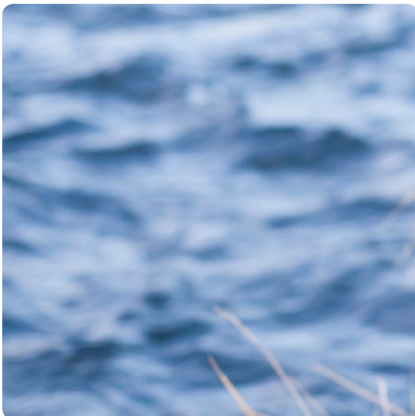


Nationell plan för kalkning 2011–2015

RAPPORT 6449 • JUNI 2011



Nationell plan för kalkning 2011–2015

NATURVÅRDSVERKET

Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

Orderfax: 08-505 933 99

E-post: natur@cm.se

Postadress: CM Gruppen AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/bokhandeln

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00, fax: 08-20 29 25

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-6449-5

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2011

Elektronisk publikation

Omslagsfoto: Magnus Ström



Förord

Sedan mitten av 1970-talet har Sverige kalkat sjöar och vattendrag för att motverka försurningsskador på djur och växter. Totalt har staten satsat 4,4 miljarder kronor, vilket gör kalkningen till en av de största miljövårdsåtgärder som genomförts i Sverige. Kalkningen har inneburit att vi under tre decennier upprätthållit livsbetingelserna för fisk och andra vattenlevande organismer i tusentals försurade sjöar och vattendrag.

Det försurande nedfallet över Sverige har minskat och det har inneburit en återhämtning i många tidigare försurade vatten. Därför har det under senare år varit möjligt att trappa ned eller avsluta kalkningen i flera sjöar och vattendrag. Tillsammans med ett omfattande arbete med kvalitetshöjande åtgärder har detta inneburit att kalkförbrukningen minskat med ca 40 procent jämfört med toppnoteringarna i början av 2000-talet.

Denna rapport utgör Naturvårdsverkets redovisning av ett regeringsuppdrag (Regeringsbeslut 2010-09-09) avseende långsiktig anpassning av den svenska kalkningsverksamheten. Planen avser perioden 2011–2015, men innefattar också en bedömning av försurningstillståndet efter 2015.

Till uppdraget har en extern referensgrupp knutits som innefattar representanter för de fem vattenmyndigheterna, Skogsstyrelsen samt Fiskeriverket. I referensgruppen har även sakkunniga forskare från SLU och IVL Svenska Miljöinstitutet ingått.

Naturvårdsverket

Innehåll

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	7
SUMMARY	9
FÖRSURNING	11
Orsaker till försurning	11
Biologiska effekter av försurning	13
Utvecklingen över tiden	15
Dagens försurningsläge	19
Framtida utveckling	21
KALKNING	24
Kalkningens historia	24
Aktörer och styrdokument	25
Urval av vatten för kalkning	26
Kalkningsmetoder och kalkningsmedel	28
KALKNINGSPROGRAMMETS OMFATTNING	34
Kalkförbrukning	34
Målområden	34
Vilka värden skyddas med kalkning?	36
KALKNINGSEFFEKTER	38
Effektuppföljning	38
Vattenkemiska effekter	39
Biologiska effekter	41
Oönskade effekter	43
KALKNINGENS SAMHÄLLSEKONOMISKA NYTTA	46
FÖRSURNINGSBEDÖMNING VID KALKNING AV SJÖAR OCH VATTENDRAG	48
Historik	48
Försurningsmodeller	48
Nuvarande system för försurningsbedömning	49
FÖRSURNINGSSTATUS I KALKADE VATTEN	51
Sjöar	51
Vattendrag	53
BEHOV AV NYKALKNING	54
Försurade vatten som inte kalkas	54
Skogsmarkskalkning	55
Vattenmyndigheternas åtgärdsprogram	55

KALKNING UNDER PERIODEN 2011 TILL 2015	57
Kvalitetsprocessen 2000–2010	57
Kalkbehov	59
Behov av statsbidrag	60
 SAMLADE SYNPUNKTER OCH VÄRDERINGAR	63
Osäkerheter vid försurningsbedömning	63
Osäkerheter vid bedömning av framtiden	64
Kalkning i förhållande till försurningsstatus	65
Storleken på anslaget till kalkning	65
Nykalkning och kopplingen till EU's ramdirektiv för vatten	66
Skogsmarkskalkning	67
Askåterföring	67
Behov av kvalitetsförbättrande insatser	67
Kalkningsverksamhetens kunskapsförsörjning	67
 KÄLLFÖRTECKNING	69
 BILAGA 1	
Uppdraget från regeringen	71
 BILAGA 2	
Projektmedverkande	72

Sammanfattning

Försurningen är ett av vår tids största miljöproblem. Ungefär 18 000 sjöar och tusentals kilometer av vattendrag har påverkats av försurning. Kampen mot försurningen har varit framgångsrik, vilket inneburit att utsläppen av försurande svavel minskat med ungefär 70 procent i Europa. Detta har medfört att försurningen av Sveriges vatten har minskat. I 30–40 procent av de sjöar som var försurade i slutet av 1980-talet har vattenkemin återhämtat sig till en nivå som medför att de inte längre klassas som försurade. Den största återhämtningen skedde under 1990-talet, under 2000-talet har förbättringstakten avtagit betydligt. Nya preliminära beräkningar indikerar att det finns cirka 12 000 försurade sjöar, vilket utgör 12 procent av landets sjöar. I sydvästra Sverige är varannan sjö alltså påverkad av försurning. Den framtida återhämtningen bedöms som liten, vilket innebär att merparten av dagens försurade vatten kan komma att förbli försurade inom en överskådlig framtid (år 2100).

Sedan 1977 har kalkning bedrivits med ekonomiskt stöd från statsbudgeten. Den statliga insatsen uppgår till cirka 4,4 miljarder kronor och det årliga statsanslaget är för närvarande 208 miljoner kronor. Till detta ska läggas de resurser som satsas från huvudmän, främst kommuner, i form av pengar och personal.

Kalkningsverksamheten präglas av en hög vattenkemisk måluppfyllelse. Detta innebär att kalkningen skapar förutsättningar för försurningskänsliga arter att återkomma eller fortleva i livskraftiga bestånd. Kalkning har varit och utgör alltså en viktig insats för att värna den biologiska mångfalden och skapa förutsättningar för olika former av fiske.

Förbrukningen av kalk kulminerade runt år 2000 och har därefter minskat med ungefär 40 procent. Minskningen beror på förbättrad kalkningsstrategi och minskad försurning. Behovet av statsbidrag har inte minskat. Detta beror delvis på ökade kostnader för kalk och spridning och delvis på en ökad satsning på biologisk återställning och försurningsundersökningar.

Naturvårdsverket bedömer att anslaget på 208 miljoner kronor är tillräckligt för att bibehålla nuvarande verksamhet fram till och med år 2012.

Naturvårdsverket bedömer att den nuvarande kalkningsverksamheten i stort är motiverad i förhållande till försurningsläget och att den bedrivs med god kvalitet. Till och med år 2015 bedöms kalkförbrukningen kunna minska något, ca 12 procent, till följd av kvalitetsförbättringar samt en ytterligare anpassning till försurningsstatusen.

Mer än hälften av landets försurade vatten omfattas inte av kalkning. I detta uppdrag görs ingen bedömning om huruvida ytterligare vatten bör kalkas. Naturvårdsverket bedömer att nya kalkningar generellt innebär en högre kostnad och genererar en lägre nytta än pågående kalkning. Inom ramen för den bedömningen finns sannolikt också försurade vatten som är lönsamma att nykalka ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Enligt Naturvårdsverkets tolkning utgör kalkning inte ett verktyg för att uppnå målsättningen med EU's ramdirektiv för vatten. God ekologisk status

kan inte uppnås så länge försurningen kvarstår. Med kalkning motverkas försurningens kemiska påverkan på djur och växter. Kalkning utgör därför ett viktigt verktyg för att god ekologisk status ska kunna uppnås den dag vattnet återhämtat sig från försurningen.

För den framtida försurningsutvecklingen är det viktigt att uttaget av skogsbränsle kompenseras med askåterföring. Det ökande uttaget av skogsbränsle motverkar återhämtningen av försurad mark och därmed även återhämtningen i sjöar och vattendrag. Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen har i ett annat regeringsuppdrag föreslagit åtgärder med syfte att öka återföringen av aska.

Teoretiskt kan försurningen av skogsmark återställas med kalkning. Resultaten från försök med skogsmarkskalkning har visat att effekten i avrinnande vatten i allmänhet blir liten. Storskalig kalkning av skogsmark utgör därmed inte en metod för att åtgärda försurning av sjöar och vattendrag.

Summary

Acidification is one of the main environmental problems of our time. Some 18,000 lakes and thousands of kilometres of rivers and streams have been impacted by acidification. The battle against acidification has been successful, with European emissions of acidifying sulphur falling by approximately 70 per cent. This has reduced acidification of Swedish lakes, rivers and streams. Acidification in 30–40 per cent of acidified lakes has fallen to a level at which the lakes are no longer classified as acidified. Most of the recovery took place in the 1990s; the rate of improvement has slowed considerably in the 2000s. New preliminary estimates suggest there are about 12,000 acidified lakes, representing 12 per cent of all lakes in Sweden. Every other lake in south-western Sweden is still affected by acidification. Future recovery is expected to be limited, which means that the majority of waters currently acidified may remain so for the foreseeable future (2100).

Liming has been carried out with the help of government funding since 1977. Government funding for liming to date totals around SEK 4.4 billion; the government currently allocates SEK 208 million each year for this purpose. Additional to this are the resources allocated by the authorities responsible (mainly municipalities) in the form of money and human resources.

Liming operations achieve their water chemistry objectives to a high degree. This means that liming creates conditions for species sensitive to acidification to return or survive in viable populations. Liming has been, and remains, an important means of promoting biodiversity and creating the potential for fisheries of various kinds.

The quantity of limestone used peaked around 2000, and has since fallen by around 40 per cent. This decline is due to an improved liming strategy and reduced acidification. The need for government funding has not diminished, which is partly due to higher costs for limestone and liming, and partly due to greater investment in biological restoration and acidification studies.

The Swedish EPA considers that the budget allocation of SEK 208 million will not suffice to maintain current liming operations up to 2012.

The Swedish EPA considers that, as a whole, current liming operations are justified in relation to the acidification situation and that they are effectively carried out. The EPA expects it to be possible to reduce the amount of limestone used somewhat (by around 12 per cent) up to and including 2015, thanks to quality improvements and further adaptation to the acidification status.

More than half of acidified Swedish lakes, rivers and streams are not limed. This report makes no assessment of whether additional aquatic areas should be limed. The Swedish EPA considers that new liming generally entails higher costs and yields less benefit than ongoing liming. Within the scope of this assessment there are probably acidified waters that it would be socio-economically profitable to lime.

As the Swedish EPA sees it, liming does not offer a means of achieving the aims of the EU Water Framework Directive. Good ecological status cannot be achieved as long as acidification remains. Liming counteracts the chemical impacts of acidification on plants and animals, and is therefore an important tool for achieving good ecological status once aquatic areas have recovered from acidification.

To ensure a positive acidification trend in the future it is essential to compensate for the extraction of forest fuels by returning wood ash to forest soils. Increasing extraction of these fuels hinders the recovery of acidified soils, and thus also recovery in lakes and watercourses. In 2011 the Government instructed the Swedish EPA and the Swedish Forest Agency to submit proposed measures designed to increase the amount of wood ash returned to forest soils.

Theoretically speaking, acidification of forest soils can be remedied by liming. Forest soil liming trials have shown that the impact on water draining off the land is fairly limited. Hence, large-scale liming of forest land does not offer a method of remedying the acidification of lakes, rivers and streams.

Försurning

Orsaker till försurning

pH anger vattnets surhet

Surheten i ett vatten bestäms av koncentrationen vätejoner (H^+). En högre koncentration innebär surare vatten. I relation till koncentrationen vätejoner är pH-skalan omvänd. Detta innebär att ett lågt pH anger en hög koncentration, det vill säga ett surt vatten. pH är ett logaritmiskt mått på vätejonkoncentrationen. En minskning av pH-värdet med en enhet motsvarar därför en tiodubbling av mängden vätejoner.

Naturlig försurning och försurning orsakad av människan

Försurning innebär att vattnets pH-värde minskar över tiden. Försurningen kan vara orsakad av naturliga processer eller av människans aktiviteter. Den naturliga försurningen är en långsam process som påbörjades efter den senaste istiden. När isen smälte täcktes berggrunden av mineraljord utan jordmån och vegetation. Efterhand minskade mängden basiska ämnen i marken till följd av vittring, urlakning och upptag i vegetationen. Dessutom tillfördes vätejoner från växternas näringsupptag samt naturliga syror från nedbrytningen av växtmaterial (humusämnen). Dessa processer medförde en naturlig sänkning av pH-värdet i marken och i sjöar och vattendrag.

Till följd av olika naturgivna förutsättningar har den naturliga försurningen inneburit att landets sjöar och vattendrag naturligt uppvisar stora variationer i pH. Mörkt brunfärgade sjöar kan ha pH-värden ner mot 4, medan sjöar i områden med kalkrika jordar kan ha pH-värden upp mot 8. Det är dessutom vanligt att pH-värdet uppvisar en naturlig säsongsvariation. Särskilt uttalat är detta i vattendrag, där pH vanligen sjunker i samband med höga flöden. Detta beror på att en större andel vatten transporteras ytligt i marken där pH-värdet är lägre än i de djupare marklagren.

I jämförelse med den naturliga försurningen uppvisar den som orsakats av människan ett betydligt snabbare förlopp. Människans bidrag till försurningen är främst orsakad av utsläpp vid förbränning av kol och olja. Till försurningen bidrar även ett intensivt nyttjande av skogsråvara.

Svavel från kol och olja ger surt regn

Kol, olja och naturgas benämns fossila bränslen. Dessa har ursprungligen bildats av döda växter och djur. Fossila bränslen innehåller en mindre mängd svavel. I samband med förbränning frigörs svavel i form av svaveldioxid (SO_2). Om rökgaserna inte renas sprids svaveldioxid till atmosfären där den omvandlas till svavelsyra, vilket sänker pH-värdet. I atmosfären kan de sura ämnena transporteras hundratals kilometer innan de når marken i form av sur nederbörd.

Vegetationen motverkar kvävet förurningseffekt

Kvävet roll i förurningen är mera komplex. Kväveoxider (NO_x) släpps ut vid all typ av förbränning, vilket beror på en reaktion med det kväve som naturligt finns i luften. I atmosfären övergår kväveoxiderna till salpetersyra och för-surar nederbörden på samma sätt som svavel. Kväve når marken i form av nitrat (NO_3), vilket är ett begärligt växtnäringsämne. I samband med upptag i vegetationen sker en neutralisering av den syra som frigörs i atmosfären. Kväveoxider bidrar därför bara till förurning i ett läge där vegetationen inte förmår att ta upp mera kväve. Detta brukar benämnas kvävemättnad. Indirekt kan dock kvävet gödande effekt bidra till förurning via en ökad tillväxt av skog.

Kväve tillförs även atmosfären i form av ammoniak (NH_3) från djur-hållning. Ammoniak är ett alkaliskt ämne som höjer pH-värdet i nederbör-den när det omvandlas till ammonium (NH_4). Den pH-höjande effekten går dock förlorad i samband med att ammonium omvandlas till nitrat. Kväve från ammoniak bidrar till risken att uppnå kvävemättnad. Kvävemättnad leder till läckage av nitrat ut till sjöar och vattendrag. Även i områden med högt nedfall av kväve är nitrathalterna i ytvatten förhållandevis låga. Endast i sydvästra Sverige finns områden där kväveläcket bidrar signifikant till förurningen.

Skogens tillväxt försurar marken

Genom fotosyntes i barr och blad bildar träden kolhydrater som används för tillväxt och livsuppehållande processer. Träden behöver också näringsämnen och vatten som hämtas i marken via rötterna. De viktigaste näringsämnena utgörs av kväve, fosfor, kalium, kalcium och magnesium. Näringsämnena tas upp i form av joner, dvs. laddade ämnen. I utbyte avsöndrar träden andra joner. Vid upptag av positivt laddade näringsämnen avges vätejoner, vilket för-surar marken. Vid upptag av negativt laddade näringsämnen avges joner som höjer pH-värdet i marken. I normal svensk skogsmark dominerar upptaget av positivt laddade joner, vilket innebär att trädens tillväxt försurar marken. När barr, grenar och stammar dör och bryts ned frigörs en stor del av närings-ämnena varvid pH-värdet i marken återställs.

Uttag av skogsråvara gör att förurningseffekten består

Uttag av skogsråvara innebär att den försurande effekten av trädens till-växt består. Med uttaget följer de näringsämnen av kalcium, magnesium och kalium som träden tagit upp. Tillsammans med natrium kallas dessa för baskatjoner. Baskatjonerna har stor betydelse för markens förmåga att neu-tralisera syra. Vid neutralisering av sur nederbörd förbrukas delar av mar-kens förråd av baskatjoner och ersätts av vätejoner. Detta brukar beskrivas som att markens basmättnad minskar. I landets mest försurade områden har basmättnaden minskat avsevärt under de senaste decennierna. En fullständig återhämtning från förurning förutsätter att basmättnaden återställs till natur-

lig nivå. Detta sker genom att nya baskatjoner frigörs via vittring av markens mineral. Uttag av skogsråvara innebär att markens återhämtning blir långsammare eller helt uteblir

Biologiska effekter av försurning

Försurningen påverkar djurens saltbalans

Påverkan på osmoreglering (salt- och vattenbalans) är den faktor som ofta anges som den viktigaste fysiologiska effekten vid försurning. Djur som lever i sötvatten reglerar aktivt kroppens innehåll av vatten och joner, exempelvis natrium, klorid och kalcium. Orsaken är att sötvatten har betydligt lägre koncentration av salter (joner) än djuren. Detta leder till att djuren ständigt förlorar joner via hud och gälar samtidigt som vatten läcker in. För att kompensera detta sker ett aktivt upptag av joner, vilket kräver energi. Sänkningen av pH-värdet medför både en ökad förlust av joner och ett försämrat upptag.

Försämrade kläckning av fiskrom

I detalj är de fysiologiska effekterna bäst kända på fisk. Förenklat är rommen mest känslig för lågt pH, medan yngel och vuxen fisk är känsligast för aluminium. Fiskrommens förmåga att utvecklas i surt vatten varierar mellan olika arter. Om pH-värdet blir för lågt i ägget inaktiveras ett enzym som har till uppgift att bryta ner äggskalet. Detta resulterar i att rommen inte kläcks.

Aluminium angriper fiskens gälar

Vid låga pH-värden kan aluminium frigöras i marken och transporteras ut i sjöar och vattendrag i form av laddade aluminiumjoner. Aluminiumets kemi är pH-beroende och jonerna fälls ut om pH höjs. Detta kan ske på fiskens gälar där ytskiktet har ett högre pH än kringliggande vatten. Genom att utsöndra slem kan aluminiumhalten reduceras, men detta försämrar syreupptagningen. Konsekvensen blir att fisken drabbas av syrebrist till följd av att såväl aluminium som slem blockerar gasutbytet. Aluminium kan också skada gälens cellmembran, vilket leder till en ökad förlust av joner. I ett försurat vatten med aluminium påverkas fisken i normalfallet av bägge dessa processer, vilket leder till både syrebrist och förlust av salter. Aluminium och andra metaller påverkar också andra vattenlevande djur, sannolikt vanligen i form av utfällningar på kroppen. Detta kan skada eller täppa till vitala organ, vilket ytterligare kan försvåra upptaget av salter och försämma syreupptagningen.

Känsligheten varierar mellan arter

Olika djurarter har varierande förmåga att leva i vatten med olika pH-värden. En del arter kan inte överleva vid pH lägre än 5,5, medan andra tål pH-värden ner mot 4,0. Detta är en evolutionär anpassning som skett under mycket lång tid. Inom nästan alla organismgrupper finns arter som påverkas om pH-

värdet sjunker. Bland fiskarna är lax och mört de känsligaste, medan gäddan är mycket tålig. Arter som försvinner ersätts endast till en liten del av andra, vilket innebär att artantalet minskar. För långlivade arter kan åldersstrukturen påverkas, vilket beror på att reproduktion och ynglen är känsligare än vuxna individerna. Därmed kan bestånden komma att domineras av äldre individer. I avsaknad av konkurrens från yngre individer kan de äldre bli mycket gamla och storvuxna, vilket är typiskt för försurningspåverkade mörtbestånd.



Bland fiskar som lever i sjöar är mört den mest försurningskänsliga. Om pH sjunker under 6,0 kan reproduktionen påverkas. Foto: Tobias Haag.

Många faktorer påverkar effekterna på djur och växter

Mängder av både kemiska och biologiska faktorer är avgörande för försurningens effekter på livet i sjöar och vattendrag. Ur en kemisk synvinkel påverkas effekten av hur mycket pH minskar, inom vilket intervall pH minskar, om minskningen i pH uppträder under korta perioder eller konstant samt i vilken grad giftigt aluminium ökar. Dessutom kan effekten påverkas av exempelvis vattnets temperatur, jonstyrka samt innehåll av humusämnen. Effekterna på djur och växter beror primärt på den fysiologiska påverkan som följer av den kemiska förändringen. Därutöver uppträder en mängd sekundära effekter beroende på att arter påverkar varandra och har olika roller i ekosystemet.

Tusentals utslagna fiskbestånd

Det är inte känt i hur många sjöar och vattendrag som försurningen påverkat djur och växter. Brodin (1996) anger att mellan 7 000 och 9 000 sjöar kan ha förlorat mer än 20 procent av sina arter till följd av försurning. Siffrorna bygger inte på faktiska observationer av försvunna arter, utan är skattade från minskningen av pH. För fisk och flodkräfta finns även underlag i form av faktiska observationer från allmänheten. Dessa insamlades i samband med en enkätundersökning som genomfördes av Fiskeriverket under 1996 (Appelberg et al 2004). För ungefär 11 procent av sjöarna angavs att fisk-

bestånden skadats eller försvunnit till följd av försurning. I Västra Götalands, Värmlands, Kronobergs och Kalmar län hade fiskbestånden påverkats i ungefär hälften av alla sjöar. I Halland var över 70 procent av sjöarna påverkade.

Mörten är den sjölevande fiskart som är känsligast för försurning. Med utgångspunkt i samma enkätundersökning beräknade Tammi et al (2003) att mörten försvunnit från drygt 1 100 sjöar till följd av försurning. Abborren är mindre känslig, men samtidigt vanligare. Detta är förklaringen till att antalet utslagna abborrbestånd uppgår till ungefär samma nivå som för mörten. Underlaget innefattade inte sjöar under fyra hektar och utgör därför inte en totalbild av försurningens effekter på fisk.

Flodkräftan är mycket känslig för försurning. Redan vid pH-värden under 6,0 försämras upptaget av kalcium, vilket behövs för uppbyggnaden av skalet. Även reproduktionen är mycket känslig. I enkätundersökningen angavs att flodkräftan försvunnit eller minskat i drygt 200 sjöar till följd av försurning (Appelberg et al 2004).

För vattendrag finns inga rikstäckande studier. Från regionala studier finns bland annat en skattning att hälften av laxproduktionen på Västkusten skulle gått förlorad till följd av försurning om inte kalkning inletts (Appelberg et al 1989).

Utvecklingen över tiden

Svavel från utlandet försurar Sverige

Utsläpp av svavel är således den viktigaste orsaken till försurning av mark och vatten. De utsläpp som påverkar Sverige härrör till mindre än 10 procent från svenska utsläppskällor. Polen är det enskilda land som bidrar mest, därefter följer Storbritannien, Tyskland och Ryssland (Naturvårdsverket 2007a). Den internationella sjöfarten står för en väsentlig del, ungefär 15 procent.

Svavelutsläppen minskad kraftigt under 1980- och 1990-talet

Utsläppen av svavel tog fart efter andra världskriget och ökade fram till andra halvan av 1970-talet. Under 1980-talet minskade utsläppen främst inom Västeuropa. I Östeuropa skedde den största minskningen under 1990-talet. Efter år 2000 har minskningstakten avtagit. Sedan 1980 har utsläppen i Sverige minskat med mer än 90 procent och med ungefär 70 procent i Europa. Minskningen beror på flera faktorer. Övergång till bränslen med lägre svavelinnehåll (naturgas) och effektivare rening är de viktigaste faktorerna. Genom att behandla rökgaserna med kalk kan mer än 90 procent av svavelinnehållet renas. Svavelhalten i olja kan också reduceras i samband med raffineringen av råolja.

Mindre reduktion av kväveutsläpp

Utsläppen av kväve har, varken i Sverige eller i Europa, minskat i samma omfattning som svavelutsläppen. Sedan 1990 har de europeiska utsläppen av kväveoxider minskat med ca 35 % och utsläppen av ammoniak med ca 25 %.

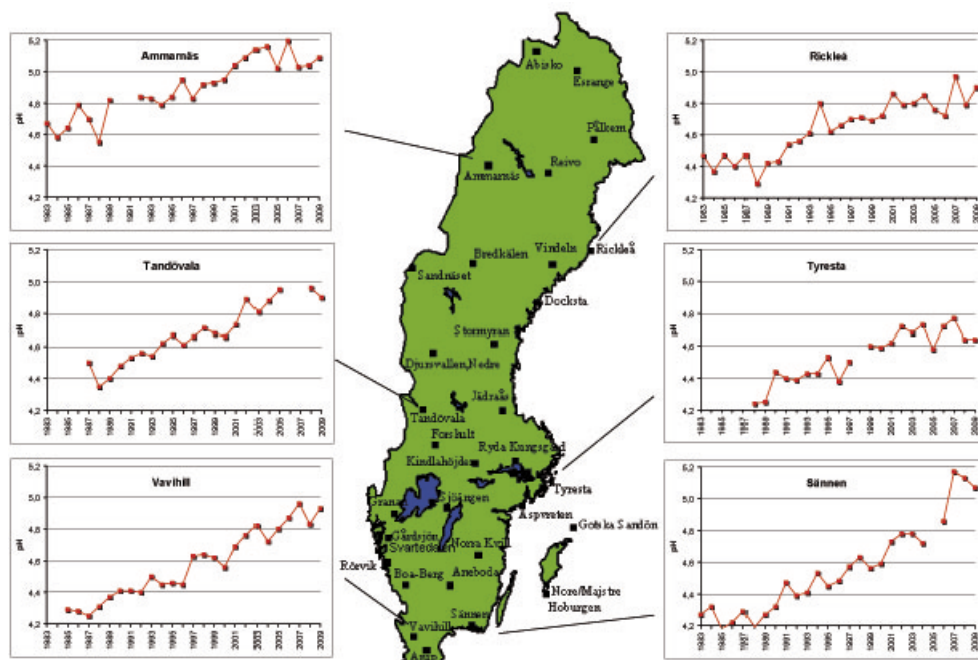
Utsläppen av kväveoxid kommer till en betydande del från fordon. Orsaken till den blygsamma minskningen är den ständigt ökande trafiken.

Surt regn och torrt nedfall

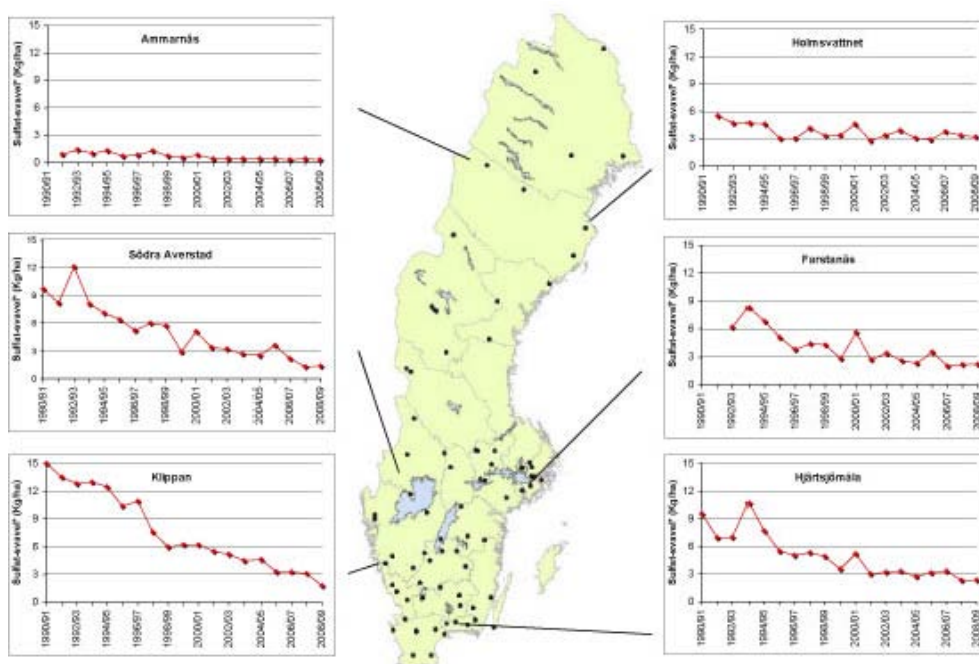
Effekterna av de minskade utsläppen speglas i den nederbörden som faller över Sverige. Nederbördens kemi mäts på två olika sätt. Den nederbörd som insamlas på öppna områden speglar effekten av de syror som finns lösta i atmosfären och tillförs med regn och snö. Detta benämns vått nedfall. Insamling av nederbörd görs också i skogsmark, under träden. Träden utgör ett effektivt filter för de partiklar och gaser som avsätts utan att först lösas i nederbörden. Dessa innehåller också svavel och kväve och benämns torrt nedfall. När det regnar på träden bildas syror som tillförs marken med den genomsipprande nederbörden (krondropp). Krondroppet innehåller därmed både det våta och det torra nedfallet. Resultaten från öppna fält används främst för att beskriva hur pH-värdet i nederbörden utvecklats i tiden. Resultatet från krondroppet används främst för att beskriva nedfallet av svavel. För detta ändamål omräknas resultaten vanligen till kilo per hektar.

Nederbörden allt mindre sur

Försurningen av nederbörden har minskat i hela landet. Detta ses både i form av ett högre pH i nederbörden och ett minskat nedfall av svavel (figur 1 och 2). Minskningen har varit störst i områdena med störst nedfall, vilket inneburit en regional utjämning. I stora delar av landet ligger pH i nederbörden numera inom intervallet 4,6–4,8. Utan försurning skulle pH-värdet ligga runt 5,3–5,5.



Figur 1. pH i nederbörd under 1993–2009 från ett urval stationer som ingår i den nationella miljöövervakningen. Data från IVL.



Figur 2. Nedfall av svavel i krondropp under 1990–2009 från ett urval stationer som ingår i den regionala miljöövervakningen. Data från IVL.

Försurningen från skogsbruk ökar

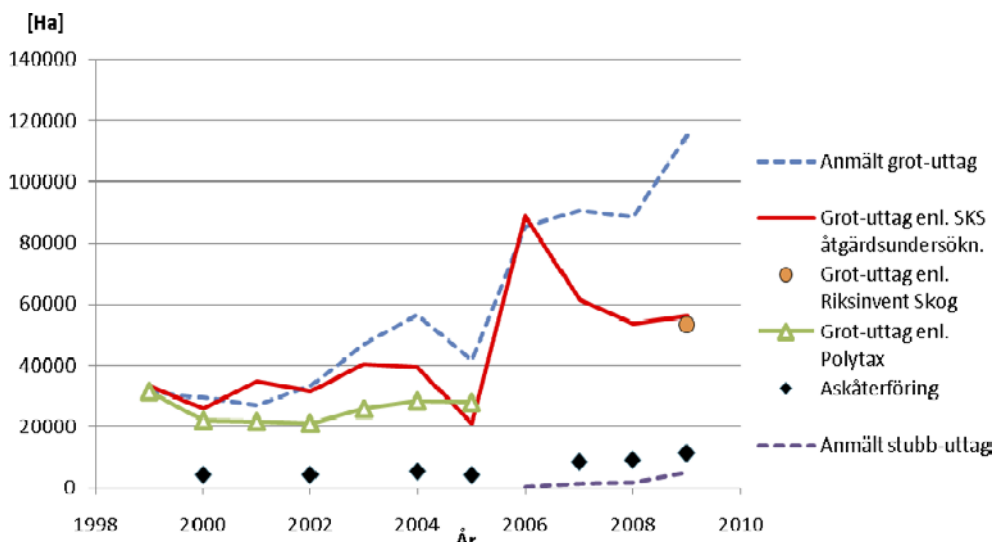
Skogsbrukets försurnande påverkan beror på tillväxten och mängden råvara som skördas. Under 1900-talet har tillväxten i skogen, i princip, ökat kontinuerligt till följd av förbättrad skogsvård, gödsling och tätare skogar. Dessutom har även nedfallet av kväve bidragit. Uttaget av skogsråvara har ökat i ungefär samma takt som den ökade tillväxten. Sedan slutet på 1980-talet har uttaget av skogsråvara ökat ytterligare i och med en ökad användning av skogsbränsle. Uttag av grenar och toppar, GROT, vid gallring och slutavverkning ger i grova drag en fördubbling av försurningseffekten i jämförelse med uttag av bara stamved. I jämförelse med perioden 2000–2005 har arealen skogsmark som anmälts för uttag av GROT fördubblats till 2009.



Högar med grenar och toppar (GROT) är en allt vanligare syn längs våra skogsbilvägar. Foto: Erik Owusu-Ansah.

Askåterföring kan kompensera GROT-uttag

GROT används huvudsakligen som bränsle inom fjärrvärmesektorn. Genom att återföra askan kan försurningen kompenseras. Återföringen av aska till skogsmark har inte ökat i samma omfattning som uttaget av GROT. För år 2009 angav Skogsstyrelsen att aska återförts på ca 9 000 ha och att GROT-uttaget omfattade ungefär 60 000 ha (figur 3).



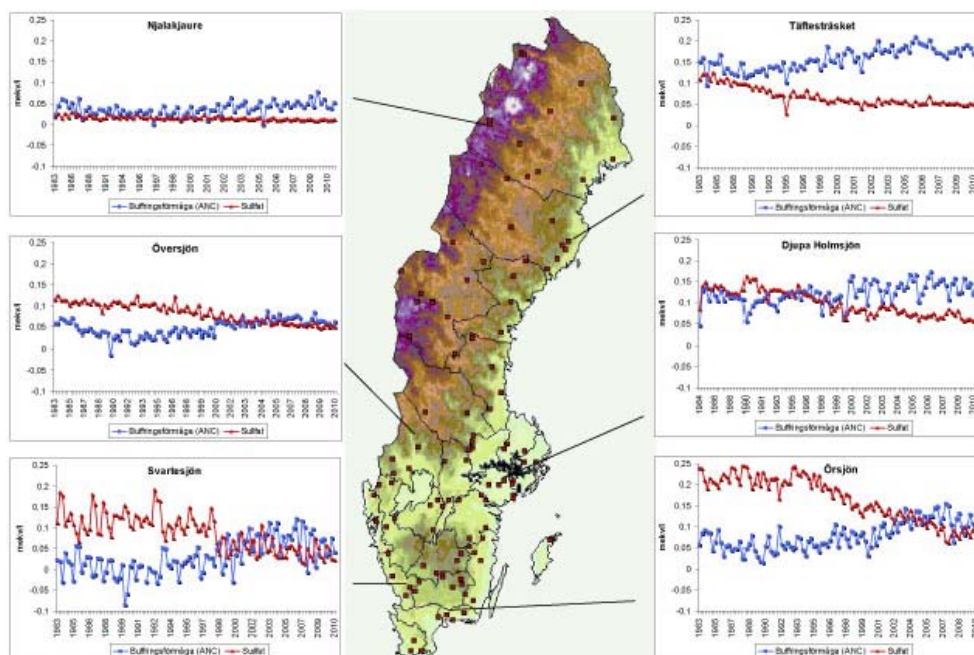
Figur 3. Uttag av GROT samt återföring av aska. Anmäld areal ligger högre än faktiskt uttag. Dels beror detta på att en viss andel aldrig tas ut och dels på att anmälan ligger före i tiden. Källa: Skogsstyrelsen

Minskad försurning i sjöar

Försurningsutvecklingen i landets sjöar följs via ett nätverk av ca 110 sjöar som, i många fall, provtagits sedan första halvan av 1980-talet. Nästan genomgående uppvisar sjöarna minskande sulfathalter sedan provtagningen påbörjades. Från ungefär 1990 ses en trend med ökande buffringsförmåga och pH (figur 4). Den förbättrade kemiska statusen har också inneburit en viss återhämtning avseende fisk och bottendjur (Naturvårdsverket 2007a).

Svårare att beskriva utvecklingen i vattendrag

För vattendragen finns inte ett lika omfattande underlag med långa tidsserier. Vattendragen är också svårare att övervaka till följd av stora säsongsvariationer i vattenkemi. Betraktat som årsmedelvärden finns det ingen anledning att anta att återhämtningen avviker i förhållande till sjöarna. För många vattendrag tillkommer problematiken med låga pH-värden som uppträder i samband med höga flöden. Det som populärt brukar benämnas surstötter. Surstöten är ett naturligt fenomen, men den förstärks till följd av försurning. I takt med att nederbörden blivit mindre sur har försurningens betydelse för surstöterna avtagit. Surstöterna utgör dock alltså den mest kritiska tidpunkten för djurlivet och även en liten minskning av pH försvårar för utslagna arter att återkomma.



Figur 4. Sulfathalt och buffringsförmåga (ANC) under 1983–2010 från ett urval av de trendsjöar som övervakas inom den nationella miljöövervakningen. Data från SLU.

Dagens försurningsläge

Skogsmarken i sydvästra Sverige alltför starkt försurad

Försurningsutvecklingen i skogsmark följs via Markinventeringen, som är en del av Riksinventeringen av skog (RIS). Markinventeringen omfattar 4 500 provytor i mineraljord och 10 000 provytor i humusskiktet. Inventeringen startade 1983 och innebär att provytorna återbesöks vart tionde år. För närvarande pågår den tredje besöksomgången. Med utgångspunkt från den andra besöksomgången bedömdes att markförsurningen avstannat och att en återhämtning inletts. Nya, preliminära resultat, visar i stället att försurnings-tillståndet är relativt oförändrat i stora delar av landet och att situationen i sydvästra Sverige har försämrats under 2000-talet. Detta innebär att skogsmarken i sydvästra Sverige fortfarande är starkt försurad.

Modeller för att beräkna naturligt pH i sjöar och vattendrag

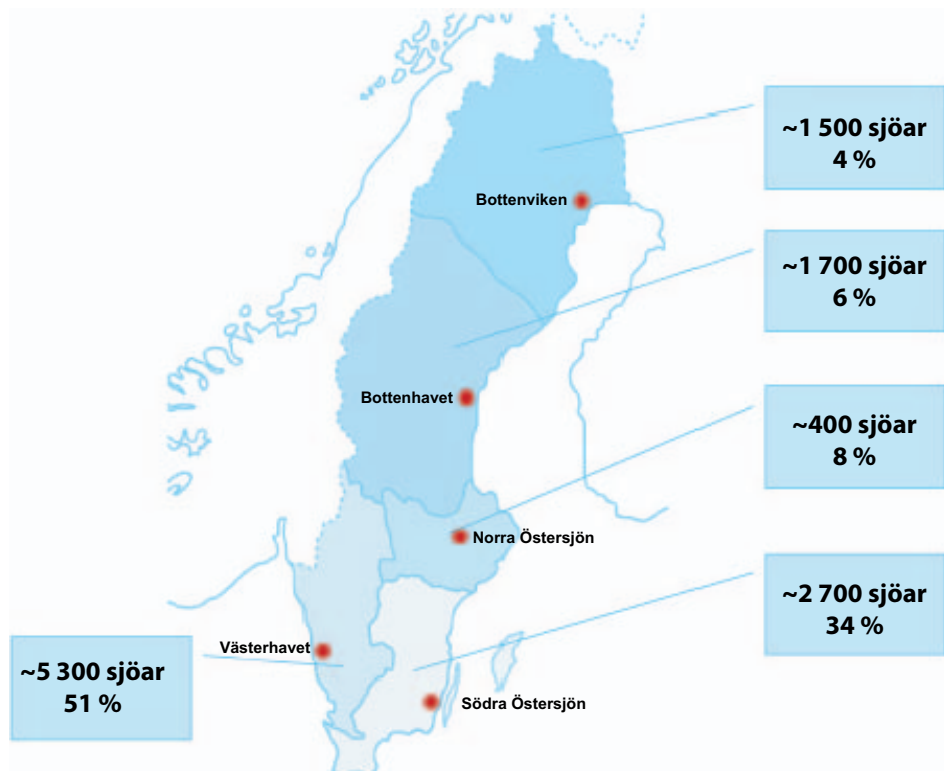
För att beskriva försurningsläget i sjöar och vattendrag är vi beroende av att jämföra dagens vattenkemiska situation med den naturliga. Eftersom det inte finns uppmätta värden på naturlig vattenkemi är vi hänvisade till modeller. Modellerna förutsätts kunna beräkna naturliga nivåer på pH och buffringsförmåga utifrån nutida mätdata. Problematiken kring detta kommenteras ytterligare under avsnitt ”Osäkerheter vid försurningsbedömning”.

Ungefär 12 000 försurade sjöar

Som underlag för att beskriva situationen i sjöar används data från Omdrevsprogrammet, som är en del i den nationella miljöövervakningen.

Programmet omfattar totalt 4 824 sjöar som valts ut genom en stratifierad slumpning av landets cirka 96 000 sjöar. Programmet startade 2007 och en sjättedel av sjöarna provtas varje år. Försurningsstatusen har klassats enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljökvalité från 2007 (Naturvårdsverket 2007b). Detta innebär att sjöar där pH minskat med mer än 0,4 pH-enhet från naturligt tillstånd klassas som försurade. För att skatta naturligt pH har MAGIC-biblioteket använts, vilket beskrivs ytterligare under avsnitt "Försurningsbedömning vid kalkning av sjöar och vattendrag".

Enligt beräkningarna, som ännu är preliminära, klassas ca 12 procent av landets 96 000 sjöar som försurade (figur 5). Av de försurade sjöarna berörs cirka 40 procent direkt eller indirekt av kalkning. Detta innebär att sjöarna fortfarande är försurade, men att skadorna på djur och växter motverkas med kalkning. Försurningsläget varierar avsevärt såväl mellan som inom regionerna. Inom regionerna finns större eller mindre områden som saknar försurade sjöar. Detta gäller exempelvis för områden med kalkrika marker i Skåne, Gotland och Uppland. I Norrlands inland och fjällområden återfinns bara enstaka försurade sjöar, vilket beror på låg belastning av försurande ämnen. Samtidigt innebär detta att vissa delar av landet uppvisar en mycket hög andel försurade sjöar. Detta gäller exempelvis för Halland och Blekinge där andelen försurade sjöar ligger runt 80 procent.



Figur 5. Antal och andel försurade sjöar fördelat på vattendistrikt. Siffrorna baseras på resultat från Omdrevsprogrammet 2007–2009. Försurningsbedömningen har gjorts med MAGIC-biblioteket. Kalkningspåverkade sjöar har bedömts utifrån beräknad okalkad kemi. För hela Sverige är cirka 11 600 sjöar försurade, vilket motsvarar omkring 12 %. Beräkningarna har gjorts av Jens Fölster vid SLU och är ännu preliminära.

Behov av förbättrat underlag för att bedöma försurningsläget i vattendrag

För vattendrag saknas bra underlag för att beskriva försurningsläget på nationell nivå. Det regionala mönstret följer dock samma utbredning som sjöarna. I vilken omfattning försurade vattendrag även återfinns i områden där sjöar inte klassas som försurade kan i nuläget inte bedömas med tillfredsställande säkerhet.

Framtida utveckling

Den framtida utvecklingen i sjöar och vattendrag är beroende av faktorer som omfattar nedfall av försurande ämnen, skogsbrukets försurning samt markens förmåga till återhämtning.

Det framtida nedfallet av försurande ämnen är i hög grad beroende på hur utsläppen utvecklas i utlandet och från den internationella sjöfarten. De svenska utsläppen har en närmast marginell betydelse. För situationen i sjöar och vattendrag är utvecklingen avseende svavel den viktigaste faktorn. Nedfallet av kväve har lett till en omfattande upplagring av kväve i skogsmark, men det finns ännu ingen indikation på storskalig kvävemättnad. Det finns en risk att läckaget av kväve från skogsmark kan komma att öka betydligt i framtiden, både som följd av varmare klimat och ett intensivare skogsbruk innefattande skörd av stubbar. I nuläget finns ingen indikation om ökande kvävehalter i sjöar och vattendrag och därmed finns inga farhågor att kväve kommer att ge ett stort bidrag till försurningen inom den närmaste framtiden.

Skogsbrukets försurningspåverkan förväntas öka

Försurningen via skogsbruket är beroende av den framtiden tillväxten och det framtida uttaget av skogsråvara. I den skogspolitiska propositionen från mars 2008 görs en bedömning att tillväxten i skogen bör öka och att det finns förutsättningar i form av skogsvårdande åtgärder för att genomföra detta. Till detta ska läggas effekten av ett varmare klimat som kan öka tillväxten med ungefär 25 procent till år 2100 (Skogsstyrelsen & SLU 2008). I propositionen gör regeringen bedömningen att uttaget av GROT bör kunna öka. I vilken grad detta sker beror på marknadsekonomiska förutsättningar. Idag är GROT-uttaget stort inom de tätbefolkade delarna av landet där transporterna är korta till värmeverk och andra förbränningsanläggningar. Lägst är uttaget i Norrlands inland där transportkostnaderna är högre. Det pågår en ständig teknisk utveckling för att öka lönsamheten vid GROT-uttag. Med stor sannolikhet kommer uttaget att öka. I vilken utsträckning försurningseffekten via GROT-uttaget kommer att kompenseras med askåterföring är inte möjligt att bedöma.

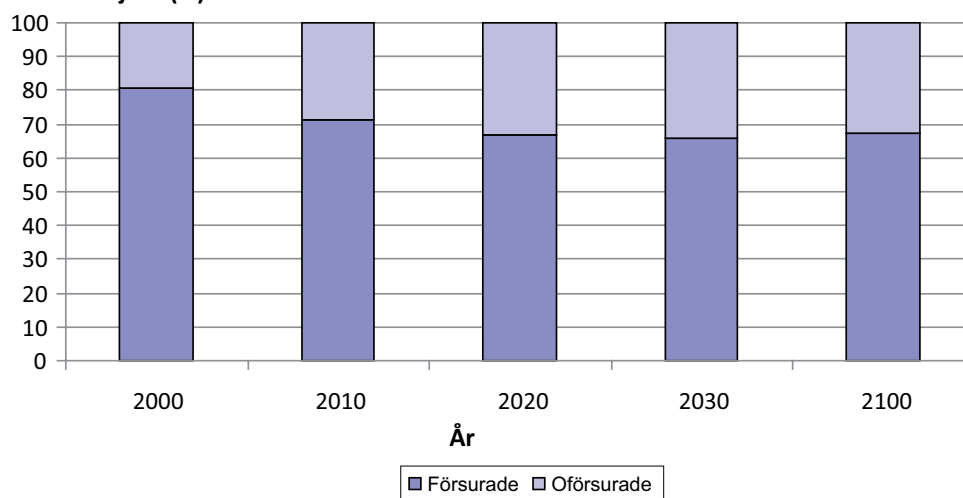


Genom att återföra den aska som blir kvar vid förbränning av biobränsle motverkas den försurningen av marken som uppstår till följd av GROT-uttag. Foto: Tobias Haag.

Liten framtida återhämtning

Med hjälp av försurningsmodellen MAGIC kan betydelsen av såväl framtida nedfall av svavel och kväve samt framtida skogsbruk beaktas för den framtida försurningssituationen i sjöar och vattendrag. Inom ramen för målsjöundersökningen 2007/08 provtogs drygt 1 700 okalkade sjöar som utvaldes för att likna de kalkade målsjöarna. För dessa sjöar har den framtida försurningsutvecklingen modellerats med MAGIC (Fölster et al 2011).

Andel av sjöar (%)



Figur 6. Kemisk återhämtning i sjöar som var försurade år 1990. Figuren baseras på 1 732 okalkade sjöar som provtogs 2007/08. Försurningsstatusen har modellerats med MAGIC av IVL. Sjöarna utvaldes för att likna kalkade sjöar och utgör inte ett slumpmässigt urval av Sveriges sjöar.

Andelen försurade sjöar var högst 1990. Mellan 1990 och 2000 skedde en återhämtning varvid ungefär 20 procent av de försurade sjöarna inte längre klassades som försurade (figur 6). Till 2010 hade ytterligare 10 procent av de försurade sjöarna nått en nivå där de klassades som oförsurade. Prognosen för framtiden antyder att ytterligare 3–4 procent av de försurade sjöarna kommer att klassas som ej försurade till år 2030. Därefter förväntas ingen ytterligare återhämtning.

Vi har valt att beskriva utvecklingen via ett urval av sjöar som liknar de kalkade sjöarna. Även om alla Sveriges sjöar beaktas blir utvecklingen likartad. Antalet försurade sjöar har minskat från ungefär 18 000 till ~11 600, vilket motsvarar 35 procent.

Framtidsscenariot bygger på att nu fattade överenskommelser om framtida utsläpp av svavel och kväve genomförs. Försurningseffekten från skogsbruket är beräknad med förutsättningen att uttaget av GROT omfattar 30 procent av avverkningsarealen. I beräkningen ingår ingen effekt av en eventuell klimatförändring.

Kalkning

Kalkningens historia

Tiden innan försöksperioden

Att fisk inte trivs i surt vatten var känt långt innan vattnen försurades av människan. Kalkning av fiskdammar finns beskrivet från 1900-talets början. Under första halvan av 1960-talet drabbades sjöar och vattendrag längs Västkusten av fiskdöd och minskande fiskbestånd. Vattenkemisk provtagning visade på pH-värden ner mot 4,0. För att motverka de låga pH-värdena rekommenderades kalkning. Därmed kom en blygsam kalkningsverksamhet att påbörjas innan kopplingen mellan låga pH-värden och långväga transport av luftföroreningar hade klarlagts. Fram till 1970-talet finansierades kalkning via privata initiativ. Efter 1970 bedrevs också kalkning som arbetsmarknadsstöd i AMS regi. Insatserna via AMS pågick fram till 1980 och omfattade spridning av drygt 18 000 ton kalk till en kostnad av 6,4 miljoner kronor.

Fiskeristyrelsens försöksperiod 1977–1981

Från och med år 1977 påbörjades en femårig försöksverksamhet med statsbidrag till kalkning. Bidraget administrerades av dåvarande Fiskeristyrelsen och verksamheten pågick till 1981. Bidrag lämnades med 75 procent av kostnaderna, men riksintressanta områden kunde erhålla 100 procent statsbidrag. Kommuner och fiskeorganisationer stod för vardera ungefär 40 procent av ansökningarna. Totalt utbetalades 50 miljoner kronor, varav 30 procent i form av hundra procentiga bidrag (Fiskeristyrelsen och Naturvårdsverket 1981).



Under försöksperioden var spade och traktor viktiga redskap vid kalkning. Ofta användes utrustning som lånats från närliggande jordbruk. Foto: Länsstyrelsen i Västerbottens län.

Under försöksperioden spreds närmare 200 000 ton kalk. Mest kalk spreds i Kronobergs, Älvsborgs samt Örebro län. Drygt hälften av kalkspridningen skedde med traktorer eller liknande fordon. Ungefär 20 procent spreds med båt och 15 procent från lastbil. Kalk spreds direkt i sjöar och på strandzoner, på mark och i rinnande vatten. Hälften av markkalkningen avsåg jordbruksmark, den andra hälften innefattade både skogsmark och våtmark.

Under försöksperioden kalkades ungefär 1 200 sjöar och en okänd sträcka rinnande vatten. I slutrapporten konstaterar Fiskeristyrelsen och Naturvårdsverket att kalkning av försurade sjöar och vattendrag i stort sett innebar en återgång till normala växt- och djursamhällen och att erfarenheterna därmed var övervägande positiva. Vegetationsskador i samband med kalkning på våtmarker var den enda negativa effekt som framhölls. Det framtida behovet av kalkningsinsatser uppskattades till 200 miljoner kronor per år i 1981-års pengavärde.

Naturvårdsverkets statsbidragsperiod 1982–2010

I regeringens proposition om åtgärder mot försurning (1981/82:151) föreslogs en permanentning av statsbidraget till kalkning. Våren 1982 fattade riksdagen beslut enligt propositionen och 31 miljoner kronor avsattes för budgetåret 1982/83. Det centrala ansvaret övergick till Naturvårdsverket och länsstyrelsen blev bidragsmyndighet. Bidragsprocenten höjdes från 75 till 85 procent. Möjligheten att bevilja högre bidragsandel bibehölls, men för dessa ärenden krävdes beslut av Naturvårdsverket.

Aktörer och styrdokument

Naturvårdsverket

Naturvårdsverket har det nationella ansvaret för att verksamheten bedrivs optimalt med avseende på biologiska effekter, ekonomisk effektivitet och anpassning till försurningsutvecklingen. Naturvårdsverket beviljar statsbidrag till länsstyrelserna samt ansvarar för nationell strategin och uppföljning. Naturvårdsverkets ansvar kommer den 1 juli 2011 att föras över till den nybildade Havs- och vattenmyndigheten.

Länsstyrelsen

Länsstyrelsen beviljar statsbidrag till huvudmannen, ansvarar för den regionala strategin och uppföljningen. Länsstyrelsen har det regionala ansvaret för att verksamheten bedrivs optimalt med avseende på biologiska effekter, ekonomisk effektivitet och anpassning till försurningsutvecklingen. I bidragsbeslut meddelar länsstyrelsen nödvändiga villkor för att uppnå dessa syften.

Huvudmannen

Huvudmannen, som ofta är en kommun, erhåller statsbidrag för att genomföra kalkningsåtgärderna. Huvudmannen ansvarar för planering och genomförande och rapporterar utförda åtgärder till länsstyrelsen. På uppdrag av

länsstyrelsen kan huvudmannen sköta hela eller delar av effektuppföljningen. Huvudmannen har också ett ansvar enligt miljöbalken för att motverka eller förebygga olägenheter i samband med kalkningens genomförande.

Vattenmyndigheten

Vattenmyndigheternas uppgift är att samordna den svenska vattenförvaltningen, vars övergripande mål är att uppnå god ytvatten- och grundvattenstatus. Arbetet bedrivs i sexårscykler. För varje cykel fastställer vattenmyndigheterna miljö kvalitetsnormer, åtgärdsprogram och förvaltningsplaner. I åtgärdsprogrammen ingår kalkning som en av många åtgärder. Vattenmyndigheten har inga egna anslag för kalkning och de åtgärder som redovisas i åtgärdsprogrammen avser de kalkningar som finansieras via Naturvårdsverket och länsstyrelsen.

Förordningen om statsbidrag

Användningen av statsbidraget till kalkning regleras i förordningen (1982:840) om statsbidrag till kalkning av sjöar och vattendrag. Förordningen anger vilken typ av åtgärder som är bidragsberättigade, bidragsprocent, bidragsmyndighet samt vissa villkor som ska anges i bidragsbeslut. Förordningen medger också Naturvårdsverket att meddela föreskrifter som rör planering, genomförande och uppföljning av kalkningsåtgärder.

Föreskrifter och allmänna råd

Föreskrifter och allmänna råd har funnits sedan 1 januari 2002. Föreskrifterna vänder sig till länsstyrelse och huvudmän och reglerar ansvarsfördelning samt krav på planering, genomförande och uppföljning.

Handböcker

Naturvårdsverket har utkommit med handböcker för kalkning 1988, 2002 och 2010 (Naturvårdsverket 1988, 2002 och 2010). Handböckerna innehåller råd och rekommendationer avseende spridningsplanering, uppföljning och upphandling av åtgärder. I jämförelse med handboken från 1988 är handboken från 2002 mer detaljerad och tydlig avseende råd och rekommendationer. Handboken från 2002 innehåller också avsnitt om försurningsbedömning samt avsnitt som syftar till att skapa en gemensam begreppsterminologi med åtgärdsområden, målområden och åtgärdsobjekt. Handboken från 2010 är en uppdatering från 2002 som främst syftar till att införliva de bedömningsgrunder för försurning som utkom 2007.

Urval av vatten för kalkning

Det svenska kalkningsprogrammet har aldrig omfattat alla försurade vatten. År 1985 beräknades att 17 procent av de försurade sjöarna kalkades (Naturvårdsverket 1986). År 1990 hade andelen ökat till 21 procent

(Naturvårdsverket 1991). I takt med att antalet försurade sjöar minskat har också andelen som kalkas ökat. För år 2010 beräknas att cirka 40 procent av de försurade sjöarna berörs direkt eller indirekt av kalkning. För vattendragen är det inte möjligt att ange en motsvarande andel, men jämfört med sjöarna omfattar sannolikt kalkningen av vattendrag en mindre andel av de försurade vattendragen.

Urvalet av vatten för kalkning bygger på flera faktorer. Bedömningen av försurningspåverkan beskrivs i avsnitt ”Försurningsbedömning vid kalkning av sjöar och vattendrag”. Motivet för kalkning är att bevara eller åter skapa de natur- eller nyttjandevärden som hotas av försurning. Detta innebär att vatten med höga naturvärden och vatten med intresse för fiske har prioriterats. Kalkningsverksamhetens historia innebär att de lokala fiskeintressena hade stor betydelse för den initiala utvecklingen. I ett senare skede, när Naturvårdsverket övertog ansvaret för kalkningsverksamheten, fick ambitionen att bevara biologisk mångfald större betydelse.



Populära fiskevatten hyser i många fall också höga naturvärden. Inte minst gäller detta för vattendrag med lax. I det svenska kalkningsprogrammet ingår över 100 målområden med förekomst av lax. Foto: Daniel Holmqvist.

Systemet med statsbidrag innebär att alla åtgärder kräver en huvudman som ansvarar för genomförandet. Huvudmannens intresse och betalningsförmåga påverkar därför urvalet av vatten. Således har urvalet av vatten varken på nationell eller regional nivå gjorts utifrån en ensidig värdering av natur- och nyttjandevärden. För att kalka vatten med höga naturvärden, oavsett huvudmannens intresse och betalningsförmåga, har möjligheten att bevilja 100 procent statsbidrag använts flitigt. För att stimulera ytterligare kalkning i glesbygdskommuner, med svag betalningsförmåga, har också en nivå med 95 procentigt statsbidrag tillämpats.

Kalkningsmetoder och kalkningsmedel

Sjökalkning

Vid kalkning av sjöar sprids kalk på hela eller delar av sjöytan. Under kalkningens första år fanns inte specielltillverkade båtar att tillgå och därför skedde spridningen främst under islagda förhållanden. Spridning på is gjordes med olika typer av bandfordon eller traktorer. Ofta användes spridningsutrustning från jordbruket, eller så skedde spridningen för hand. När sjökalkningen ökade gavs förutsättningar att utveckla specialkonstruerade båtar. Från början var dessa enkla, ofta i form av en flotte med provisoriskt monterad trycktank. Dagens kalkbåtar är specialbyggda för kalkspridning. De är konstruerade för att snabbt kunna flyttas mellan sjöar och har en spridningskapacitet på upp mot 200 ton/dag. Vid spridningen blandas kalk och sjövattnen i en behållare innan det pumpas ut i sjön. Därmed ökar kalkupplösningen och damning undviks.



I kalkningens barndom innebar kalkning på ej isbelagda sjöar en svår utmaning. Denna skapelse kallades "Monstret" och gjorde nog ingen större succé. Foto: Länsstyrelsen i Västerbottens län.



En modern kalkbåt har en hjulförsedd ramp för att enkelt komma i och ur sjöarna. Blandningen av kalk och sjövattnen sprids 15–20 meter åt varje håll från båten. Foto: Lajla Lindgren (t.v.) och Tobias Haag (t.h.).

Vid kalkning av små och svåråtkomliga sjöar används helikopter. Kalkmjöl sprids från en specialbyggd behållare, vilket innebär risk för damning. Helikopter har ungefär samma kapacitet som båt, vilket innebär upp mot 200 ton/dygn.

Vid sjökalkning eftersträvas en snabb upplösning av kalken i sjövattnet. Helst bör kalken lösas innan den når botten och sedimenterar. För att maximera upplösningen används finmald kalksten med en kornstorlek på mindre än 0,2 mm.

Våtmarkskalkning

Kalkning på mark tillämpades frekvent redan under försöksperioden. Den tidiga markkalkningen innebar ofta att kalk lades längs stränder till sjöar eller bäckar. Under perioder med höga flöden översvämmades dessa områden varvid kalken transporterades ut till en sjö eller ett vattendrag. Denna typ av kalkning ger ojämna effekter och tillämpas numera sparsamt.

Våtmarkskalkning innebär att kalk sprids över våtmarker för att få effekt på avrinnande vatten. Principen är att kalk läggs på områden med utströmmande grundvatten. I våtmarker benämns sådana områden för kärr. Vid höga flöden ökar vattengenomströmningen i kärret, vilket gör att uttransporten av kalk ökar. Kärret fungerar därmed som en naturlig kalkdoserare med en anpassning av kalktillförseln i förhållande till behovet.

Kalkning av våtmarker sker uteslutande med helikopter. Från början användes huvudsakligen finmalen kalksten, vilket gav betydande olägenheter till följd av damning. Sedan ungefär tio år tillbaka används enbart kalkprodukter som inte dammar.

Kalkdoserare

Kalkdoserare används för att kontinuerligt tillföra kalk till ett vattendrag. I begynnelsen användes kalkbrunnar för detta ändamål. En kalkbrunn består, i normalfallet, av ett par brunnringsringar i betong. Via självtryck leds en del av bäckvattnet ner i brunnens botten. Brunnen fylls med krossad kalksten.



Numera används enbart produkter som inte dammar vid kalkning av våtmarker. Foto: Tobias Haag.

Genom vattnets rörelse sker en omrörning av kalkstenen, vilket ger en viss upplösning. Kalkbrunnen var enkel och billig, men kapaciteten var alltför begränsad.

Kalkdoseraren består av en silo där kalkmjöl lagras samt någon form av mekanisk anordning som transporterar ut kalk från silon. Under årens lopp har kalkdoseraren varit föremål för en betydande teknisk utveckling. Flera olika system för kalkutmatning har prövats och sedermera förkastats. I och med att doserarna står vid vattendrag utvecklades flera vattendrivna modeller. Trots låg precision och betydande driftstörningar var detta under många år det dominerande konceptet. Numera är mer än 90 procent av kalkdoserarna försedda med utmatarskruvar. Skruvarna drivs av en elmotor och mängden utdoserad kalk regleras via hastighet eller gångtid. Mer än 80 procent av anläggningarna har system som automatiskt anpassar mängden kalk till vattenflödet. Merparten är också försedda med system för fjärrlarm och fjärrövervakning via dataterminal.



Kalkdoseraren har en silo som vanligen rymmer 40–80 ton. Med ett ekolod registreras vattennivån kontinuerligt. Därmed anpassas den utdoserade kalkmängden automatiskt till vattenflödet. Foto: Mats Norberg.

Kalkningsstrategi

Från början avsåg kalkningen ofta en enskild sjö som åtgärdades via sjökalkning. Efter hand har kalkningen utvecklats till att omfatta hela vattensystem med både sjöar och vattendrag. Sjöalkning är fortfarande den metod som beaktas i första hand. I många fall krävs dock komplettering med våtmarkskalkning och/eller kalkdoserare. Särskilt gäller detta om vattendrag ska åtgärdas.

Principen vid kalkning av sjöar och våtmarker är att kalk tillförs i förskott och att kalkmängden dimensioneras för att räcka fram till nästa kalkning. Förbrukningen av kalk beror på avrinningen som i sin tur styrs av neder-

bördsmängden. Eftersom nederbördsmängden under kommande år inte är känd används ett normalvärde som baseras på en trettioårsperiod. Dessutom används de erfarenheter som inhämtats under tidigare års kalkning.

I kalkningens inledningsskede tillämpades ofta omkalkningsintervall på tre till fem år, vilket kunde ge stora kemiska variationer. Som en del i kvalitetsarbetet har kalkningsintervallen kortats. Numera omkalkas nästan alla sjöar och våtmarker årligen.

Kalkningsmedel

Från början prövades olika pH-höjande medel, exempelvis bränd kalk, släckt kalk, lut, soda och olivin. Av olika anledningar förkastades dessa och kalksten blev den helt dominerande produkten. Den kalksten som används består till 90–95 procent av kalciumkarbonat (CaCO_3). Kalkstenen bearbetas genom krossning och malning. Inledningsvis användes krossade produkter i ganska stor omfattning. Dessa är billiga och det fanns också en förhoppning att de grova partiklarna skulle ge en mera långsiktig effekt. Studier visade dock att finmald kalksten gav den bästa totalekonomin vid sjökalkning. Kalkstensmjöl med partiklar mellan 0–0,2 mm blev därför den dominerande produkten vid kalkning av sjöar och sedermera även vid kalkning av våtmarker.

Den kalk som används bryts och bearbetas nästan uteslutande i Sverige. Ungefär fem procent hämtas från Tyskland i form av granulerat kalkstensmjöl. Produktionen i Sverige sker främst i Ignaberga (Hässleholm), Uddagården (Falköping), Orsa, Gåsgruvan (Filipstad) och Jutjärn (Rättvik). Kalken transporteras huvudsakligen med lastbil. En del längre transporter sker också med tåg.



Kalken transporteras till lastplatserna i trycktank eller i storsäck (1,5 ton). När storsäck används behövs en specialtillverkad konverteringsanläggning för att överföra kalken till helikopterns spridningsbehållare. Foto: Airlift Helicopter AB.

Den största nackdelen med finmald kalksten är en betydande avdrift med vinden i samband med spridning från helikopter. Detta försämrar effekten och kan också ge skador på vegetation i anslutning till kalkade sjöar och våtmarker. Under slutet av 1990-talet påbörjades en utveckling av nya produkter för kalkning av våtmarker. Det viktigaste motivet var att minimera de negativa effekterna på angränsande vegetation. De produkter som numera används till våtmarker är i princip dammfria. Nyligen presenterade studier antyder också att dessa produkter kan ge ett fullgott resultat vid kalkning av sjöar. Detta innebär att även strandnära områden kan spridas via helikopter utan att riskera skador på angränsande vegetation.

Kalkdos

När kalk kommer i kontakt med vatten sker en upplösning, vilket innebär att kalcium och vätekarbonat frigörs. Därmed ökar vattnets buffringsförmåga och pH-värdet höjs. Höjningen av pH påverkar olika metaller som finns lösta i vattnet. Försurade vatten kan innehålla höga halter av giftiga aluminiumjoner. När pH-värdet höjs omvandlas dessa till ofarliga former.

Kalkbehovet beror på hur mycket vatten som ska behandlas och hur hög kalkdos som behövs. Kalkdosen anges i gram per kubikmeter och beror på hur stor höjning av pH-värdet som eftersträvas. Detta beror i sin tur på hur lågt pH är innan kalkning och vilket pH som eftersträvas efter kalkning. Svenska vatten är ofta svagt brunfärgade, vilket beror på humusämnen som tillförs från marken. Humusämnen innehåller organiska syror, som motverkar höjningen av pH vid kalkning. I ett "normalt" svenskt vatten är det teoretiska kalkbehovet ungefär 3 g/m³ för att höja pH-värdet från 5 till 6.

Vid nykalkning av sjöar åtgår kalk dels för att höja pH i sjöns vattenvolym och dels för att höja pH i det vatten som rinner till sjön fram till nästkommande kalkning. En medelsjö inom det svenska kalkningsprogrammet har en yta på ungefär 30 hektar. Med ett medeldjup på 3 meter blir vattenvolym 900 000 m³. För att höja pH-värdet från 5 till 6 åtgår teoretiskt en kalkmängd på 2,7 ton (3 g/m³). Om sjön har en omsättningstid på ett år är mängden tillrinnande vatten under ett år är lika stor som sjövolymen. Detta innebär att det årligen åtgår ytterligare 2,7 ton kalk. Vid nykalkning kalkas sjön således med 5,4 ton och därefter sker årlig omkalkning med 2,7 ton.

Våtmarkskalkning används främst för att åtgärda vattendrag. Kalkbehovet beräknas utifrån den mängd vatten som förväntas passera genom vattendraget fram till nästa omkalkning. Denna vattenmängd skattas utifrån ett förväntat normalår, vilket baseras på ett medelvärde för 30 år. Kalkbehovet fördelas på lämpliga kärrytor som lokaliseras med hjälp av flygbilder och fältbesök. Det svenska kalkningsprogrammet omfattar vattendrag i storlek från små bäckar till älvar. En bäck med fyra meters bredd kan ha ett tillrinningsområde på 2 000 ha. Om pH ska höjas från 5 till 6 med våtmarkskalkning åtgår ungefär 23 ton/år om bäcken ligger längs Norrlandskusten och ungefär 30 ton om den ligger på Västkusten. Skillnaden beror på att avrinningen är högre på Västkusten.

Det faktiska kalkbehovet är alltid större än det teoretiska. Skillnaden mellan teoretiskt och faktiskt kalkbehov är ett mått på kalkeffekt, vilket beskrivs ytterligare under avsnitt "Vattenkemiska effekter". I kalkningshandboken anges riktvärden som bygger på medelförhållanden. Dessa riktvärden är 3–4 gånger högre än den teoretiska kalkdosen. Detta innebär att sjön i exemplet ovan behöver kalkas med ungefär 8 ton/år i stället för 2,7 ton.

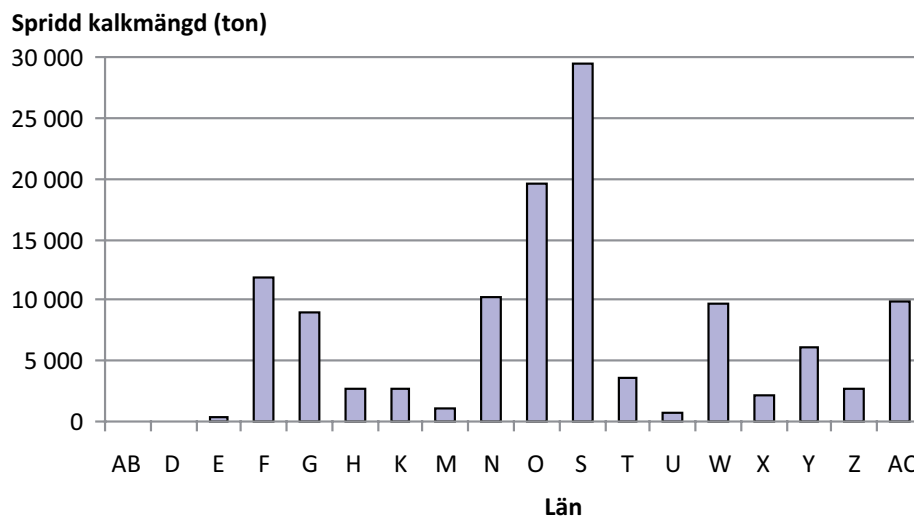
Kalkningsprogrammets omfattning

Kalkförbrukning

Enligt de nyckeltal som länsstyrelserna redovisar till Naturvårdsverket spreds under år 2009 en kalkmängd på 121 928 ton. Drygt hälften spreds på sjöar med båt eller helikopter, drygt en fjärdedel på våtmark och en femtedel med doserare. Snittkostnaden för båtkalkning uppgick till 750 kr/ton, för sjökalkning med helikopter till 1 330 kr/ton och för våtmarkskalkning till 1 390 kr/ton.

Totalt finns 220 aktiva kalkdosere. Flest finns i Dalarna (40 st) och Kronoberg (34 st). För kalk som inköptes till doserare betalades 510 kr/ton. Kostnaden för att sköta doserarna uppgick till 350 kr/ton.

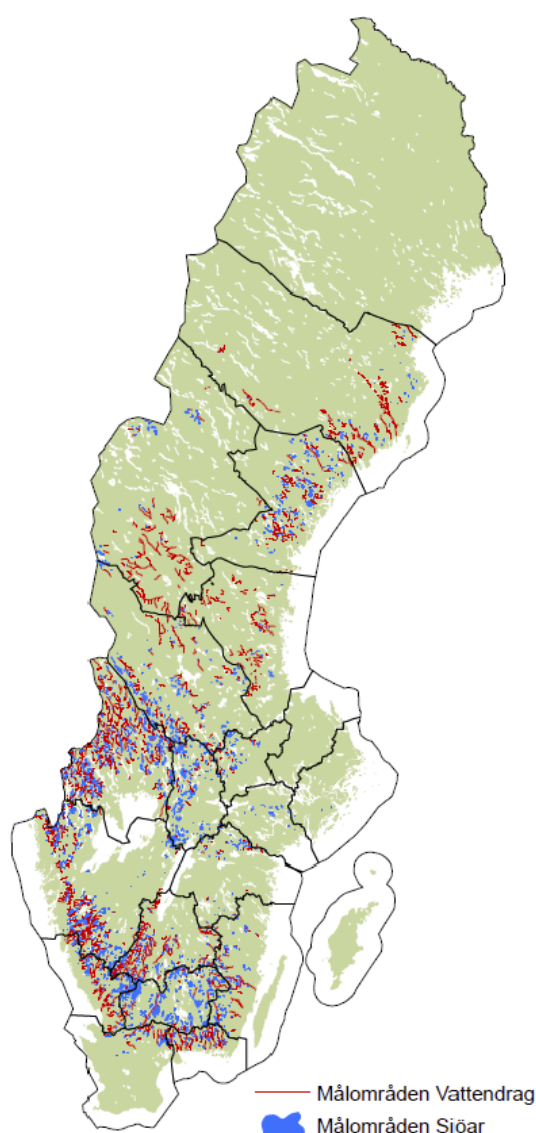
Mest kalk spreds i Värmlands län som stod för nästan en fjärdedel av kalkförbrukningen (figur 7). Därefter följde Västra Götaland, Jönköping och Hallands län.



Figur 7. Spridd kalkmängd under år 2009 enligt länsstyrelsernas rapportering av nyckeltal.

Målområden

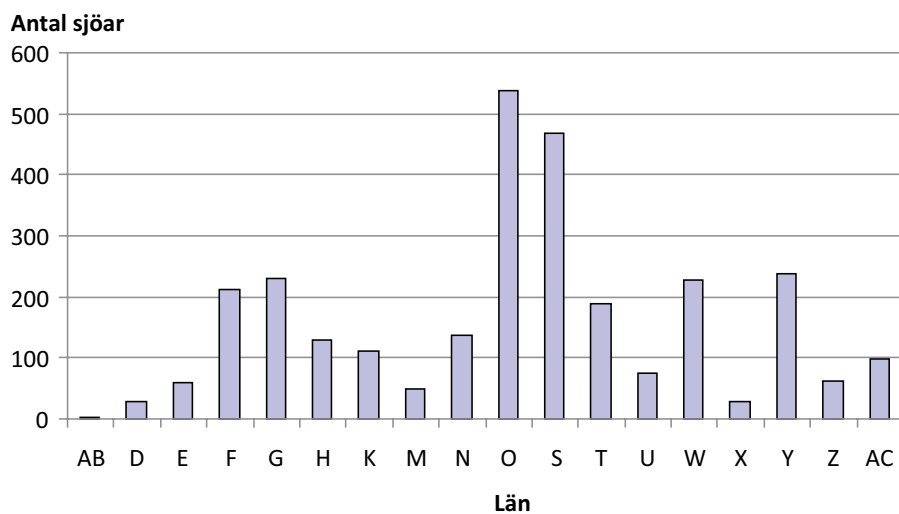
Uppgifter om det nuvarande kalkningsprogrammet har hämtats från de regionala åtgärdsplanerna för 2010–2015. Kalkningsprogrammet omfattar för närvarande 2 629 målsjöar och 1 476 målvattendrag fördelade på 17 län. Flest målområden finns i Värmland följt av Västra Götaland (figur 8). Utöver målområdena berörs ytterligare ett par tusen sjöar och åtskilliga kilometer vattendrag av kalkning. Dessa vatten utgörs dels av sjöar som enbart kalkas för att åtgärda försurning i nedströms belägna vatten och dels av sjöar och vattendrag som påverkas av uppströms kalkning men inte utgör målområden.



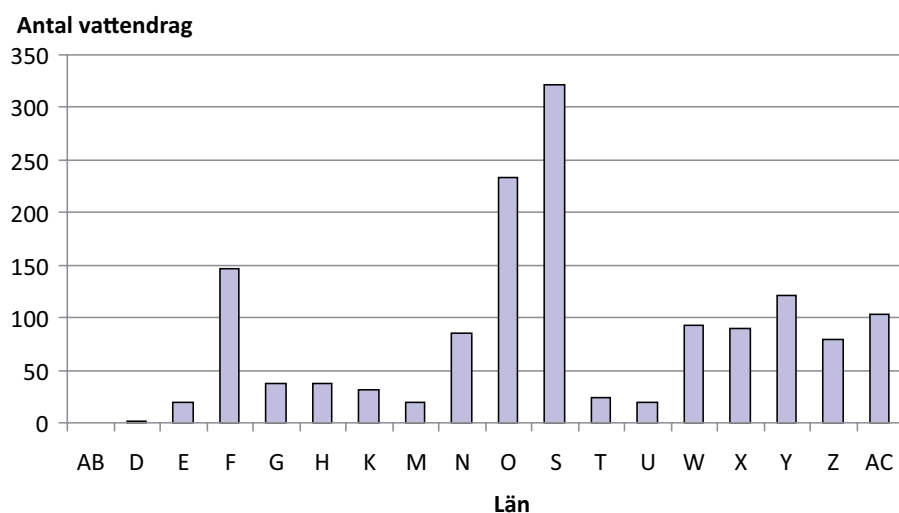
Figur 8. Målområden som ingår i kalkningsprogrammet enligt länsstyrelsernas åtgärdsplaner för 2010–2015.

Målsjöarna har en yta från under en hektar till över 10 000 hektar (figur 9). Bolmen och Åsnen är de två största målsjöarna i landet. Den genomsnittliga målsjön har en yta på 32 hektar och målsjöarnas totala areal uppgår till 294 100 ha. Flertalet målsjöar åtgärdas genom att kalk sprids direkt i sjön, övriga via uppströms kalkning i sjöar, på våtmarker eller via doserare. Ungefär tre fjärdedelar av målsjöarna kalkas också för att åtgärda försurning i nedströms belägna vatten. I län med många målområden i vattendrag är detta mer regel än undantag.

Målvattendrag utgörs av allt från små bäckar med en bredd på någon meter upp till stora älvar (figur 10). Längden kalkade vattendrag som utgör målområde uppgår till 882 mil. Det är svårare att kalka vattendrag än sjöar och därför används ofta en kombination av kalkningsmetoder.



Figur 9. Antal målsjöar fördelat på län enligt länsstyrelsernas åtgärdsplaner för 2010–2015.



Figur 10. Antal målvattendrag fördelade på län enligt länsstyrelsernas åtgärdsplaner för 2010–2015.

Vilka värden skyddas med kalkning?

Motivet för kalkning är de natur- och nyttjandevärden som hotas av försurning.

Motiven utgörs vanligen av försurningskänsliga fiskarter, musslor, kräftor samt möjligheten till fritidsfiske. Hotade arter som är känsliga för försurning, exempelvis lax, flodkräfta och flodpärlmussla utgör viktiga motiv för kalkning.

Det vanligaste motivet i sjöar är mört som förekommer i 1 638 målsjöar. Mört är känslig för lågt pH och har försvunnit från mer än tusen sjöar till följd av försurning. Mört har, där den har sin naturliga hemvist, en viktig

roll i ett fungerande sjöekosystem. Flodkräftan har drabbats hårt av både förorening och kräftpest. 365 kalkade sjöar har flodkräfta som motiv, vilket innebär att ungefär 40 procent av landets flodkräftbestånd skyddas med hjälp av kalkning.

Det vanligaste motivet i vattendrag är förekomst av någon form av öring (havs-, sjölevande- eller strömstationär) som anges för 1 149 målvattendrag. Lax förekommer i 124 vattendrag, främst längs Västkusten. 202 vattendrag har flodkräfta som motiv vilket understryker hur viktig kalkningen är för bevarandet av flodkräftan. Flodpärlmusslan finns i 254 kalkade vattendrag. Detta innebär att nästan hälften av landets kända bestånd finns i kalkade vattendrag.



Hundratals bestånd av flodkräfta har försvunnit eller påverkats negativt av förorening. Kalkning är en av de viktigaste åtgärderna för att bevara flodkräftan. Foto: Tobias Haag.



Öring är det vanligast förekommande motivet vid kalkning av vattendrag. Foto: Johan Ahlström.

Kalkningseffekter

Effektuppföljning

Regional uppföljning

Syftet med den regionala uppföljningen är att kontrollera vattenkemisk och biologisk måluppfyllelse. Dessutom ska uppföljningen ge underlag för kalkningsplanering, för att bedöma om kalkningen kan trappas ned eller avslutas samt för att redovisa kalkningens effekter till berörda målgrupper. Länsstyrelsen ansvarar för den regionala uppföljningen. Ofta anlitas kommuner och konsulter för att utföra det praktiska arbetet.

I samtliga målområden bedrivs vattenkemisk uppföljning. Vattenproven insamlas med målsättningen att upptäcka eventuell förekomst av låga pH-värden, vilket innebär att merparten tas i samband med höga flöden. I vattendrag insamlas i regel 4 till 10 prov/år på varje lokal med målsättningen att alla betydande flödestoppar ska omfattas. I sjöar insamlas prov företrädesvis på våren, efter att isarna försvunnit. Årligen insamlas och analyseras ungefär 20 000 vattenprov.

Den biologiska uppföljningen är inriktad på fisk och bottendjur. I förekommande fall följs också flodkräffa och flodpärlmussla. I vattendrag kontrolleras fiskbestånden med elfiske och i sjöar används nätfiske. Bottendjur insamlas med sparkprover i vattendrag och vid sjöstränder. Årligen genomförs ca 1 000 provfiske i vattendrag och 150 provfiske i sjöar. Insamling och analys av bottendjur genomförs på ungefär 700 lokaler.



För att undersöka fiskbeståndet i rinnande vatten används elfiske. Vid elfiske dras staven mot håven. Det elektriska fältet gör att fisken dras mot staven och bedövas. Efter att provfisket avslutats mäts och vägs fisken för att därefter släppas tillbaka till vattendraget. Foto: Daniela Rivarola.

Nationell uppföljning

Huvudsyftet med den nationella uppföljningen är att bedöma om naturliga ekosystem återskapas, om kalkningen leder till oönskade effekter samt bedöma hur biologin påverkas vid kalkavslut. Naturvårdsverket är ansvarig för verksamheten och merparten är samlad inom ett forskningsinriktat program som benämns IKEU (Integrerad KalkningsEffektUppföljning). IKEU studerar kalkningens effekter på vattenkemi och biologi. Den nationella uppföljningen innefattar också uppföljning av vegetationsskador på kalkade våtmarker.

Vattenkemiska effekter

Måluppfyllelse

Kalkningens vattenkemiska mål är att pH och oorganiskt aluminium inte vid något tillfälle ska påverka djur och växter på ett onaturligt sätt. Innan 2002 tillämpades pH på 6,0 som generellt mål. I handboken från 2002 presenterades ett system med tre målnivåer på 5,6, 6,0 respektive 6,3 (Naturvårdsverket 2002). Valet av pH-mål baserades på känsligheten för de arter som naturligt förväntas förekomma i vattenområdet. Handboken från 2010 innebar en viss justering av systemet från 2002 (Naturvårdsverket 2010). Dessutom tillkom möjligheten att sätta pH-mål lägre än 5,6 baserat på beräkning av naturligt pH. Syftet med olika pH-mål är att erhålla en anpassning till naturlig kemi.

Enligt försurningsmodellen MAGIC varierar naturligt pH från strax över 4,0 till 7,5 med ett medianvärde på 6,4 för landets målsjöar. Ungefär 75 procent av målsjöarna har ett pH-mål som är lägre än naturligt pH och 25 procent har ett högre mål. Mer ingående resultat från målsjöundersökningen kommer att presenteras i Naturvårdsverkets rapport 6412 (Fölster et al 2011). För vattendragen saknas vattenkemiskt underlag för att göra motsvarande jämförelse.

Länsstyrelserna rapporterar årligen den vattenkemiska måluppfyllelsen till Naturvårdsverket. De senaste åren har måluppfyllelsen för sjöar legat runt 90 procent och för vattendrag på 80–85 procent.

Överkalkning

Överkalkning kan avse kalkning över naturliga pH-värden eller kalkning över uppsatta pH-mål. Den överkalkning som förekommer är till stor del oundviklig och beror på de begränsningar som finns i respektive kalkningsmetod. Vid kalkning av sjöar och våtmarker sker kalkning i förskott och effekten sjunker därefter successivt. Kalkmängden dimensioneras för att pH-målet inte ska underskridas innan nästkommande kalkning, vilket i princip betyder att vattenet konstant är överkalkat. Kalkning kan därmed beskrivas som en avvägning mellan graden av initial överkalkning och risken att underskrida pH-målet. Överkalkning av sjöar tillämpas också för att åtgärda försurning i nedströms belägna målområden.

Omotiverad överkalkning förekommer till följd av felaktigt valda spridningsobjekt eller till följd av onödigt stora säkerhetsmarginaler. Vid utvärderingen av målsjöundersökningen från 2007/2008 fanns indikationer att systematisk överkalkning förekom i några län. Dessutom förekom i samtliga län enstaka sjöar med omotiverad överkalkning. Utvärderingen indikerade också att några län i viss utsträckning valt en lägre vattenkemisk måluppfyllelse till förmån för en lägre grad av överkalkning.

Kalkeffekt

Kalkeffekten är ett mått på hur stor kemisk effekt som uppnås i förhållande till använd kalkmängd. Den högsta kalkeffekten erhålls om tillförd kalkmängd momentant anpassas efter behovet. Teoretiskt kan detta åstadkommas med kalkdoserare där kalkmängden kontinuerligt kan anpassas efter vattenflöde och pH på tillrinnande vatten. I praktiken innebär kalkning med doserare en svår teknisk utmaning, men en väl fungerande anläggning uppnår likväl en högre kalkeffekt än både sjö- och våtmarkskalkning.

Vid sjökalkning påverkas kalkeffekten främst av sjöns omsättningstid. Snabb vattenomsättning innebär att kalkmängden blir stor i förhållande till sjöns vattenvolym. Initialt blir pH-värdet därmed högt, vilket innebär att en onödigt stor kalkmängd rinner ur sjön. Hög kalkdos innebär också en ökad sedimentation. En del kalk läggs fast i sedimenten och kommer inte sjövattnet till godo. Direktkalkning av sjöar med snabb vattenomsättning ger låg effekt, men också stora variationer i vattenkemi. Därmed finns risk att effekten inte räcker till nästkommande omkalkning, varvid pH-målet underskrids. Naturvårdsverket rekommenderar att sjöar som utgör målområden inte bör direktkalkas om omsättningstiden är kortare än ett halvår. Trots detta har ungefär en tredjedel av de direktkalkade målsjöarna en omsättningstid kortare än 0,5 år. Utvärderingen av målsjöundersökningen från 2007/2008 visade likväl att kalkeffekt generellt var hög. Kalkeffekten har också höjts avsevärt i samband med de kvalitetsförbättringar som genomförts under 2000-talet. Detta framgår via att den totala kalkförbrukningen minskat med ungefär 40 procent samtidigt som den kemiska måluppfyllelsen inte försämrats.

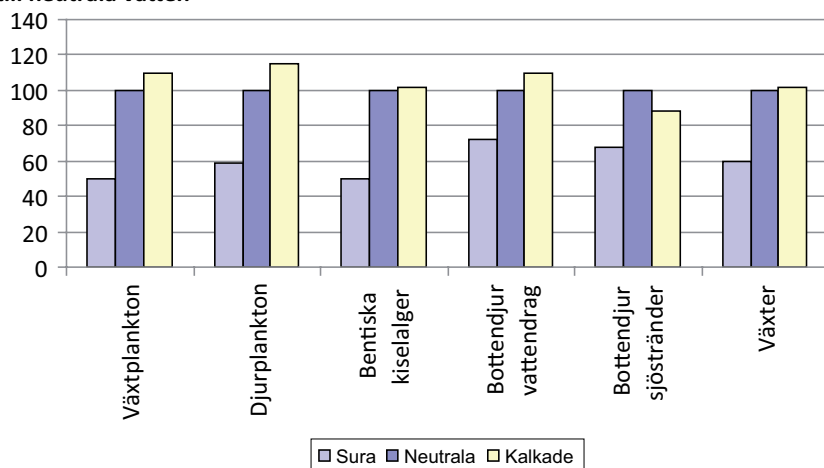
Vid en felaktigt utförd våtmarkskalkning kan effekten bli mycket låg. Främst beror detta på att kalk sprids på olämpliga områden. Dessa kan utgöras av våtmarker med låg vattengenomströmning. I värsta fall kan våtmark som utgör inströmningsområden (mossar) kalkas. Områden med låg vattengenomströmning har liten förmåga att lösa upp kalk, vilket innebär att kalk kan bli liggande under lång tid. Olämpliga områden kan också utgöras av marker med för snabb vattenomsättning. Dessa utgörs av strandområden som tidvis översvämmas. Resultatet blir att kalken spolats iväg under kort tid och att vattnet därefter återförsuras. När våtmarkskalkningen introducerades under andra halvan av 1980-talet var kunskapen dålig och spridningsplanerna utformades i många fall av personer utan erforderlig kompetens. Idag har nästan alla spridningsplaner reviderats av specialister och den förbättrade effekten vid våtmarkskalkning utgör en väsentlig del i att kalkförbrukningen minskat.

Biologiska effekter

En kemiskt lyckad kalkning innebär att försurningens negativa inverkan på djur och växter undanröjs. Försurningskänsliga arter som finns kvar i restbestånd kan expandera snabbt och återfå god status. Försvunna arter med god spridningsförmåga kan återkolonisera efter några år. Detta gäller exempelvis för många insektslarver som är flygande insekter som vuxna. Fisk och flodkräfta kan återkomma om de finns i närliggande vatten och om det finns öppna vandringsvägar. Arter med stor reproduktionsförmåga och kort generationstid kan snabbt återfå en naturlig bestandsstruktur. För mera långlivade arter, som fisk, kan det ta många år att uppnå en naturlig bestandsstruktur. Därmed kan det också ta lång tid att återfå en naturlig balans mellan olika arter. Kalkning ger även positiva effekter för arter som inte är direkt försurningskänsliga, exempelvis fåglar och uter som har försurningskänsliga arter som föda.

Resultat från den nationella uppföljningen visar att kalkade sjöar och vattendrag efter hand hyser ungefär lika många arter som icke försurade ekosystem (figur 11). Resultat från den regionala uppföljningen redovisas från respektive länsstyrelse. Från Jämtlands län visar en utvärdering att tätheten av öring mer än dubblerats efter att kalkning pågått i mer än fyra år (Åslund & Degerman, 2007).

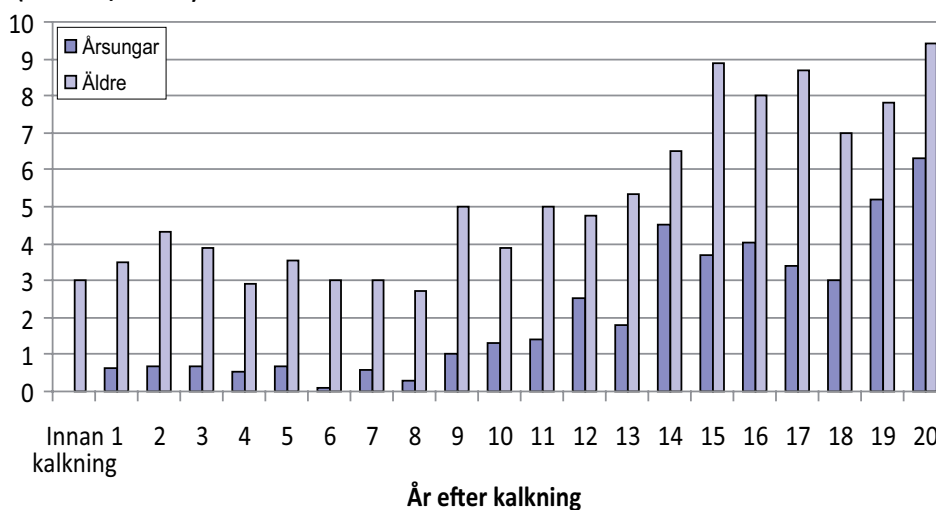
Andel arter (%) i förhållande till neutrala vatten



Figur 11. Andel arter i sura respektive kalkade vatten i förhållande till vatten med neutralt pH. Data från IKEU.

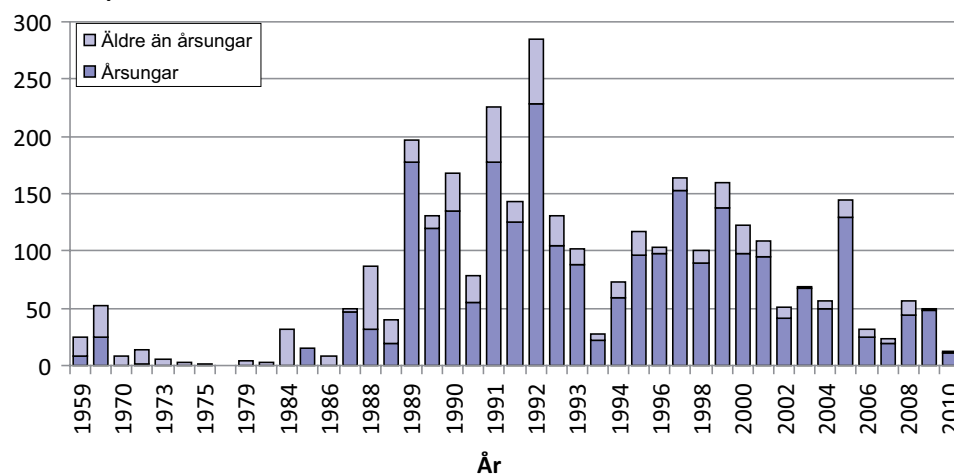
Från Västerbotten rapporteras att tätheten av öring tredubblades efter 20 års kalkning (figur 12, Länsstyrelsen i Västerbottens län, 2011). Dessutom hade andelen lokaler med föryngring ökat med 40 procent jämfört med situationen innan kalkning. Från Halland redovisas data som visar att reproduktionen av lax upphörde i Fylleån under 1970-talet. Efter att kalkningen startade 1982 har reproduktionen återkommit (figur 13).

**Täthet av öring
(individer/100 m²)**



Figur 12. Mediantäthet av öring i kalkade vattendrag i Västerbottens län. Figuren bygger på resultat från 3 400 provfisken. Data från Länsstyrelsen i Västerbottens län.

**Täthet av lax
Individer/100 m²**



Figur 13. Täthet av lax i Fylleån, vid Tolarp 1959–2009. Under 1970-talet minskade laxreproduktionen kraftigt. Kalkningen startade 1982, varefter reproduktionen återkommit. Under 2000-talet har tätheten åter minskat, vilket beror på sämre överlevnad i havet och infektion av laxparasiten *Gyrodactylus Salaris*. Data från Fiskeriverket.

Resultaten från den regionala uppföljningen visar att kalkning såväl lokalt som regionalt har stor betydelse för bevarande av hotade arter. Detta gäller exempelvis för Västkustens laxbestånd. För flodpärlmussla, flodkräfta och havsöring är kalkningen viktig för bevarandet även i ett nationellt perspektiv.

Oönskade effekter

Vegetationsskador på mark

Kalkning på mark kan leda till skador på vegetation. Skador kan uppträda på de markområden som avses att kalkas och på områden som påverkas via kalk som driver med vinden. Våtmarker som är lämpliga för kalkning domineras i regel av olika arter av vitmossa. Efter några år av kalkning försvinner vitmossan och ersätts av områden med död, eller nedbruten, vitmossa (Rafstedt, 2008). På sikt kan vitmossan delvis ersättas av andra arter, exempelvis brunmossor. När vitmossan dör kan arter som växer på vitmossan minska eller försvinna. Detta gäller exempelvis för rundsileshår. Nedbrytningen av vitmossan frigör näringsämnen som kan leda till en ökad tillväxt av starr eller gräs. Vegetationsskadorna har inneburit att det sedan många år tillbaka i princip inte förekommer nykalkning av våtmarker. Däremot fortsätter kalkning av tidigare kalkade ytor. Efter att kalkningen upphör sker en långsam återhämtning, sannolikt åtgår mer än 100 år innan kalkningens effekter försvunnit.



Bilden till vänster visar en kalkad våtmark med stora bruna områden med död vitmossa. Till höger ses en kalkad våtmark där gräs och starr har ökat kraftigt efter kalkning. Foto: Thomas Rafstedt (vänster) och Tobias Haag (höger).

När kalkmjöl sprids från helikopter driver en del kalk med vinden och hamnar på angränsande markområden. Oavsett om dessa områden ligger intill en kalkad sjö eller en kalkad våtmark är det främst vitmossor och lavar som påverkas (Naturcentrum AB, 2009). Vid kalkning av våtmarker används sedan ungefär tio år tillbaka enbart produkter som inte dammar. Vid kalkning av sjöar finns en rekommendation som innebär att strandnära områden inte bör spridas med helikopter. Kan detta inte undvikas bör en icke dammande kalk, exempelvis granulerad kalk, användas.

Vid kalkning av våtmarker kan även skador på tall och gran uppträda (Johansson, 2004). Detta gäller både på träd som finns ute på kalkade våtmarker (myrtrallar) och träd som växer i anslutning till våtmarkerna. Skadorna beror på att bor binds hårdare i marken när pH-värdet höjs, vilket leder till borbrist i träden. I första hand dör trädens toppar och i värsta fall kan hela trädet dö. Skador till följd av borbrist har enbart observerats i norra Sverige, vilket torde sammanhånga med naturligt låga borhalter. I vissa fall har ekonomisk ersättning utbetalats till drabbade markägare.



Spridning av kalkmjöl med helikopter kunde ge ett närmast spöklikt resultat. Skador på angränsande vegetation var det viktigaste motivet för att övergå till kalkprodukter som inte dammar.
Foto: Lena Bondestad.



Tall vid en kalkad våtmark som uppvisar typiska skador till följd av borbrist. Foto: Johan Ahlström.

Biologiska effekter vid överkalkning

pH-värdet spelar en viktig roll för vilka arter som återfinns i sjöar och vattendrag, främst gäller detta vid pH-värden lägre än 6,0. Teoretiskt kan därför kalkning till onaturligt höga pH-värden möjliggöra kolonisation av arter som naturligt inte hör hemma i vattenområdet. I vilken omfattning detta förekommer är omöjligt att veta, vilket beror på att det i regel saknas uppgifter om djur- och växtliv från perioden innan försurning. För arter som bevaras i sjösediment är det möjligt att rekonstruera den naturliga artsammansättningen. Detta har främst tillämpats för kiselalger. I vissa fall har studierna visat att nya arter, som inte återfunnits under sjöns historia, tillkommit efter kalkning (Renberg et al 1993). För fiskbestånd finns i regel god kännedom om situationen innan försurning. Det finns endast ett fåtal uppgifter om att fiskarter som inte tidigare funnits tillkommit efter kalkning. I regel har spridningen skett med människans försorg. Exempel finns att mört etablerats i en kalkad sjö till följd av att levande mört använts som bete.

Överkalkning till pH-värden över uppsatta mål brukar benämnas överdosering. Överdosing förekommer främst när sjöar kalkas för att uppnå nedströmseffekter. För att uppnå tillfredställande nedströmseffekt kalkas många sjöar till pH-värden upp mot 7–7,5. Överdosing till detta pH-intervall påverkar främst växtplankton där ganska många arter försvinner vid höga pH-värden (Persson et al, 2007). Även mossor och högre växter kan påverkas, men effekten är inte dramatisk. Djur påverkas inte på samma sätt vid överdosering. Den potentiellt största risken sammanhänger med att vissa metallkomplex kan vara giftiga vid höga pH-värden. Detta förutsätter att pH ligger upp mot 8,5, vilket är mycket ovanligt (Wällstedt, 2008). Under 2008 genomfördes en större utvärdering av resultaten från den forskningsinriktade uppföljningen av kalkningens effekter (IKEU). Slutsatsen var att vissa negativa effekter förekom, men att de generellt är mindre än effekterna av att inte kalka försurade sjöar och vattendrag (Wällstedt 2008).

Kalkningens samhällsekonomiska nytta

Huvudmotivet för den svenska kalkningsverksamheten är bevarande av biologisk mångfald. Värdet av biologisk mångfald är svårt att uttrycka i monetära termer (exempelvis kronor). Kalkningen syftar också till att skapa förutsättningar för rörligt friluftsliv, främst i form av fritidsfiske. Dessutom har kalkningen betydelse för husbehovsfiske och yrkesfiske.

Bengtsson & Bogelius (1995) redovisade en analys baserad på nio kalkningsprojekt. Projekten utgjorde inte ett representativt urval av landets kalkningar men kunde enligt författarna ändå illustrera kalkningens betydelse för fritidsfisket. Beräkningarna indikerade att merparten av projekten uppvisade större vinster än förluster och att det sammanlagda mervärdet uppgick till åtskilliga miljoner kronor per år. I en studie från samma tidsepok beräknade Sportfiskarna att varje krona som satsades på kalkning genererade en genomsnittlig omsättning inom fritidsfisket på 3,50 kronor (Sportfiskarna, 1996)

Att kalkningen har stor betydelse för fritidsfisket underströks via en intervjuundersökning från 1996 (Appelberg et al, 2004). Med utgångspunkt i svaren beräknades att fiskbestånden i mer än 2 200 sjöar ansågs ha ökat till följd av kalkning.



Möjligheten av bedriva fritidsfiske är ett av de viktigaste motiven för kalkning. Foto: Tobias Haag.

2008 gjorde Bostedt et al en samhällsekonomisk analys av skogsmarkskalkning och ytvattenkalkning. Vid analysen beaktades kostnader för kalk, spridning och uppföljning. Nyttan beräknades i form av betalningsvilja för att skydda ekosystem samt rekreativvärde av fiske. Slutsatsen var att ytvattenkalkning är samhällsekonomiskt lönsam förutsatt att den bedrivs i försurade vatten.

Kalkade vatten uppvisar stora skillnader avseende både värde för biologisk mångfald och värde för rekreation/fiske. Dessutom varierar kostnaderna avsevärt till följd av spridningsmetoder och kalkningsmedel. Detta talar för att kalkningsprogrammet omfattar såväl lönsamma som mer eller mindre olönsamma vatten. Kalkning i vattendrag med lax och havsöring torde tillhöra de mest lönsamma, liksom vatten med flodkräfta. Samtidigt är det svårt att skatta värdet av att bevara hotade arter som exempelvis flodpärlmussla.



Flodpärlmusslan kan bli över hundra år gammal. Till följd av pärlfiske och miljöstörningar är den numera sällsynt och utrotningshotad. Musslan är beroende av lax eller öring som värdfiskar för sin reproduktion. Såväl musslan som värdfiskarna är känsliga för förorening. Foto: Jakob Bergengren.

I kalkningshandboken från 2010 framhålls att en analys av kostnad och nytta lämpligen genomförs vart sjätte år. I analysen beaktas såväl uppnådd nytta som beräknad framtida kostnad och nytta. Om förväntad nytta har uteblivit ska orsakerna till detta utredas. Långvarig kalkning som inte bedöms uppnå den avsedda nyttan bör avslutas.

Försurningsbedömning vid kalkning av sjöar och vattendrag

Historik

För att säkert avgöra om ett vatten försurats behövs mätvärden som visar att pH eller buffringsförmåga förändrats över tiden mot ett surare tillstånd. Innan försurningen drabbade landet fanns, i princip, ingen regelrätt övervakning av kemi och biologi i sjöar och vattendrag. Detta innebär att det saknas opåverkade jämförelsedata till de mätvärden som insamlats efter att försurningen etablerades. I det praktiska miljöarbetet medför detta att försurning, och därmed behov av kalkning, måste bedömas via en sammanvägning av tillgänglig information. När kalkningen startade utgjordes detta underlag normalt av aktuell vattenkemi (pH och alkalinitet), muntliga uppgifter om fisk och flodkräfta samt en allmän bild av försurningen inom regionen. Uppgifterna om fisk och flodkräfta kunde beröra aktuell status, men även förändring i tiden. Ofta togs beslut om kalkning om pH var lägre än 6 samtidigt som försämrad status för mört eller flodkräfta fanns rapporterat. När kalkningen expanderade fanns också ekonomiskt utrymme att kalka i förebyggande syfte, dvs. innan biologiska skador konstaterats. I normalfallet torde detta inneburit att sjöar med pH lägre än 6,0 kalkades om de hyste mört eller flodkräfta.

Kalkning av vattendrag är mera kostsamt, vilket motiverade mera omfattande förundersökningar. Många vattendrag provfiskades innan kalkning och resultaten kombinerades med äldre beståndsuppgifter från skriftliga eller muntliga källor. Tillsammans med aktuell kemi gjordes en bedömning om bestånd av öring eller lax var påverkade av försurning.

Försurningsmodeller

Graden av försurning kan beräknas med matematiska modeller. Dessa har sin grund i den forskning som bedrivs kring försurning och Naturvårdsverket ansvarar för att värdera, rekommendera och tillgängliggöra lämpliga modeller. Detta görs i form av bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Den första bedömningsgrunden utkom 1989 och 1999 kom en reviderad version (Naturvårdsverket 1989 & 1999).

Sannolikt har bedömningsgrunderna tillämpats sparsamt vid urval av nya kalkningsobjekt. Det finns flera förklaringar till detta. Bland annat att många sjöar redan var kalkpåverkade när bedömningsgrunderna utkom och att kalkade vatten inte kunde bedömas. Även låg tilltro till modellerna torde ha bidragit.

Försurningsmodeller har likväl haft betydelse för att motivera en fortsatt utbyggnad av kalkningsprogrammet. Detta i form av de utvärderingar som presenterats med utgångspunkt i de riksomfattande sjöinventeringar som utfördes 1985 och 1990. Resultaten från riksinventeringen 1985 presenterade

i Monitor 1986 (Naturvårdsverket 1986). Vid den tidpunkten fanns ungefär 2 500 kalkade sjöar. Naturvårdsverket konstaterade att detta var en liten andel av de ungefär 15 000 sjöar som bedömdes försurade. De områden som utpekades som försurade sammanföll med de områden där kalkningen sedermera etablerades.

Riksinventeringen 1990 (Naturvårdsverket 1991) visade att flertalet sjöar inom stora delar av sydvästra Sverige fortfarande var försurade och inte omfattades av kalkning. I Värmland fanns exempelvis 1 400 kraftigt försurade sjöar, vilket blev ett motiv för att utöka kalkningen i länet. Även i norra Sverige var sjöförsurningen påtaglig. I exempelvis Västerbotten uppskattades det finnas 800 kraftigt försurade sjöar som inte omfattades av kalkning.

Nuvarande system för försurningsbedömning

År 2007 utkom nya bedömningsgrunder för försurning (Naturvårdsverket 2007b). Grunden för bedömningen utgörs av ett modellverktyg (MAGIC) som beräknar naturliga nivåer för buffringsförmåga och pH. MAGIC presenterades redan 1985, men har tidigare främst används i forskningssammanhang. Det centrala i modellen utgörs av förrådet med utbytbara baskatjoner (kalcium, magnesium, kalium och natrium) i marken. Förrådet påverkas av nedfall, vittring, upptag i vegetationen samt avrinning. Nedfallet av svavel innebär att förrådet av baskatjoner minskar, vilket leder till en minskad tillförsel av buffringsförmåga till sjöar och vattendrag.

MAGIC-bibliotek

MAGIC-modellen är komplicerad och kräver indata från mark och vatten. För att kunna använda modellen i praktiskt miljöarbete har ett s.k. MAGIC-bibliotek skapats. I biblioteket har sjöar och vattendrag som modellerats med MAGIC samlats. Försurningsbedömningen innebär att det vatten som ska bedömas matchas mot det vatten som det liknar mest i MAGIC-biblioteket. Matchningen görs via ett Internet-baserat verktyg som nås via <http://www.ivl.se>. Förändringen i pH och buffringsförmåga hämtas därmed från det matchade vattnet i biblioteket.

Graden av försurning definieras som minskningen i pH i förhållande till naturlig nivå, vilket benämns ΔpH (delta-pH). Om förändringen är större än 0,4 pH-enhet klassas en sjö som försurad. Samma gräns tillämpas för vattendrag, men vattendragen klassas också som försurade vid $\Delta\text{pH} > 0,2$ om pH under höglöden ligger i intervallet 4,6–5,4.

Bedömningsgrunden från 2007 avviker väsentligt från tidigare versioner. Dels används en annan modell för beräkning av naturliga nivåer och dels baseras klassningen av försurning på pH i stället för alkalinitet. Konsekvensen är att vatten som tidigare klassades som försurade kan klassas som ej försurade och vice versa.

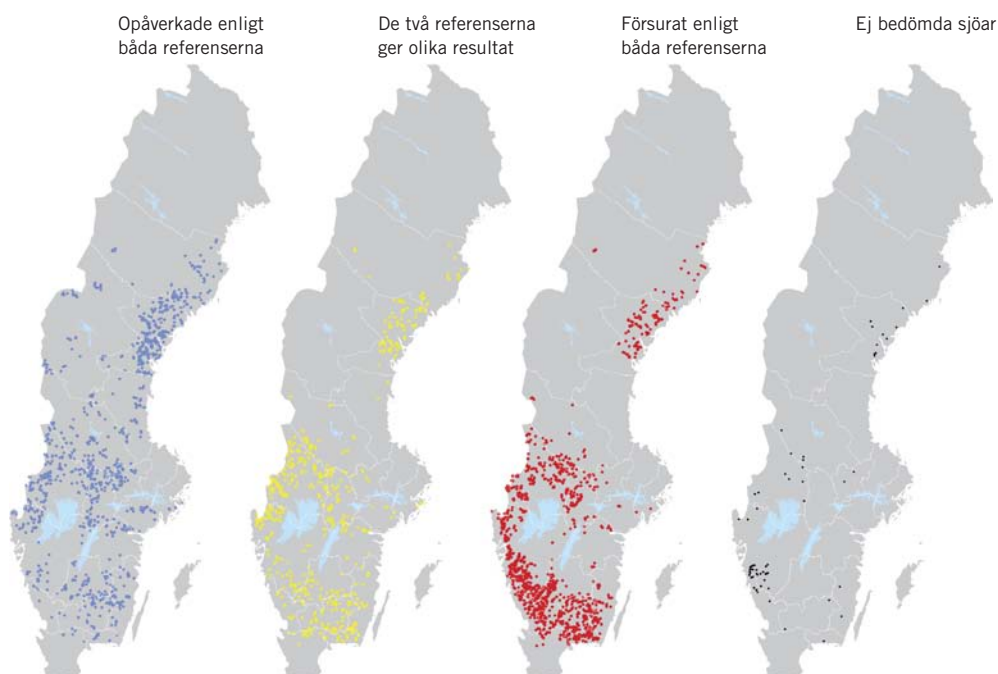
Korrigerig för kalkpåverkan

Bedömningsgrunderna från 2007 innehåller också ett system för att försurningsbedöma kalkpåverkade vatten, dvs. för att bedöma om vattnen skulle vara försurade utan kalkning. Försurningsbedömningen görs på samma sätt som för okalkade vatten, men föregås av att kalkningens påverkan på vattenkemin borträknas. Förenklat bygger systemet på att den okalkade kvoten mellan kalcium och magnesium (Ca/Mg) används för att beräkna okalkat kalciumhalt. Därefter kan okalkade värden på buffringsförmåga och pH beräknas. Ca/Mg-kvoten före kalkning är ofta okänd och skattas via uppmätta värden i närliggande, okalkade, vatten.

Försurningsstatus i kalkade vatten

Sjöar

Under 2007/08 genomfördes en undersökning av samtliga målsjöar inom kalkningsverksamheten. Vid utvärderingen gjordes två separata försurningsbedömningar för varje sjö. Med separata menas att korrigeringen för kalkpåverkan gjordes med Ca/Mg-kvot från två närliggande sjöar innan försurningsstatusen bedömdes med hjälp av MAGIC-biblioteket. Totalt bedömdes 43 procent av sjöarna som försurade, 34 procent som oförsurade och 22 procent som osäkra (figur 14). Osäker bedömning innebär att olika försurningsstatus erhöles vid de två separata bedömningarna (Fölster et al 2011).



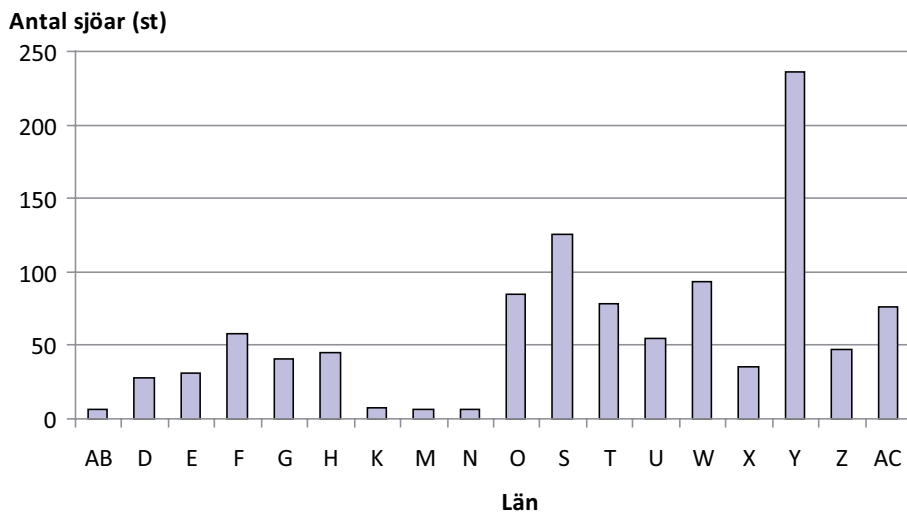
Figur 14. Försurningsstatus i målsjöar om de inte kalkas. Resultaten baseras på målsjöundersökningen från 2007/2008. Försurningsbedömningen har gjorts med MAGIC-biblioteket efter borträkning av kalkningspåverkan med två olika referenser. Obedömda sjöar innebär att korrigeringen för kalkning gav negativa halter eller att MAGIC-biblioteket inte gav någon matchning.

Resultaten kan också användas för att jämföra uppmätt pH med naturligt pH. Sjöar utan nedströms mål hade i medeltal ett pH som var 0,25 enhet högre än naturligt. I sjöar med nedströms belägna målområden var pH 0,4 enhet högre än naturligt.

Det kan uppfattas som motsägelsefullt att ganska många sjöar klassades som oförsurade samtidigt som pH-värdena efter kalkning var väl anpassade till naturliga nivåer. En viktig förklaring är den anpassning till minskad försurning som har genomförts under 2000-talet. Under 2000-talet har kalk-

förbrukningen minskat med 40 procent. I många sjöar som ingick i målsjöundersökningen hade kalkningen avslutats, eller trappats ned. Konsekvensen var att ungefär hälften av sjöarna som klassades som oförsurade, inte längre var att betrakta som kalkade.

Totalt klassades 1 059 av 3 015 sjöar som ej försurade. Av dessa återfanns 236 sjöar i Västernorrlands län (figur 15). Därefter följde Värmland med 126 sjöar och Västra Götaland med 85 sjöar. I förhållande till antalet målsjöar i länet förekom den högsta andelen oförsurade sjöar i Jämtland (100 procent) och Gävleborg (95 procent). Jämtland är det län där kalkningen minskat mest under 2000-talet. Totalt ingick 47 målsjöar från Jämtland i undersökningen. Ingen av dessa klassades således som försurade, men samtidigt klassades bara sex sjöar som kalkade ur ett kemiskt perspektiv.



Figur 15. Antal målsjöar som klassades som oförsurade i målsjöinventeringen 2007/2008.

Försurningsbedömningen av kalkade sjöar innefattar flera felkällor, vilket kommenteras under avsnitt ”Osäkerheter vid försurningsbedömning”. Detta innebär att en viss mängd av de sjöar som bedöms försurade är oförsurade och vice versa. För att använda utfallet för specifika sjöar måste en värdering göras av underlagsmaterialet. I länsstyrelsernas åtgärdsplaner för perioden 2010–2015 har sådana värderingar genomförts och det är med utgångspunkt ur dessa som kalkbehovet till år 2015 har skattats (se avsnitt ”Kalkbehov”).

Även den framtida försurningsstatusen kan skattas med MAGIC. Detta har gjorts för de okalkade sjöar som utvaldes för att likna de kalkade (se avsnitt ”Liten framtida återhämtning”). De kalkade sjöarna förväntas följa samma utveckling, vilket innebär att nästan alla försurade sjöar beräknas förbli försurade under en överskådlig framtid.

Vattendrag

Under hösten 2010 påbörjades en vattenkemisk undersökning av samtliga kalkade målvattendrag. Undersökningen är omfattande och ska vara helt färdig 2016. Resultaten kommer att tillgängliggöras löpande under perioden och kan därmed efterhand beaktas vid försurningsbedömning av kalkade vattendrag.

I uppdraget att utforma regionala åtgärdsplaner för 2010–2015 ingick att redovisa en preliminär försurningsbedömning av målvattendragen. Flertalet länsstyrelser har inte redovisat detta och det är därför inte möjligt att beakta försurningsstatusen i vattendrag vid bedömningen av kalkbehovet i den nationella kalkningsplanen.

Behov av nykalkning

Försurade vatten som inte kalkas

De senaste beräkningarna indikerar att det finns ungefär 11 600 försurade sjöar, varav cirka 4 900 berörs av kalkning. Avseende vattendragen finns inga motsvarande siffror att tillgå.

Antalet försurade sjöar baseras på mätningar i ungefär fem procent av landets totalt 96 000 sjöar. Detta innebär att merparten av de försurade sjöarna inte är kända. Därmed finns inte underlag för att beskriva karaktären på försurade sjöar, varken avseende storlek, bevarandevärden eller intresse för fiske och friluftsliv. Försurade sjöar finns dock spridda över hela Sverige, men betydligt glesare i Norrlands inland.

I kalkningens inledande skede var lokala fiskeorganisationer aktiva som huvudmän. Detta talar för att försurade vatten med stort lokalt intresse för fritidsfiske kom att kalkas. När kommunerna i allt högre grad tillkom som huvudmän kom kalkningen även att omfatta vatten med höga naturvärden. I och med att vatten med höga naturvärden också kunde erhålla 100 procentiga statsbidrag möjliggjorde detta för länsstyrelserna att styra kalkningsinsatser till vatten som bedömdes värdefulla ur en nationell och regional synvinkel. Sammantaget talar detta för att dagens kalkningsprogram omfattar merparten av de försurade sjöar och vattendrag som hyser ansevärda natur- eller nyttningsvärden.

Försurningen har påverkat sjöar och vattendrag i mer än 50 år. Nedfallet av försurande ämnen kulminerade i slutet på 1970-talet och runt 1990 kulminerade effekten i sjöarna. Merparten av dagens kalkningar påbörjades under 1980-talet. I det läget fungerade kalkningen delvis som en förebyggande åtgärd och många försurningspåverkade bestånd kunde räddas innan de hann slås ut. I vatten som fortfarande är försurade efter 50 år har djur- och växtsamhällen anpassats efter surare förhållanden, vilket inneburit att känsliga arter slagits ut. Kalkning av sådana vatten innebär inte en förebyggande åtgärd för att rädda påverkade bestånd. Däremot kan kalkningen innebära att arter som slagits ut ges möjlighet att kolonisera från andra vattenområden.

Även om det saknas en komplett förteckning över försurade vatten är det rimligt att anta att dessa domineras av små sjöar och små vattendrag. Antagandet bygger på att källområdena är mera påverkade av försurning än de lägre delarna av avrinningsområdena. Dessutom torde större sjöar och vattendrag till stor del redan omfattas av kalkning. Små sjöar har ofta snabb vattenomsättning och bör därför inte direkt kalkas. Små vattendrag har ofta en för liten andel sjöar i avrinningsområdet för att åtgärdas med sjökalkning. Teoretiskt kan de åtgärdas med kalkdoserare, men i praktiken är det svårt att uppnå ett stabilt resultat i små vattendrag. För merparten av de försurade sjöar och vattendrag som idag inte kalkas återstår därmed kalkning via våtmarker eller på skogsmark.

Sammantaget antyder resonemanget kring nykalkning att försurade vatten som inte omfattas av kalkning generellt är kostsammare att kalka än de som redan omfattas av kalkning. Kostsam innebär både en högre ekonomisk insats och en negativ påverkan på kalkade våtmarker. Generellt blir också nyttan mindre, vilket dels beror på att nykalkningen inte ger ett förebyggande skydd och dels på att vattnen med de högsta natur- och nyttjandevärdena redan omfattas av kalkning. Inom ramen för den generella bilden torde det ändå finnas försurade vatten som är lönsamma att kalka.

Inom ramen för detta uppdrag har ingen analys av samhällsnytta kopplat till en utökad kalkningsverksamhet genomförts. Förutsättningen för att göra detta är att de försurade vattnen är identifierade så att en bedömning av lämpliga kalkmetoder och förväntad nytta är möjlig att göra.

Skogsmarkskalkning

Nästan alla försurade sjöar och vattendrag mottar huvuddelen av tillrinnande vatten från skogsmark. Inom stora delar av sydvästra Sverige är skogsmarken kraftigt försurad. Återhämtningen kommer att ta mycket lång tid och många vatten kommer att förbli försurade inom en överskådlig framtid. Teoretiskt kan markens förråd av basiska ämnen (baskatjoner) återställas med hjälp av kalk och aska. En återställning av marken skulle teoretiskt innebära att försurningsproblemet i sjöar och vattendrag förbättras och eventuellt helt åtgärdas.

Flera olika försök med skogsmarkskalkning har genomförts både nyligen och tidigare. År 2008 presenterades en utvärdering som beställdes av Skogsstyrelsen (Löfgren et al, 2008). Resultaten visade att skogsmarkskalkning, med de kalkgivor som anses rimliga att använda för att undvika vegetationsskador, inte gett avsedd effekt. Endast i områden med mycket tunna jordtäcken kan metoden fungera. Med utgångspunkt i resultaten presenterade Skogsstyrelsen ett antal ståndpunkter. Skogsstyrelsen ansåg att skogsmarkskalkning kan påskynda återhämtningen av försurad skogsmark och att det kan vara en möjlig åtgärd i områden med tunna jordlager där inte traditionella kalkningsmetoder är lämpliga. Den i genomsnitt måttliga effekten på avrinnande vatten innebar att Skogsstyrelsen inte rekommenderade en storskalig verksamhet.

Vattenmyndigheternas åtgärdsprogram

I december 2000 antogs EU:s ”Ramdirektiv för vatten”. Direktivet innebär att alla vatten ska uppnå god ekologisk och kemisk status till år 2015.

Under 2010 presenterade vattenmyndigheterna åtgärdsprogram för perioden 2009–2015. Behovet av kalkning bygger i princip på en beskrivning av nuvarande verksamhet. Myndigheterna framhåller vikten av att bibehålla pågående verksamhet för att inte riskera att den ekologiska statusen försämras. Behovet av nykalkning har inte preciseras eller kvantifieras, vilket beror

på att dataunderlag saknas för att verifiera försurning enligt nya bedömningsgrunder (MAGIC). Till Naturvårdsverket riktar vattenmyndigheten följande uppdrag med avseende på kalkning:

”Naturvårdsverket behöver, efter samråd med Fiskeriverket och länsstyrelserna, ta fram underlag för, och anpassa den nationella kalkningsplanen till att omfatta de vattenförekomster som inte uppnår, eller riskerar att inte uppnå, god ekologisk status på grund av antropogent orsakad försurning.”

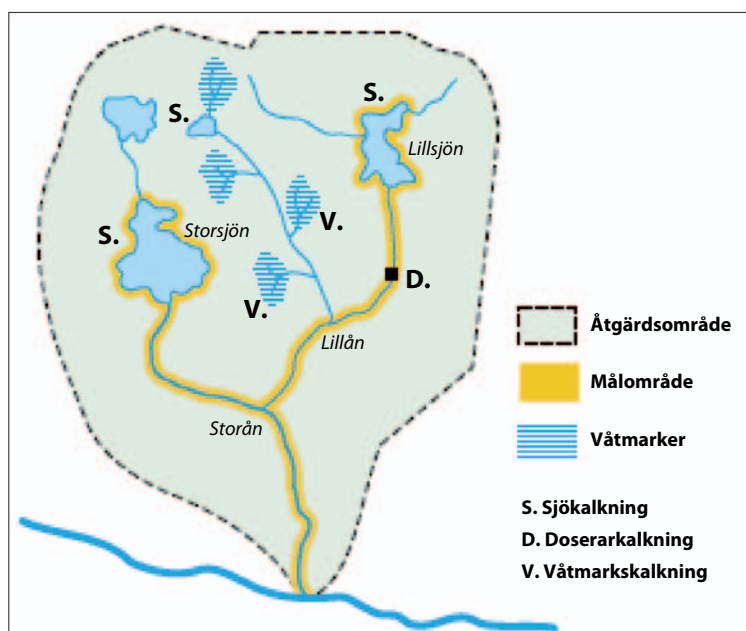
Vattenmyndigheten i Västerhavet föreslår också kalkning av skogsmark till en årlig kostnad på 19,7 miljoner kronor under programperioden. Dessutom föreslås en utökad ytvattenkalkning med 5,7 miljoner kronor/år.

Kalkning under perioden 2011 till 2015

Kvalitetsprocessen 2000–2010

År 1995 tillsatte regeringen en särskild utredare för att se över kalkningsverksamheten (SOU 1996:53). Kalkningsutredningen överlämnades i maj 1996 och pekade på ett antal brister, bland annat avseende kalkningens planering och genomförande. Ett av de viktigaste förslagen var att skapa speciella regioner för kalkning och därigenom koncentrera resurser för planering och genomförande. Regionaliseringen kom aldrig att genomföras, men kalkningsutredningen blev startskottet till en nationellt styrd kvalitetsprocess.

Kalkningshandboken från 2002 skapade en plattform för kvalitetsarbetet. I Handboken definierades begrepp som åtgärdsområde, målområde, åtgärdsobjekt, målpunkt och styrpunkt (figur 16). Ett av syftena var att skapa enhetlighet för att kvantifiera och beskriva verksamheten på nationell nivå. Handboken innehöll också detaljerade beskrivningar av kalkningsmetoderna och deras tillämpning. Dessutom redovisades minimikrav på den kemiska uppföljningens omfattning och utformning. För att handboken skulle få genomslag ordnades utbildningar riktade till länsstyrelser, kommuner och entreprenörer.



Figur 16. I Kalkningshandboken från 2002 definierades ett antal gemensamma begrepp för kalkningsverksamheten. Åtgärdsområdet innefattar hela tillrinningsområdet till det nedersta målområdet. Målområdena utgör utpekade sjöar och vattendrag där kalkningen syftar till att uppnå specifika kemiska och biologiska mål. Åtgärdsobjekt utgörs av sjöar, våtmarker samt vattendrag där kalken sprids.

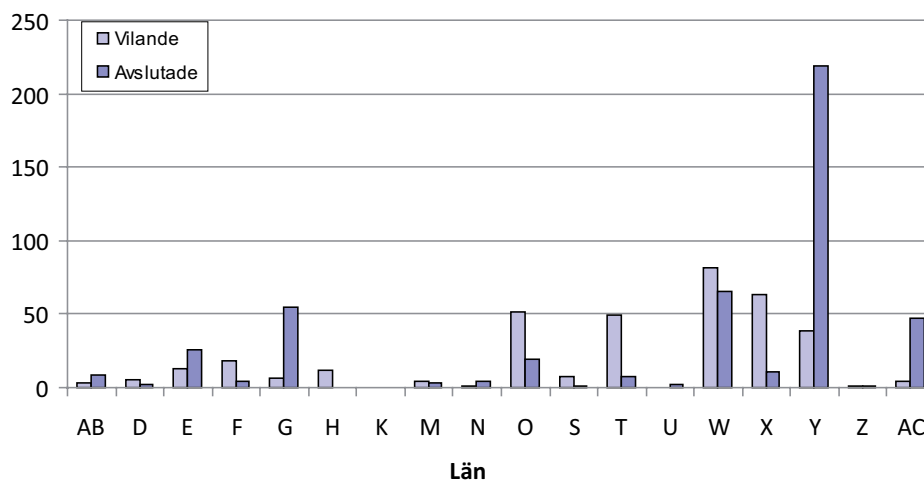
År 2002 fick länsstyrelserna i uppdrag att utarbeta regionala åtgärdsplaner för kalkning för perioden 2003 till 2007. Planerna innehöll detaljerade beskrivningar av samtliga kalkade åtgärdsområden. Naturvårdsverket granskade planerna och därefter besöktes varje länsstyrelse med syfte att redovisa synpunkter och hitta lösningar på de problem som konstaterats. Tillsammans med länsstyrelsernas årliga ansökningar och rapporterade nyckeltal har åtgärdsplanerna legat till grund vid fördelningen av bidragsmedel för perioden 2004 till 2011. Planerna har använts för att bedöma behov av särskilda insatser för spridningsplanering och teknisk uppgradering av kalkdoserare. Planerna har också utgjort underlag för att bedöma i vilken omfattning behov funnits att höja effekten i pågående kalkningsprojekt.

Antal kalkade sjöar och vattendrag

Under kalkningsverksamhetens historia har kalkning avslutats i hundratals sjöar. Vanligen har detta skett till följd av att tillfredställande vattenkemi inte kunnat uppnås eller att huvudmannens intresse upphört. I vilken omfattning kalkning avbrutits till följd av minskad försurning kan inte särskiljas. Under 2000-talet har fokus varit att anpassa kalkningen till den förbättring av försurningsläget som främst skedde under 1990-talet. Det är dock först efter att definitionen med målområden etablerades som det finns statistik som visar hur antalet målområden förändrats över tiden.

Av de målområden som var aktiva 2006 har 18 procent lagts vilande (planeras inte längre att kalkas) eller avslutats fram till 2010 (figur 17). Minskningen har varit störst i Stockholms län där ingen kalkning längre bedrivs och i Dalarnas, Västernorrlands och Gävleborgs län där mer än 40 procent av målområdena inte längre är aktiva. Minskningen förklaras inte bara med det förbättrade försurningsläget. Andra förklaringar är att motiven bedömts för låga eller att positiva resultat uteblivit.

Antal målområden

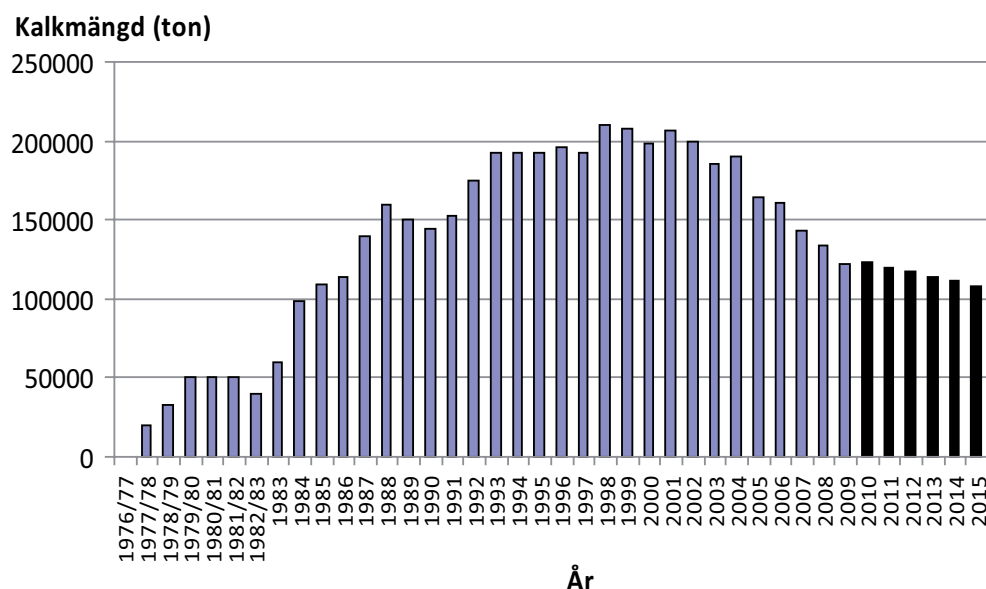


Figur 17. Antal målområden som avslutats eller lagts vilande sedan 2006.

Processen med att fasa ut kalkningar pågår fortlöpande. Detta innebär att kalkmängden minskas successivt för att kontrollera om uppsatta pH-mål nås utan kalkning. Denna process kommer att leda till en ytterligare reduktion av antalet målområden. Den pågående vattenkemiska inventeringen av mål-vattendrag kommer också att innebära att en del målområden klassas som oförsurade och därmed kan avslutas.

Kalkbehov

Förbrukningen av kalk ökade nästan kontinuerligt från 1982 till 1993 (figur 18). Därefter var förbrukningen närmast konstant i tio år. Efter 2002 har kalkförbrukningen minskat med ungefär 40 procent. Minskningen beror dels på effektivare kalkning och dels på en anpassning till minskad försurning.



Figur 18. Mängd spridd kalk 1977–2009 samt beräknat kalkbehov under perioden 2010–2015.

Skattningen av kalkbehovet för 2010–2015 baseras på spridda kalkmängder för 2009. Förbrukningen av kalk i kalkdoserare påverkas i hög grad av avrinningen under året. Det är därför inte lämpligt att bara använda ett enskilt år som underlag. Förbrukningen av doserarkalk har därför baserats på ett snitt för perioden 2005–2009. För att inte överskatta behovet där kalkdoseringen avsiktligt har dragits ner under de senaste åren har även hänsyn tagits till den planerade mängden för 2010–2012.

Utgångspunkten för det framtida kalkbehovet utgörs av de planerade kalkmängder som länsstyrelserna angett i de regionala åtgärdsplanerna för 2010–2015. Naturvårdsverket har genomfört en stickprovsgranskning av planerna för att bedöma om länsstyrelsernas bedömningar är rimliga. För samtliga län har ett antal åtgärdsområden granskats. Föreslagna kalkobjekt och kalkgivor

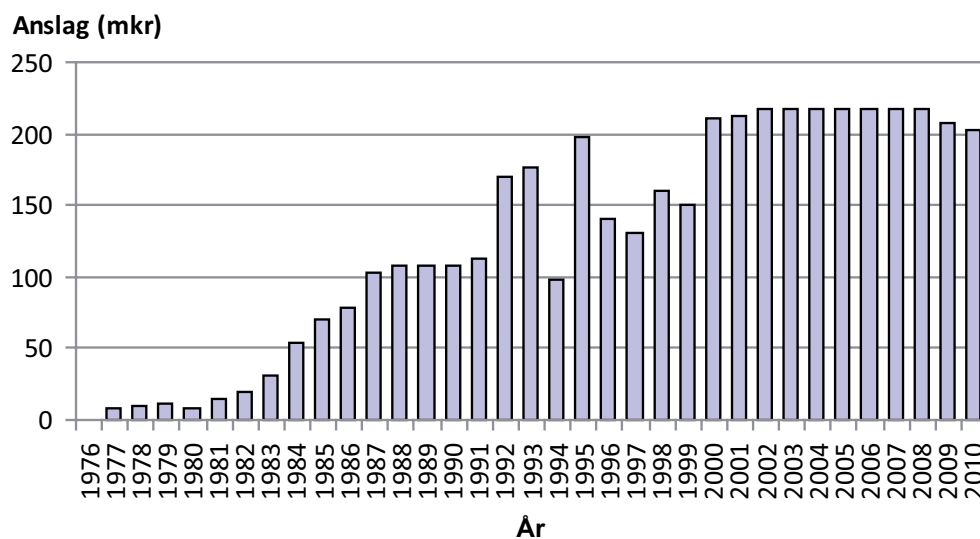
har värderats i förhållande till angivna försurningsbedömningar och redovisad vattenkemi. Utifrån graden av omotiverad överkalkning och fortsatt kalkning av målområden som bedömts som oförsurade har potentialen att minska (eller öka) kalkningen skattats. Eftersom skattningarna bygger på stickprov och inte har kommunicerats med respektive länsstyrelse finns risk för enskilda felbedömningar. Därför redovisas inga länsvisa bedömningar. På nationell nivå ger förfarandet dock en tillräckligt god bild av potentialen. Granskningen visade att många länsstyrelser inte klarat av att försurningsbedöma vattendragen. Från några län saknades också en rimlighetsbedömning av de försurningsdata som erhållits från målsjöundersökningen.

Granskningen antyder att kalkförbrukningen kan minskas med ytterligare ungefär 12 procent i förhållande till det som angivits av länsstyrelserna. Potentialen avser minskningen till och med 2015. Minskningen kan inte göras på ett år då den tillhörande kalkningsplaneringen är tidskrävande och justeringar oftast görs successivt för att inte riskera biologiska skador som orsakas av felbedömningar.

För år 2009 uppgick kalkförbrukningen till knappt 122 000 ton. Minskningen med 12 procent innebär att kalkförbrukningen till år 2015 kan minska till ungefär 108 000 ton.

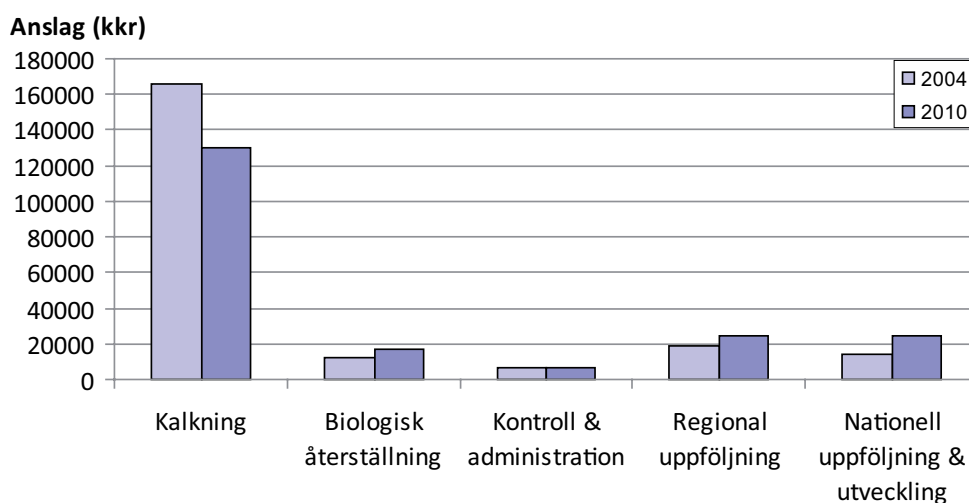
Behov av statsbidrag

Sedan 1976 har drygt 4,4 miljarder kronor anslagits till kalkning av sjöar och vattendrag (figur 19). Anslaget sänktes år 2009 från 218 miljoner kronor till 208 mkr. För år 2010 skedde en temporär neddragning med fem miljoner kronor.



Figur 19. Statsanslag till kalkning av sjöar och vattendrag för perioden 1976–2010.

Utöver kalkningsåtgärder används anslaget till nationell och regional uppföljning, spridningskontroll, administration för huvudmännen samt biologisk återställning. Under de senaste åren har en omfördelning skett avseende anslagsfördelningen. En jämförelse mellan 2004 och 2010 visar att detta främst inneburit ett minskat anslag till kalkningsåtgärder (figur 20). Från 2004 till 2010 minskade anslaget till kalkningsåtgärder med drygt 36 miljoner kronor, vilket motsvarar 22 procent. En del av dessa medel har omfördelats till uppföljning och biologisk återställning, resterande neddragning beror på att det totala anslaget minskat.



Figur 20. Fördelningen av anslaget till kalkning för 2004 respektive 2010.

Kalkning utförs genomgående som totalentreprenad, dvs. entreprenaden omfattar kalk, transporter och spridning. Sedan 2004 har priset för kalkmjöl ökat med ungefär 40 procent vid båtspridning och 30 procent vid spridning med helikopter. Till och med 2008 följde utvecklingen ganska väl den allmänna prishöjningen inom jämförbara branscher. Under 2009 ökade däremot priset för kalkning betydligt mer än för jämförbara tjänster. Sannolikt har de minskade kalkmängderna en avgörande betydelse för prisökningen. Minskade volymer ger försämrad rationalitet och även lägre volymer i förhållande till ganska stora investeringskostnader.

Potentialen att minska kalkförbrukningen har beräknats till ca 12 procent till och med år 2015. Detta innebär en årlig minskning med 2–3 procent. Prisutvecklingen till 2012 beror dels på den allmänna konjunkturen och dels på hur rationaliteten påverkas av minskande volymer. Dessutom finns också en osäkerhet avseende förändrade konkurrensförhållanden, vilket sammanhänger med att branschen domineras av ett fåtal aktörer.

Med säkerhet är det omöjligt att bedöma prisutvecklingen till 2012. Nuvarande utveckling antyder att prisökningarna kommer att generera en större kostnad än den reduktion som följer av ett minskat kalkbehov. Till och med 2012 bör detta likväl kunna rymmas inom ramen för nuvarande anslag på 208 miljoner kronor.

Enligt Naturvårdsverket finns inget utrymme att minska anslaget om nuvarande ambitionsnivå ska bibehållas. En minskning av anslaget innebär att kalkningen av vissa målområden måste avbrytas i förtid eller att de kemiska målen uppnås i lägre utsträckning.

Samlade synpunkter och värderingar

Osäkerheter vid försurningsbedömning

Försurningen är tveklöst ett av våra största miljöproblem. Detta kan vi slå fast trots att den totala omfattningen i form av kemisk och biologisk påverkan aldrig kommer att kunna fastställas.

Försurningen är ett miljöproblem som, ur en myndighets synvinkel, är svårt att hantera. Problemen sammanhänger dels med den långväga, gräns-överskridande spridningen av försurande ämnen och dels svårigheten att fastställa graden av försurning i mark och vatten.

Till skillnad mot miljögifter som exempelvis PCB, DDT och dioxiner utgörs försurningens giftverkande ämnen av vätejoner och aluminiumjoner. Detta är grundämnen som även naturligt finns i stora, och varierande, mängder. Försurningen kan således inte mätas i naturen. För att kemiskt säkerställa att det skett en försurning krävs äldre jämförelsedata, vilket i princip saknas. Därför är det idag också svårt att exakt veta vilka vatten som är försurade och i vilken grad dessa vatten påverkats kemiskt och biologiskt.

Sedan försurningen upptäcktes har utvecklingen av modeller för att beräkna naturliga nivåer på pH utgjort en utmaning för forskarsamhället.

Oavsett hur komplicerade modeller som utvecklas utgör dessa en förenklad beskrivning av naturens komplexa reaktion på surt nedfall och intensivt skogsbruk. MAGIC-modellen har funnits i mer än 20 år. Under årens lopp har modellen modifierats och utökats ett flertal gånger. Modellen används runt om i världen och har utsatts för mängder av vetenskapliga tester. Sammantaget anses MAGIC vara robust och pålitlig och därmed användbar inom såväl vetenskapliga som miljömässiga sammanhang. Detta innebär inte att de resultat som erhålls bör betraktas som sanning. Det pågår ständigt en utveckling av såväl modellverktyg som indata. Nyligen reviderades exempelvis den historiska depositionen av försurande ämnen över Europa. När detta vägdes in i MAGIC-modellen blev konsekvensen en ökning av sjöförsurningen i Sverige.

Systemet med MAGIC-biblioteket har skapats för att MAGIC ska vara lätt-tillgängligt vid miljömässiga bedömningar. Sedan bibliotekets skapades har det skett en betydande utveckling. Antalet sjöar har utökats och den filterfunktion som bedömer likhet mellan testad sjö och matchad sjö har skärpts. Dessutom har samtliga bibliotekssjöar modellerats om med de nya siffrorna på historisk deposition. Utvecklingen har haft ganska stor betydelse för bedömningen av försurningsläget i Sverige. I den fördjupade utvärderingen från 2007 användes det gamla biblioteket, vilket innebar att drygt 5 procent av landets sjöar klassades som försurade. Nuvarande bedömning innebär att närmare 12 procent av landets sjöar är försurade.

Vid försurningsbedömning av kalkade sjöar kan fyra delmoment identifieras som var och ett bidrar till en osäkerhet. Dessa moment omfattar:

- Korrigering för magnesiuminnehåll i kalkningsmedlet
- Skattning av okalkad kvot mellan kalcium och magnesium
- Matchning mot likvärdig sjö i MAGIC-biblioteket
- Modellering av försurningsstatus för matchad sjö med MAGIC

Var och ett av dessa delmoment kan innebära att en oförsurad sjö klassas som försurad och vice versa. Detta gäller särskilt om minskningen i pH ligger i närheten av gränsen mellan oförsurad och försurad, dvs runt 0,4 pH-enhet. Försurningsbedömning av vattendrag innefattar samma osäkerheter. För vattendragen tillkommer ytterligare en osäkerhet som sammanhänger med att den uppmätta vattenkemin måste omräknas till att motsvara volymviktade årsmedelvärden.

Osäkerheter vid bedömning av framtiden

Likaväl som det finns osäkerheter vid bedömningen av det naturliga tillståndet finns det osäkerheter vid bedömningen av framtiden. Enligt de modellkörningar som IVL gjort med MAGIC förväntas bara en liten ytterligare återhämtning av försurade sjöar och vattendrag. Utfallet förutsätter att modellen på ett riktigt sätt förmår att spegla förhållandena i mark och vatten. Dessutom förutsätter utfallet att den framtida utvecklingen avseende försurande utsläpp och påverkan från skogsbruket följer de antaganden som gjorts i samband med modellkörningen. I ett kortsiktigt perspektiv (10–20 år) har detta mindre betydelse. I ett långsiktigt perspektiv får faktorer som ytterligare reduktion av utsläppen i Europa samt ökad skogstillväxt och ökat uttag av skogsråvara en avgörande betydelse. Till detta ska också läggas eventuella effekter av ett varmare klimat.

Moldan et al (2009) har använt MAGIC för att beräkna såväl kortsiktiga som långsiktiga effekter på försurningen i sjöar i förhållande till olika scenarier avseende framtida utsläppsreduktion, varmare klimat samt ett intensivt skogsbruk med nyttjande av såväl GROT som stubbar. Resultaten antyder att försurningsläget påverkas ganska lite till år 2030. Till år 2100 blir effekterna påtagliga för flera av scenarierna. Om bästa möjliga teknik används för att minska utsläppen av svavel och kväve kommer detta att leda till en betydande förbättring av försurningsläget. Ett intensivare skogsbruk och ett varmare klimat leder däremot i allmänhet till en ökad försurning. Effekten orsakas främst av ett ökat läckage av kväve från mark till vatten, vilket beror på en ökad nedbrytning av organiskt material. Resultaten bygger på en del antaganden. Det viktigaste var att ett varmare klimat inte ökar vittringen av markmineral. Med stor sannolikhet leder ett varmare klimat till en ökad vittring, vilket delvis motverkar försurningseffekten.

Kalkning i förhållande till försurningsstatus

Kalkningsverksamheten har successivt anpassats till en minskad försurning, vilket inneburit att kalkförbrukningen minskat med ungefär 40 procent. Till minskningen har också en ökad kvalitet avseende spridningsplanering och kalkningsprodukter bidragit. Utöver de neddragningar som länsstyrelserna har aviserat bedömer Naturvårdsverket att det finns en potential att minska kalkförbrukningen med ytterligare 12 procent till 2015. Ungefär halva minskningen kan relateras till en ytterligare anpassning till försurning. Detta innebär att Naturvårdsverket i stort bedömer att den pågående kalkningen är befogad i relation till försurningsläget.

I ett mera långsiktigt perspektiv (till år 2020) finns sannolikt utrymme att ytterligare minska kalkförbrukningen. Dels kommer den påbörjade försurningsundersökningen av kalkade vattendrag att innebära att en del målområden klassas som ej försurade. Dels finns fortfarande en potential att ytterligare öka kvalitén.

Den nuvarande utgångspunkten är att beslutade utsläppsminskningar och påverkan från skogsbruk endast kommer att leda till en marginell förbättring av försurningsläget under de närmaste 10 till 20 åren. I ett längre perspektiv (50–100 år) kan försurningen såväl öka som minska. Osäkerheterna kring detta är betydande och det finns ingen anledning att spekulera hur detta kan komma att påverka ett framtida kalkningsbehov.

Storleken på anslaget till kalkning

Utöver kalkningsåtgärder används anslaget till nationell och regional uppföljning, spridningskontroll, administrationskostnader för huvudmännen samt bidrag till biologisk återställning. Behovet av uppföljning har ökat, inte minst för att samla underlag för försurningsbedömningar. Medel till biologisk återställning används till åtgärder som syftar till att öka den biologiska responsen efter kalkning. Medlen används främst för att undanröja vandringshinder i form av dammar och vägtrummor. En ganska stor del används också för att återställa forssträckor som rensades i samband med timmerflottningen. Naturvårdsverket anser att satsning på biologisk återställning i kalkade vatten är befogad. Inte minst är det viktigt att undanröja vandringshinder för att möjliggöra för arter som slagits ut av försurning att återkomma efter kalkning.

Naturvårdsverket bedömer att anslagsnivån är rimlig i förhållande till den nuvarande verksamheten. Med utgångspunkt i den hittillsvarande utvecklingen under 2000-talet bedömer Naturvårdsverket att den förväntade minskningen av kalkmängder fram till 2012 kommer att uppvägas via ökade kostnader. Bedömningen lämnas med reservation för den allmänna prisutvecklingen inom transportsektorn och den osäkra konkurrenssituationen inom branschen.



Många dåligt lagda vägtrummor försvårar eller förhindrar för fisk och andra vattenlevande djur att återkomma till ett kalkat vatten (bild till vänster). Med bidraget till biologisk återställning har hundratals vandringshinder åtgärdats (bild till höger). Foto: Mats Norberg.

Nykalkning och kopplingen till EU's ramdirektiv för vatten

I nuläget finns tusentals försurade sjöar och vattendrag som inte kalkas, flertalet riskerar att förbli försurade inom en överskådlig framtid. Teoretiskt kan alla försurade sjöar och vattendrag åtgärdas med kalkning. I praktiken är dock många olämpliga att kalka till följd av orimliga kostnader och de skador som skulle uppkomma på kalkade våtmarker. Intresset för nykalkningar upphörde i princip under 1990-talet. Hur stort intresse som idag finns från allmänhet och potentiella huvudmän är inte möjligt att bedöma.

Enligt Naturvårdsverkets tidigare ställningstaganden är kalkning inte en åtgärd som kan användas för att uppnå miljömålet Bara naturlig försurning eller för att nå God ekologisk status enligt EU's ramdirektiv för vatten. Detta innebär inte att Naturvårdsverket är negativ till nykalkning. Däremot är det viktigt att varje enskild åtgärd värderas i förhållande till förväntad nytta och kostnad. I detta sammanhang vill Naturvårdsverket framhålla att det i nuläget saknas underlag för att värdera behovet av nykalkning i landet. I Vattenmyndigheternas åtgärdsprogram riktas ett uppdrag till Naturvårdsverket att ta fram sådant underlag och anpassa den nationella kalkningsplanen till att omfatta de vattenförekomster som inte uppnår, eller riskerar att inte uppnå, god ekologisk status till följd av försurning. Även om ambitionen begränsas till att omfatta vattenförekomster skulle kostnaden bli orimlig för att insamla ett sådant underlag. Naturvårdsverket anser i stället att insatser för att verifiera försurningspåverkan och därefter värdera en eventuell nykalkning bör prioriteras till sådana vatten där det finns ett uttalat intresse från en huvudman eller där kalkningen är viktig för att gynna hotade arter eller stammar.

Enligt Naturvårdsverket ryms ingen nykalkning inom nuvarande anslagsnivå. Om nya kalkningar beviljas inom nuvarande anslagsram finns risk att detta sker på bekostnad av att pågående kalkningar måste avbrytas i förtid eller på en minskad satsning på biologisk återställning.

Skogsmarkskalkning

Naturvårdsverket delar Skogsstyrelsens uppfattning om skogsmarkskalkning, vilket innebär att en storskalig verksamhet inte rekommenderas. I områden med tunna jordlager kan skogsmarkskalkning vara en långsiktig lösning på försurningsproblemet. I Sverige är det mycket små arealer som har dessa egenskaper. Därmed utgör skogsmarkskalkning inte en användbar metod för att åtgärda försurningsproblemen i landets sjöar och vattendrag.

Askåterföring

Såväl Naturvårdsverket som Skogsstyrelsen har i ett nyligen besvarat regeringsuppdrag uppmärksammat behovet av att återföringen av aska behöver öka i samma omfattning som uttaget av GROT (Skogsstyrelsen & Naturvårdsverket 2011). Tillgången på lämplig aska utgör inte en begränsning. Skogsstyrelsen har ett sektorsmål som anger att arealen med askåterföring ska vara lika stor som arealen med GROT-uttag. Idag är målet inte i närheten av att uppnås även om Skogsstyrelsen arbetar med frågan. Ett annat problem kan vara att askan inte återförs på de försurade marker där GROT tas ut. Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen har föreslagit att ett aktörsråd för skogsbränsleuttag och askåterföring bör tillsättas där åtgärder kring skogsbrukets försurningspåverkan kan tas upp och diskuteras.

Behov av kvalitetsförbättrande insatser

Kvalitén i kalkningsverksamheten har utvecklats betydligt under de senaste åren. Fortfarande är dock de regionala skillnaderna omotiverat stora. På vissa län bedrivs verksamheten med hög kvalitet avseende nyckelfaktorer som spridningsplanering, uppföljning och skötsel av kalkdoserare. På andra län finns fortfarande en förbättringspotential. Hittills gjorda erfarenheter antyder att dessa län inte av egen kraft har förmåga att åtgärda problemen. Naturvårdsverkets bedömning är därför att det behövs en nationellt styrd process som drivs av den ansvariga myndigheten. Processen bör innefatta riktade utbildningsinsatser, granskning och kommunikation av regionala åtgärdsplaner, ekonomiska stöd till kvalitetsförbättrande åtgärder samt direkt rådgivning avseende kalkningsplanering.

Kalkningsverksamhetens kunskapsförsörjning

Inom ramen för kunskapsförsörjning ryms både ett behov att insamla mera underlagsmaterial, att ytterligare utveckla bedömningsverktyg samt att implementera ny kunskap i organisationen.

För att bedöma försurning i kalkade vatten behövs vattenkemiska data som normalt inte insamlas inom kalkeffektuppföljningen. Som ett led att till-

lämpa de nya bedömningsgrunderna genomfördes under 2007/08 en nationell provtagning av samtliga målsjöar. Sedan 2010 pågår också ett omdrev av målsjöundersökningen. Detta innebär att samtliga målsjöar provtas vid ett tillfälle under perioden 2010–2016. Under hösten 2010 påbörjades en undersökning av samtliga målvattendrag. Denna kommer att vara färdig under 2016. Dessa undersökningar kostar mycket pengar. I förhållande till kostnaderna för kalkning anser Naturvårdsverket att satsningarna är väl motiverade. Det är således väsentligt att det även efter 2011 finns resurser för att fortsätta detta arbete.

Inom den forskningsinriktade uppföljningen som ryms inom IKEU finns ett behov att rikta mera fokus på att utveckla kalkningsverksamheten. Ursprungligen var syftet med IKEU att följa kalkningens effekter på vattenkemi och biologi. Sedermera har en viss fokusförändring skett med mera problemorienterade frågeställningar. Främst har effekter av kalkavslut och överdosering studeras. Utöver dessa frågor finns ytterligare behov av kunskap inom flera delområden. Detta gäller exempelvis biologiska effekter av olika pH-mål samt effekter av episoder i kalkade sjöar och vattendrag.

Det pågår en utveckling av systemen för försurningsbedömning av kalkade och okalkade vatten. Detta innefattar både ytterligare validering av modellutfall, värdering av osäkerheter samt ökad användbarhet. Arbetet med de regionala åtgärdsplanerna har också visat på behov av ytterligare utbildning inom organisationen. Utbildning är viktig för att öka användandet av bedömningsverktygen. I lika hög grad är det viktigt att användarna förstår systemet och därmed kan tolka och värdera de erhållna bedömningarna.

Källförteckning

- Appelberg, M., Degerman, E., Johlander, A. & L. Karlsson, 1989. Liming increases the catches of Atlantic salmon on the west coast of Sweden. *Nordic. J. Freshw. Res.* 65:44-53.).
- Appelberg, M., Ridderborg, S. & U. Beier, 2004. Riksfiskinventeringen -96. En nationell inventering av den svenska fiskfaunan 1996. Fiskeriverket informerar, Finfo 2004:1. Fiskeriverket, Göteborg.
- Bengtsson, B. & Bogelius, A. 1995. Socio-economic consequences of aquatic liming. In: Henrikson & Brodin (Eds.). *Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis.* Springer-Verlag.
- Bostedt, G., Löfgren, S., Innala, S. & Bishop, K. 2008. Samhällsekonomisk konsekvensanalys av skogsmarks- och ytvattenkalkning. Rapport 2:2008. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Brodin, Y.-W, 1995. Acidification of Swedish freshwatwrs. In: Henrikson & Brodin (Eds.). *Liming of acidified surface waters. A Swedish synthesis.* Springer-Verlag.
- Fiskeristyrelsen & Naturvårdsverket, 1981. Kalkning av sjöar och vattendrag 1977–1981. Information från Sö. lab., Nr 4: 1981.
- Fölster, J. Moldan, F. & J. Stadmark, 2011. Målsjöundersökningen 2007–2008. Rapport 6412, Naturvårdsverket (in press).
- Johansson, O. 2004. Skogsskador till följd av våtmarkskalkning – omfattning och orsaker. Meddelande 6:2004, Länsstyrelsen i Västerbottens län.
- Länsstyrelsen i Västerbottens län 2011. Regional åtgärdsplan för kalkning. Länsstyrelsen i Västerbottens län.
- Löfgren, S., Zetterberg, T., Larsson, P.-E., Cory, N., Klarqvist, M., Kronnäs, V. & Lång, L.-O, 2008. Skogsmarkskalkningens effekter på kemin i mark, grundvatten och ytvatten i SKOKAL-områdena 16 år efter behandling. Rapport 16:2008, Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Moldan, F., Cosby, B.J. & R.F Wright, 2009. Modelling the role of nitrogen in acidification of Swedish lakes: future scenarios of acid deposition, climate change and forestry practices. Rapport B1888, IVL.
- Naturcentrum AB, 2009. Effekter av sjökalkning på omgivande landbiotoper. Rapport 2009:18, Länsstyrelsen i Västra Götalands län.
- Naturvårdsverket, 1981. Kalkning av sjöar och vattendrag. Allmänna råd 88:3, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Naturvårdsverket, 1986. Sura och försurade vatten. Monitor 1986, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Naturvårdsverket 1989. Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Allmänna råd 90:4, Naturvårdsverket, Stockholm.

- Naturvårdsverket, 1991. Försurning och kalkning av svenska vatten. Monitor 12, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Naturvårdsverket, 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet, sjöar och vattendrag. Rapport 4913, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Naturvårdsverket, 2002. Kalkning av sjöar och vattendrag. Handbok 2002:1, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Naturvårdsverket, 2007a. Bara naturlig försurning. Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. Rapport 5766, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Naturvårdsverket, 2007b. Bedömningsgrunder för sjöar och vattendrag. Bilaga A till Handbok 2007:4.
- Naturvårdsverket, 2010. Handbok för kalkning av sjöar och vattendrag. Handbok 2010:2, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Persson, G., Wilander, A. Willén, E. & T. Wällstedt, 2007. Överdoser av kalk; Underlag till revision av Naturvårdsverkets handbok för kalkning av sjöar och vattendrag. Rapport 2007:3, Inst. Miljöanalys SLU Uppsala.
- Rafstedt, T. 2008. Kalkning av våtmarker. Uppföljning av ekologiska effekter 1994 till 2005. Rapport 5758, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Regeringens proposition 1981/82:151, 1982. Åtgärder mot försurning.
- Renberg, I, Korsman, T. & J. Anderson, 1993. A temporal perspective of lake acidification in Sweden. *Ambio* vol. 22 no. 5, Sid. 264–271.
- Skogsstyrelsen & SLU, 2008. Skogliga konsekvensanalyser 2008. Rapport 25:2008. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Skogsstyrelsen & Naturvårdsverket, 2011. Skogs- och miljöpolitiska mål – brister, orsaker och förslag på åtgärder. Meddelande 2:2011, Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Sportfiskarna, 1996. Fritidsfiskets omsättning i kalkade vatten. Sportfiskarna, 1996.
- Statens offentliga utredningar (SOU), 1996. Kalkning av sjöar och vattendrag. Betänkande av kalkningsutredningen. SOU 1996:53, Miljödepartementet.
- Tammi, J., Appelberg, M., Beier, U., Hethagen, T., Lappalainen, A. & M. Rask, 2003. Fish Status Survey of Nordic Lakes: Effects of Acidification, Eutrophication and Stocking Activity on Present Fish Species Composition. *Ambio* Vol. 32 No. 2, Sid. 98–105.
- Wällstedt, T. 2008. Önska de effekter av kalkning. (*kapitel 4 i Utvärdering av IKEU 1990–2006 – Syntes och förslag*). Rapport 6302: 538-549, Naturvårdsverket.
- Åslund, J-E. & E. Degerman, 2007. Kalk och fisk. Rapport 2007:2, Länsstyrelsen i Jämtlands län.

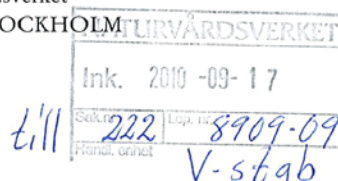
Bilaga 1

Uppdraget från regeringen



Regeringsbeslut 36
2010-09-09 M2009/4180/Na
M2010/3366/A
M2010/3535/A

Naturvårdsverket
106 48 STOCKHOLM



Ändring av regleringsbrev för budgetåret 2010 avseende Naturvårdsverket

Riksdagen har beslutat om Naturvårdsverkets verksamhet för budgetåret 2010 (prop. 2009/10:1, utg.omr. 20, bet. 2009/10:MJU1, rskr. 2009/10:129, prop. 2009/10:1, utg.omr. 17, bet. 2009/10:KrU1, rskr. 2009/10:142, prop. 2009/10:99, utg.omr. 20, bet. 2009/10:FiU21, rskr. 2009/10:348).

VERKSAMHET

3 Uppdrag

Långsiktig anpassning av kalkningsverksamheten

Naturvårdsverket får i uppdrag att, efter samråd med de länsstyrelser som är vattenmyndigheter enligt 37 a § förordningen (2002:864) med länsstyrelseinstruktion, ta fram en plan som kostnadsberäknats för en långsiktig anpassning av kalkningsverksamheten baserat på

- försurningstillståndet

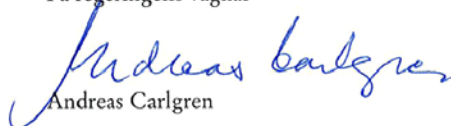
- återhämtningen i miljön

- den framtida utvecklingen av nedfallet

utifrån de krav som ställs genom miljökvalitetsnormer och miljömål. En analys bör göras av långsiktigt verkande åtgärder för de mest försurade områdena. I uppdraget bör också ingå att, efter samråd med Skogsstyrelsen, bedöma skogsbrukets del av försurningen.

Vidare ska det framgå hur kalkningsverksamheten kan bidra till och samordnas med andra insatser än kalkning för att nå miljökvalitetsmålet Levande sjöar och vattendrag och miljökvalitetsnormerna inom vattenförvaltningen, inklusive miljöövervakning, i syfte att effektivisera vattenvårdsinsatserna. Uppdraget ska redovisas till Regeringskansliet (Miljödepartementet) senast den 30 juni 2011.

På regeringens vägnar


Andreas Carlgren


Ulrika Ehrensverd

Bilaga 2

Projektmedverkande

Styrgrupp

Eva Thörnelöf, Naturvårdsverket
Maggie Javelius, Naturvårdsverket
Ulla Bertills, Naturvårdsverket

Projektgrupp

Per Olsson, Naturvårdsverket, projektledare
Ulf Larsson, Naturvårdsverket, biträdande projektledare
Ingemar Abrahamsson, Naturvårdsverket
Johan Ahlström, Länsstyrelsen i Västerbotten
Helen Lindgren, Naturvårdsverket
Tobias Haag, Länsstyrelsen i Jönköping
Fredrik Nilsson, Länsstyrelsen i Västragötaland
Ulrika Stensdotter-Blomberg, Naturvårdsverket

Referensgrupp

Stefan Anderson, Skogsstyrelsen
Åke Bengtsson, Vattenmyndigheten i Bottenhavet
Björn Bergquist, Fiskeriverket
Minna Brodin, Fiskeriverket
Dea Carlsson, Vattenmyndigheten i Södra Östersjön
Jens Fölster, SLU
Kerstin Holmgren, Fiskeriverket
Filip Moldan, IVL
Hans Oscarsson, Vattenmyndigheten i Västerhavet
Björn Sjöberg, Vattenmyndigheten i Västerhavet
Lennart Sorby, Vattenmyndigheten i Norra Östersjön
Bo Sundström, Vattenmyndighet i Bottenviken
Tobias Vrede, SLU
Jan-Erik Åslund, Vattenmyndigheten i Bottenhavet

Nationell plan för kalkning 2011–2015

RAPPORT 6449

NATURVÅRDSVERKET
ISBN 978-91-620-6449-5
ISSN 0282-7298

Sedan mitten av 1970-talet har Sverige kalkat sjöar och vattendrag för att motverka försurningsskador på djur och växter. Totalt har staten satsat 4,4 miljarder kronor, vilket gör kalkningen till en av de största miljövårdsåtgärder som genomförts i Sverige. Kalkningen har inneburit att vi under tre decennier upprätthållit livsbetingelserna för fisk och andra vattenlevande organismer i tusentals försurade sjöar och vattendrag.

Det försurande nedfallet över Sverige har minskat och det har inneburit en återhämtning i många tidigare försurade vatten. Därför har det under senare år varit möjligt att trappa ned eller avsluta kalkningen i flera sjöar och vattendrag. Tillsammans med ett omfattande arbete med kvalitetshöjande åtgärder har detta inneburit att kalkförbrukningen minskat med ca 40 procent jämfört med toppnoteringarna i början av 2000-talet.

Denna rapport utgör Naturvårdsverkets redovisning av ett regeringsuppdrag (Regeringsbeslut 2010-09-09) avseende långsiktig anpassning av den svenska kalkningsverksamheten. Planen avser perioden 2011-2015, men innefattar också en bedömning av försurningstillståndet efter 2015.

