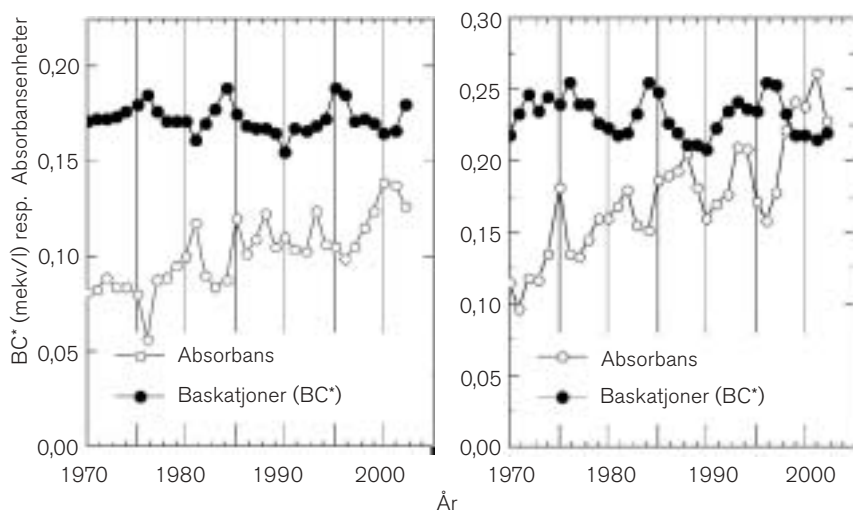
Skogsmark och sjöar

Olika processer i skogsmarken dämpar effekten av det försurande svavelnedfallet (för kvävet roll, se Faktaruta 2). Marken fungerar som ett filter som fångar sura vätejoner i utbyte mot baskatjoner. Svavel binds i marken som organiska sulfidföreningar till organiskt material, och som sulfat genom jonbyte. I och med att nedfallet nu minskar så vänds dock processerna. Marken är inte längre en fälla för sura ämnen utan snarare en källa; återhämtningen fördröjs (Tabell 2).

Markens tillstånd speglas i sjöarna, men utvecklingen är inte synkroniserad. Enligt många studier försuras marken i Västsverige fortfarande, samtidigt som sjöarna långsamt återhämtar sig. I dessa

Figur 2. | Utvecklingen i sjön Sännen. Sulfatkoncentrationen minskar, liksom koncentrationen av baskatjoner (BC*). Buffertkapaciteten (både alkalinitet och ANC) och pH-värdena ökar. Denna återhämtning minskar halten fritt aluminium, vilket leder till att strandfaunan återvänder (HMI-index).

områden kan man inte förvänta sig att vattendragen når ett naturligt tillstånd med nuvarande överenskommen gräns för svavelutsläpp. Nedfallet av försurande ämnen är alltså, trots kraftiga minskningar, fortfarande för stor för att en total återhämtningen ska ske.



Figur 3. | *Klimatet orsakar också förändringar. Här syns en likartad naturlig variation av humusämnen (absorbans el. vattnets färg) och baskatjoner i ett försurningspåverkat t.v. (Klarälven) och ett föga påverkat vattendrag t.h. (Ricleån).*

Klimat och naturlig variation

Förändringar beror mycket på klimatet. Koncentrationen av baskatjoner i två vattendrag var låg t.ex. blötåret 1990, och maximal under de torra åren 1976 och 1984 (Figur 3). När grundvattennivån är hög urlakas sura, ytliga jordlager med hög halt humusämnen och låg halt av baskatjoner. Under torrår dräneras djupare lager, där vittringen har tillfört baskatjoner och humusämnen fastnat.

I sydvästra delen av landet där svavelnedfallet har minskat kraftigt sker nu en återhämtning, och människans tidigare påverkan blir uppenbar. Längre norrut, med mindre nedfall och därför en mindre påverkan, är den naturliga variationen relativt stor. T.ex. har det skett en ökning av humusämnen på senaste tiden, och koncentrationen av baskatjoner har också förändrats.

Fortfarande surt i sydväst

Med olika modeller går det att beräkna markens och sjöarnas kritiska belastning (tålighet) för försurande ämnen.

Syratillförseln ska vara mindre än vittningens tillförsel av neutraliserande ämnen, och vattnet ska kunna bära ett naturligt liv. Beräkningar med FAB, en s.k. statisk modell, visar att år 1997 var 17 procent av Sveriges sjöar försurade. Följs internationella överenskommelser om att minska svavelutsläpp, kommer 12 procent fortfarande att vara försurade år 2010. Områdena med betydande försurning finns i sydvästra delen av landet. Ytterligare åtgärder krävs alltså där, och så länge som nedfallet är för stort måste det kalkas för att återställa sjöarnas liv till det normala.

Återhämtning i framtiden

Enligt internationella avtal ska svavelutsläppen minska med ytterligare 65–75 procent mellan år 1990 och 2010. Om dessa överenskommelser följs, minskar nedfallet ytterligare. I naturen kommer det svavel som tidigare fastnat i jorden fortsätta att läcka. Men jordens förråd av baskatjoner kommer att byggas upp, och återhämtningen fortsätta.

Ämnesord

Försurning, återhämtning, sjöar

Läs mer

- Naturvårdsverket, *Rapport 5028*. 2000. Naturens återhämtning från försurning – Aktuell kunskap och framtidsscenario. Red. P. Warfvinge och U. Bertills.
- Naturvårdsverket, *Rapport 5174*. 2002. Kritisk belastning för svavel och kväve. Red. U. Bertills och G. Lövbld.
- Bernes, C. 2001. Låker tiden alla sår? *Naturvårdsverket Monitor 17*.
- Renberg, I., Korsman, T., och Anderson, N.J. 1993. A temporal perspective of lake acidification in Sweden. *Ambio 22:264–271*.
- Wilander, A., Johnson, R.K. och Goedkoop, W. 2003. Riksinventering 2000. En studie av vattenkemi och bottenfauna i svenska sjöar och vattendrag. *Inst. för miljöanalys, SLU Rapport 2003:1*.
- Biological recovery from acidification: Northern Lakes Recovery Study. 2003. *Specialnummer AMBIO 32:3*.
- Wilander, A. 2001. Effects of reduced S deposition on large-scale transport of sulphur in Swedish rivers. *Water Air Soil Poll. 130:1421–1426*.
- Fölster, J. och Wilander, A. 2002. Förändringar i vattenkemin i svenska vattendrag under 30 år. *Inst. för miljöanalys SLU Rapport 2002:21*.
- Soil and surface water acidification in theory and practice. 2003. Red. B. Carlestål. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift. 142:18*.

Författare



FD Anders Wilander är forskare vid institutionen för miljöanalys, SLU, Box 7050, 750 07 Uppsala. Tel: 018-67 31 1. E-post: Anders.Wilander@ma.slu.se

Utan spaning ingen aning

Mätprogram är underlag för att bedöma sjöar och vattendrag. Resultat från långa mätserier behövs för att skilja mänsklig påverkan från naturlig variation. Rikstäckande undersökningar gör att tillståndet i hela landet kan värderas. Denna miljöövervakning görs vid institutionen för miljöanalys på uppdrag av Naturvårdsverket.



Ansvarig utgivare:
Redaktör:

Webbadress:
Prenumeration och lösnnummer:

Prenumerationspris:
Tryck:

Göran Hallsby, SLU, institutionen för skogsskötsel, 901 83 UMEÅ
Camilla Nilsson, SLU, Informationsenheten
Box 7077, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 21 34 • Telefax: 018-67 35 20
E-post: Camilla.Nilsson@omv.slu.se
www.slu.se/forskning/fakta

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 UPPSALA
Telefon: 018-67 11 00 • Telefax: 018-67 35 00
E-post: Publikationstjanst@slu.se
320 kronor + moms
SLU Reproenheten, Uppsala 2003
ISSN 1400-7789 © SLU