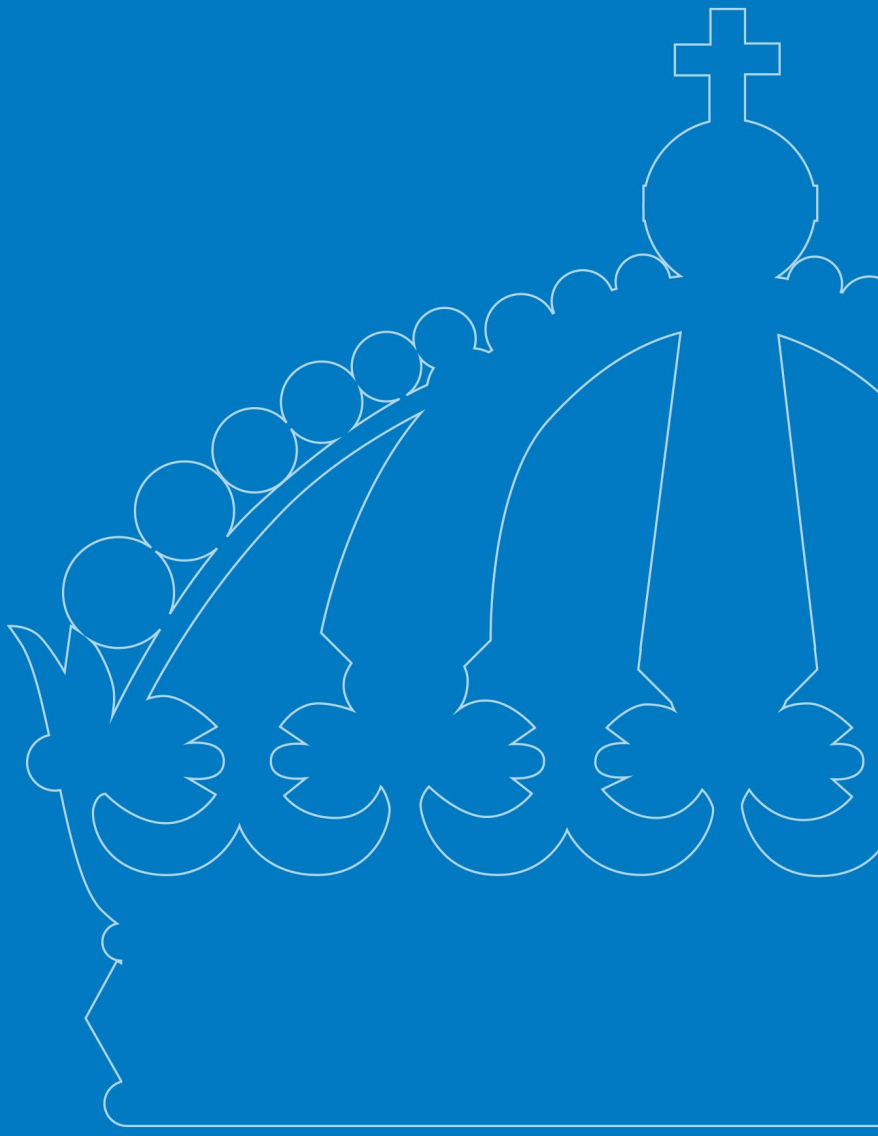
RAPPORT

Utvärdering och lärdomar från användandet av kalkgrus i antropogent försurade vatten i Jämtlands län



UTGIVEN AV: Länsstyrelsen i Jämtlands län, December, 2024

TEXT: Johan Ahlgren

FOTO OMSLAG: Biflöde Bastuån, Johan Ahlgren

LÖPNUMMER: 2024:14

DIARIENUMMER: 581-259-2025

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

Innehåll

SAMMANFATTNING 4
INTRODUKTION 5
KALKNING MED KALKGRUS 5

Kalkgrus för att skapa refuger 6
Kalkgrus för att höja pH nedströms 6
Kalkgrus på våtmark 7
Analys 8

RESULTAT OCH DISKUSSION 9

Kostnader 9
Givor 9
Begränsningar 10
Biologiska resultat bottenfauna 10
Biologiska resultat öring 11
Slutsatser 12

OMRÅDESSPECIFIKA RESULTAT 14

Målvattendrag Bastuån 14
Målvattendrag Lekarån 15
Målsjön Gåtejaure 17
Målvattendrag Bielnejaure lekbäck norr 17
Målvattendraget Bäck till Bielnejaure Fiskfällorna 19
Målvattendraget Åbervattnet lilla störst bäck 20
Målvattendraget Raragaise inlopp 20
Målvattendraget Aloppan 22
Målvattendraget Svinkan 23
Målvattendraget Doveln 24
Målvattendraget Fättjeån 25
Målvattendraget Oxsjöån 25
Målvattendraget Hemmingsån 25
Målvattendraget Valmen 26

REFERENSER 27

Sammanfattning

Problematiken med nedfall av försurande ämnen är i stort åtgärdat, men kvar finns marker som under årtionden urlakats på sina baskatjoner. Sjöar och vattendrag behöver därför fortfarande kalkas för att minska de biologiska skadorna från låga pH och skadliga metaller. I takt med budgetneddragningar uppstår problem med kontinuiteten i dessa kalkningsåtgärder, vilket ökar risken för biologiska skador. Kalkgrus har i norska studier visat sig vara ge en metod som ger en skyddande effekt under flera år samtidigt som den är kostnadseffektiv. Kalkgrus har vid 15 tillfällen även används i Jämtlands län som ett komplement till traditionella kalkningsmetoder.

Resultaten från Jämtland indikerar att kalkgrus, genom att skapa lokala pH-refuger vid vattendragens botten, har positiva effekter på fiskynglens överlevnad och bottenfaunans diversitet. I sju av nio vattendrag där överlevnaden för öringyngel utvärderades, observerades en tydlig förbättring. Bottenfaunan svarade med ökad täthet och biodiversitet i elva av tolv undersökta vattendrag. Vid äldre kalkgrus projekt, genomförda under 1990-talet, kvarstod effekterna i upp till 20 år, vilket visar på metoden långsiktighet. I senare projekt har liknande positiva resultat rapporterats i mer färgade vatten, med effekter som varar i minst tio år.

Kalkgrus fungerar även för att höja pH nedströms, om än med mindre effekt än när det används som refug. Spridning av kalkgrus på land, likt våtmarkskalkning, har visat sig ge positiva effekter på både pH och biologi. En metod som även kan tillföra marken baskatjoner och minska kalkningens negativa effekter på kalkytans växtlighet.

Sammanfattningsvis visar erfarenheterna från Jämtland att kalkgrusmetoder kan reducera behovet av återkommande kalkningar och därmed sänka kostnader och miljöpåverkan, samtidigt som de biologiska effekterna är tydligt positiva. Dessa resultat, tillsammans med erfarenheter från Norge, tyder på att kalkgrus bör vara en integrerad del av den svenska strategin för att motverka försurning i sjöar och vattendrag.

Introduktion

Försurning har länge varit en av de största miljöutmaningarna för vattenmiljöer i Sverige och andra delar av världen. Den orsakas främst av utsläpp av svavel- och kväveföreningar från förbränning av fossila bränslen, vilket leder till att surt nedfall påverkar mark och vatten. Under de senaste decennierna har betydande framsteg gjorts för att minska dessa utsläpp, vilket har resulterat i minskad försurning i många områden. Trots dessa framgångar kvarstår dock problemen med avrinningsområden som har förlorat viktiga baskatjoner och därmed sin förmåga att buffra nederbörd. Dessa förändringar i markkemin leder till att metallernas rörlighet ökar och de transporteras ut i vattendrag och sjöar där de skadar biologin (Degerman et al. 1992). Detta innebär att många sjöar och vattendrag fortfarande är beroende av kontinuerliga kalkningsinsatser för att upprätthålla en god ekologisk status.

Kalkning är en väl beprövad metod för att motverka försurningens effekter på vattenmiljöer. Genom att tillsätta kalk kan pH-värdet höjas, vilket minskar de skadliga effekterna av metallutsläpp och låga pH, samt ge förutsättningar för biologisk återhämtning. Svensk kalkningsstrategi har haft ett stort fokus på kemisk måluppfyllelse, där åtgärder och uppföljning fokuserar på ett uppsatt pH-mål. Mindre fokus har lagts på metallers rörlighet och hur den biologiska mångfalden påverkas. Därför har också kalkningsmetoder som doserare, som temporärt höjer pH i hela vattenmassan prioriterats. I Norge har man haft ett större fokus på biologin, kanske främst fiskyngels överlevnad.

I Norge har man därför i stor utsträckning använt Kalkgrus som metod. Resultaten från Norge visar att kalkgrus kan höja pH i hela vattenmassan vid låga flöden, men att metoden har svårt att göra det vid surstötar från till exempel högflöden. Däremot observeras tydliga effekter på biologin när kalkgruset används som ett bottensubstrat (Clair & Hindar. 2005). När pH höjs närmast botten kan öringyngel överlever den känsliga våren trots att vårfloden gjort ytvattnet surt.

Denna rapport undersöker effekterna av kalkgrusanvändning i Jämtlands län, där metoden har testats under flera år. Rapporten ämnar även till att diskutera kalkgrusets potential att minska beroendet av återkommande kalkningsinsatser och ge långsiktiga positiva effekter på vattenmiljöernas ekologi.

Kalkning med kalkgrus

Traditionella kalkningar med kalkstensmjöl eller granulater ger en direkt och kraftfull pH höjning i vattenmassan. Effekten kan vara i timmar till månader beroende på metod och vattnets omsättningstid. Kalkgruset har en storlek på mellan 8–30 mm vilket gör att det löses upp betydligt långsammare än mjöl eller granulater. Egenskaper som leder till att kalket finns kvar i systemet längre, men också att den direkta effekten på pH blir lägre per ton kalk. Kalkgrusets egenskaper så väl som åtgärdens syfte påverkar hur kalkgivan beräknas. Syftet med en kalkgruskalkning kan vara samma som med en traditionell kalkning, att höja pH i vattnet nedström, men det kan också vara att enbart skapa en refug med högre pH i området kring gruset.

Givan påverkas också av kalkgrusets storlek, men storleken har även betydles för effekten. Om en för liten fraktion på gruset (3-8mm) används kan lekbottnar täppas igen och minska öring ynglens överlevnad. Och genom att ett tjock lager kalkgrus används kan bottensubstratet förändras till en grad där det initialt kan leda till minskningar i den biologiska mångfalden hos bottenfaunan (Barlaup et al. 2002). Optimalt är en fraktion på gruset mellan 10–30 mm (Barlaup et al 2002).

Kalkgrusets hårdhet och form bör också beaktas, inte minst vid användning som lekgrus. En mjukare kalksten löses inte bara upp snabbare, gruset vassa kanter slippas ner snabbare vilket minskar risken att fisken skadar sig samt ökar överlevnaden för äggen (Kerr et al. 1997, Kerr et al. 1996). Ska gruset användas på lekplatser där man inte vill riskera att påverka leken negativt de första åren, bör kalkgruset slippas ner innan spridning, Länsstyrelsen i Jämtland har vid några tillfällen slipat ner gruset innan spridning, en åtgärd som ökar kostanden, men kraftigt förbättrar förutsättningarna för lyckad lek från dag ett.

Vattnets färgtal påverkar både giva och kalkgrusets lämplighet, vid hög vattenfärg kan kalkgrusets yta relativt fort oxidera och förlorar då sin förmåga att vitra. Problemet minskar i färgade vatten med hög strömhastighet, då gruset nötts och på så sätt håller sin yta mottaglig för vittring.

Kalkningarna som genomförts i Jämtland kan delas in i tre kategorier;

Kalkgrus för att skapa refuger

Spridning av kalkgrus direkt i vattnet, likt lekgrus, skapar en pH-refug närmast botten och skyddar den biologiska mångfalden samt öringyngel mot de kraftigaste surstötarna (Clair & Hindar, 2005). Denna metod kan användas både i vattendrag och i sjöars strandzon. Rekommendationer från norska studier för lekgruskalkningar baseras på avrinningsområdets storlek med givor på två ton kalkgrus/km^2/år eller med en dos baserat på längden på åtgärden på 20-50kg/m/år (Barlaup et al. 2002). Detta är bra startvärden vid kalkningar som ämnar att öka överlevanden och den biologiska mångfalden i bottensubstratet. Kalkgruset kompletteras sedan enbart om materialet transporteras bort från åtgärdsområdet eller när det vitrat bort. Att slipa ner grusets vassa kanter innan spridning ger gruset helt optimala karaktärer för lyckad lek redan första året, men ökar omkostnaderna. Spridning av obehandlat grus i Lekarån visar att redan efter två år har grusets både fått runda kanter och blandats med det naturliga substratet.

Kalkgrus för att höja pH nedströms

Kraftfullare kalkningar med högre givor kan genomföras i biflöden som identifierats som särskilt bidragande till låga pH eller uppströms de delar av vattendraget man vill åtgärda. Målet med dessa kalkningar är att pH ska höjas i hela vattenmassan (Bjernes et al 2004). Detta för att skydda huvudfåran från skadligt låga pH och de ”killingzones” som kan uppstå när surt vatten från biflödet blandas med huvudfåran. Dessa kalkningar skapar självklart även refuger lokalt där kalkgruset placeras även om biflöden med höga givor initialt påverkas negativ när bottensubstratet täcks av kalkgrus. Den rekommenderade dosen i litteraturen är för dessa kalkningar något högre, på 2-3ton/km^2/år och för ”Skjellsandkalk”4,5–25 ton/km^2/år (Barlaup et al. 2002).

Kalkgrus på våtmark

Denna metod går längre än att bara höja pH i vattenmassan. Metoden kan även åtgärda själva grunden till de låga pH-värdena och förhöjda metallhalterna i vattendragen, försurad mark i avrinningsområdet. Genom att använda gruskalkning, likt våtmarkskalkning, tillförs kalk som långsamt vittrar och ger marken baskatjoner, detta utan att påverka växtligheten i samma utsträckning som kalkmjöl eller granulater gör (Figur 1). Kalkningarna har också en positiv effekt vid skyfall och snösmältning då vattnet som rinner över marken buffras något på sin väg mot vattendraget. Tillsammans med traditionella våtmarkskalkningar är detta den enda metoden som faktiskt kan leda till en återhämtning från antropogen försurning genom att återge marken dess buffrande förmåga med baskatjoner. Det finns inga rekommendationer i litteraturen kring givor för dessa kalkningsåtgärder.

Figur 1. Spridning av kalkgrus på en tidigare våtmarksyta i avrinningsområdet till sjön Bielnejaure.

Analys

Eftersom de tidigare kalkgruskalkningarna under 90-talet och mellan 2008–2015 inte hade noggranna uppföljningsplaner är förutsättningarna för statistiska metoder begränsad. Det finns dock uppföljning på de flesta platser i form av vattenprovtagning, elfisken och M42 bottenfaunaprovtagningar. Mann-Kendall trendanalyser har genomförts där datan har möjliggjort detta. Bottenfaunas respons har även utvärderats med expertbedömningar, där förekomst och täthet av specifika arter har bedömts. De kalkningar som inleddes efter 2019 har också utvärderats, men en fullständig analys av de långsiktiga effekterna av de dessa kan tidigast genomföras om 5–10 år.

Resultat och diskussion

Kostnader

Användningen av kalkgrus ger en mer långvarig effekt jämfört med traditionella kalkningar som sjö-, våtmark- och doserarkalkningar. Detta innebär att det inte krävs lika frekventa kalkningar, samtidigt som en mindre mängd kalk behöver användas som därmed också leder till minskade transportbehov.

Två för Jämtland typiska åtgärdsområden i fjällmiljö, Bielnejaure med dess lekbäckar samt Lekarån, används här som exempel för att jämföra användningen av kalkgrus med traditionella kalkningar. Alltså en jämförels mellan kalkningar vartannat år med våtmark- och/eller sjökalkningar och engångskalkningar med kalkgrus i lekbäckar eller huvudfåra. I Bielnejaure har tidigare kalkgrusåtgärder visat effekt under 20 år, så en konservativ uppskattning ger en effektduration på 15 år för kalkgruset i dessa vatten. Under samma tidsperiod skulle traditionella kalkningar(sjö/våtmarkskalkningar) krävas minst vartannat år för att klara pH-målen, vilket innebär totalt sju kalkningar på 15 år. Besparingarna blir stora både i pengar och arbetsinsats när antalet kalkningar går från sju till en under den 15åriga perioden. Kostnadsbesparingarna för enbart kalk- och spridningskostnader uppgår till mellan 1 och 3,6 miljoner för de två projekten (Tabell 1).

Tabell 1. Kostnadsbesparing i kalk och spridningskostnader vid övergång från granulat vartannat år till kalkgrus vart 15år.

	Kalkgrus	Granulat vartannat år	Besparing kr
Bielnejaure	603 000 kr	1 638 000 kr	1 035 000 kr
Lekarån	873 576 kr	4 467 750 kr	3 594 174 kr

Miljöpåverkan minskar också avsevärt vid både kalkbrytning och spridning, eftersom både mängden kalk som krävs och antalet flygningar med helikopter minskar betydligt. Storleken på besparingen beror på både kalkbehovet och flygavståndet. För Bielnejaure minskar antalet flygningar med hälften, vilket också halverar CO2-utsläppen från helikoptern. För Lekarån minskar både användningen av kalk och transporterna med uppskattningsvis 70 % när man går över från granulat till kalkgrus (Tabell 2).

Tabell 2. Jämförelse i total mängd kalk som används under 15år vid kalkgrus samt granulat.

	Kalkgrus (ton)	Granulat (ton)
Bielnejaure	200	420
Lekarån	392	1295

Givor

Riktlinjer kring givor varierar med vilken typ av kalkning, vattenfärg och sannolikt andra idag okända påverkansfaktorer i vattenkemin. Riktlinjer från Norge har två inriktningar, en baserat på att skapa refuger och en baserat på att höja pH nedströms. Refugskapande doser bör inte tas fram utifrån enbart avrinningsområdets storlek utan bör även inkludera hur lång sträcka, eller yta vattendrag, som ska åtgärdas. Den norska rekommendationen baserat på avrinningsområdet storlek på två ton kalkgrus/km^2/år, eller baserat på längden på åtgärden

(20-50kg/m/år) är en start, men en dos per m^2 säger mer (Barlaup et al. 2002). I Jämtland är de refugskapande givorna mellan 25-70kg/m^2, i ett vattendrag med kraftiga surstötar och högre vattenfärg har en dos på 97kg/m^2 använts. Dessa givor är inte årsgivor utan håller under flera år, åtminstone 8–10 år i vatten med högre färgtal och upp emot 20 år i klara fjällvattendrag.

Kalkningar som syftar till att höja pH nedströms har i de norska riktlinjerna givor på 2-3ton/km^2/år. I Jämtland har det för dessa kalkningar använts en bred variation av givor. Lägre givor på 0,8–1,2ton/km^2 har provats i tre vattendrag, gemensamt för dessa är att effekten är liten på pH och inte märkbar på biologin. Däremot finns en tydlig och långvarig effekt (10år) på vattenkemi och biologi från högre givor (>4,5ton/km^2). I två vattendrag har kraftigare givor använts, där stora delar av vattendraget uppströms provtagningarna har kalkats med 8,5 respektive 15 ton/km^2. Dessa har haft en relativt stor påverkan på pH och biologi och är på gränserna till en överkalkning. Men samtidigt är detta långa målvattendrag där det nu även har skapats refuger i stora delar av vattendragets längd.

Vid kalkningar på våtmark fanns inga riktlinjer från Norge, så här användes stegvisa givor för att hitta tröskeln där en kemisk och biologisk effekt kunde uppmätas. I målvattendragets ”Raragaisenjaure biflöde inlopp” kalkades det första gången med 100 ton på en yta av 0,61km^2(164ton/km2), för avrinningsområdet som helhet var givan på 41 ton/km^2 och 122 ton/MHQ. Denna giva gav inte önskvärd effekt, varpå ytterligare 100 ton spreds. Efter denna kalkning syntes en tydlig effekt både på vattenkemin och biologin. Givan på ytan var nu 329 ton/ km^2 i spridningsytan, eller 83 ton/ km^2 eller 244 ton/MHQ beräknat på avrinningsområdet. I målvattendraget ”Bielnejaure biflöde norr”, användes en kraftigare giva, en yta i avrinningsområdet på 0,14km^2 kalkades med en giva på 250 ton (1839ton/km^2, för hela avrinningsområdet var givan 294ton/km^2 och 862ton/MHQ), vilket gav en tydlig effekt på vattenkemi och biologi.

Begränsningar

Vattenfärgen, tillsammans med vattendragets strömhastighet verkar vara avgörande för varaktigheten av effekten. Detta handlar framför allt om effekter nedströms kalkgruset, kalkgruset verkar ha en positiv refugeffekt även i vatten med hög vattenfärg. Vattendrag med låg strömhastighet och höga färgtal har en kortvarig effekt på pH och en liten eller obefintlig effekt på biologin vid nedströms liggande provtagningar. Dessa vattendrag är mindre lämpade att åtgärda med kalkgrus i syftet att höja pH nedströms. Däremot kan vattendrag med höga strömhastighet få positiva effekter även vid höga färgtal (över 200mgPt/l). Effekten är betydligt mer långvarig i vattendrag med låg vattenfärg, i fjällvattendrag med vattenfärg <10 mgPt/l varar effekterna till kalkgruset vitrat bort (15–20 år).

Biologiska resultat bottenfauna

Sammanlagt har 15 kalkgrusningsprojekt utvärderats. Den äldsta kalkningen genomfördes 1994, medan de senaste endast är två år gamla och kan ännu inte ge oss några svar om långsiktiga effekter.

De mest påtagliga resultaten har observerats inom den biologiska mångfalden och tätheten av bottenfauna när vatten behandlas med kalkgrus (Tabell 3). Av de elva vattendragen där bottenfaunan har kunnat utvärderas, visar tio av dem en positiv respons. Storleken på responsen varierar mellan vattendragen och om kalkningen skapats som en refug eller om det kalkats uppströms för att höja pH i vattnet. I allmänhet observeras återkolonisering och ökad täthet av känsliga arter efter kalkgrusåtgärder. Rödingslända (*Ameletus alpinus*) är en art som har drabbats hårt av försurningen, men som visar en positiv respons på kalkgruset. Bäcksländan *Leuctra digitata,* en art som tidigare haft svårigheter med återkolonisering i fjällvattendrag, visar en liknande utveckling. I de mer låglänta vattendragen har återkoloniseringen fortskridit mer och här observeras också ökningar av andra arter efter kalkgrusåtgärderna. Aloppan kalkades med kalkgrus enligt lekbottenprincipen under 2008 och efter det syns en positiv och signifikant ökning av arter både i gruset och vid en nedströms liggande provtagningsstation. Det är signifikanta trender för dagsländan *Alainites muticus* (Mann Kendall. p=0,02), flera av arterna inom Baetidae, men även arter som har svårare att sprida sig som snäckan *Ampullaceana balthica* (Mann Kendall, p=0,04). Förhoppningsvis kommer dessa trender under de kommande åren även att bli synliga i de vatten som nyligen har behandlats med kalkgrus. Till skillnad från punktinsatser med granulat ger kalkgruset arterna en stabil refug över tid, något som tycks öka möjligheten för att framför allt, upprätthållande av en stabil och ökande populationsstorlek.

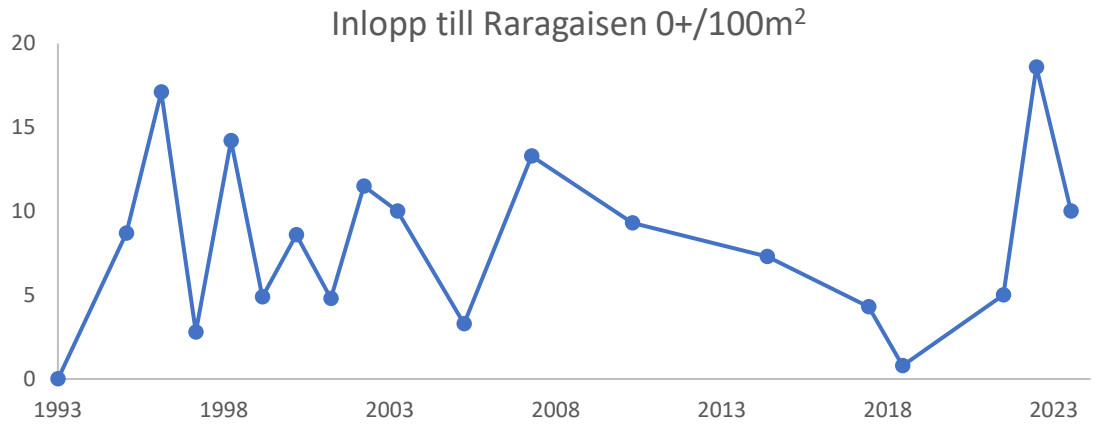
Tabell 3. Sammanställning av de 15 kalkgrusåtgärderna och des effekt på pH och biologi, samt hur många år effekten varat.

	Lägsta pH	Färgtal mgPt/l	MHQ (m3/s)	Kalk ton	Effekt pH	Effekt bottenfauna	Effekt öring 0+	Längd effekt
Aloppan	5,41	178	18	211	?	ja	ja	>10år
Bastuån	5,51	117	10	30	0,1–0,2	?	?	>2år
Doveln	4,95	304	9,5	80	ett år	Nej (nedströms)	Nej (nedströms)	?
Hemmingsån	4,94	440	4	22	0,2–0,4	ja	ja	>3år
Lekarån	5,75	56	21	392	0,7–1,0	ja	ja	>3år
Oxsjöån	5,97	216	5	495	0,2–0,4	ja	ja	>3år
Raragaisenjaure Inlopp	6,18	3	1	200	0,5–0,7	ja	ja	>3år
Stor-Fättjeån	4,44	180	4	224	0,5–0,7	ja	nej	>9år
Åbervattnet Biflöde	6,35	6	3	300	?	ja	?	>2år
Goutelesjaure (sjökalkning)	6,17	3	4	20	0,2–0,6	?	?	>2år
Bastuån Biflöde	5,12	194	0,5	5	0,5–1,0	?	?	>3år
Bielnejaure Biflöde Norr	5,6	10	0,5	150	0,6	ja	ja	>2år
Bielnejaure Biflöde Fiskfällor	5,6	10	0,5	50	?	ja	ja	=20år
Svinkan	6,08	226	7	291	ett år	ja	1–2 år	>3år
Valmen	4,65	227	15	156	två år	ja	?	>3år

Biologiska resultat öring

Effekterna på överlevnaden av öringens årsyngel (0+) är också tydliga, men det finns andra variabler än pH som påverkar, inklusive storleken på den kvarvarande lekmogna populationen och naturliga variationer i lyckade öringlekar. I de nio vattendrag där 0+ har kunnat analyserats, visar sju vattendrag en positiv effekt. Tydligast är effekten i de klara

lekbäckarna i fjällen, Bielnejaures och Raragaisens öringar svarar direkt på kalkgruset med ökade tätheter av 0+. Efter kalkningarna 2021, uppmättes i Raragaises lekbäck den högsta tätheten av 0+ sedan mätningarna började 1992, detta trots historiskt höga givor av kalkmjöl och granulater (Figur 2).



Figur 2. antalet 0+ av öring i målvattendraget Raragaises inlopp

Det som också syns i de åtgärdade vattendragen är ökade tätheter av äldre öringar (1+ och 2+), vilket indikerar en stabil miljö över tid. I Svinkan finns det kvar rester av en långvandrande öringpopulation och här syns en tydlig respons efter åtgärd, både i kalkgruset och vid provtagningsstationen nedströms, detta trots att det är ett vatten med relativt höga färgtal (226 mgPt/l) och låga pH. Ett annat färgat vattendrag, Stor-fättjeån uppvisar en positiv effekt på bottenfaunan, men inte på antalet 0+. En möjlig förklaringen kan vara att populationen som lekte här inte längre finns kvar. De kommande åren förväntas en fortsatt återhämtning och tillväxt av populationerna, även om öringens årsyngel är betydligt mer föränderlig parameter än till exempel bottenfauna.

Slutsatser

Den biologiska responsen är otvetydig, i flera fall är effekten till och med större än vid granulat- och doserarkalkningar. Bottenfaunans biodiversitet och tätheter ökar precis som öring yngels överlevnad. Hög vattenfärg tillsammans med vattendragets strömhastighet kan dock påverka varaktigheten av effekten.

Kostanden samt miljöpåverkan från både brytning och spridning minskar när mindre kalk behövs för att skydda biologin. Rekommendationer kring givor ska främst användas som startvärde, då en upptrappning av dosen över ett par år är att rekommendera jämfört med att lägga en högre giva initialt. För refugskapande kalkningar i form av lekgrus eller en strössling av grus över hela vattendraget, bör givorna ligga mellan 25-60kg/m^2. Vid kalkningar i biflöden eller uppströms åtgärdsområdet, kan givor baserade på de norska rekommendationerna på 2-3ton/km^2 användas som startvärde. Vid våtmarkskalkningar bör startgivorna ligga på 35-70ton/km^2.

Det finns begränsningar i vad kalkgruset kan uppnå, till exempel i fjällsjöar så kan kalkgruset skydda öringleken och bottenfaunan i biflöden, men om även biologin i sjön ska skyddas från låga pH behöver det göras kompletterande kalkningar. Antingen med kalkgrus i strandzoner eller i avrinningsområdet via till exempel våtmarkskalkningar (Bjernes et al 2004).

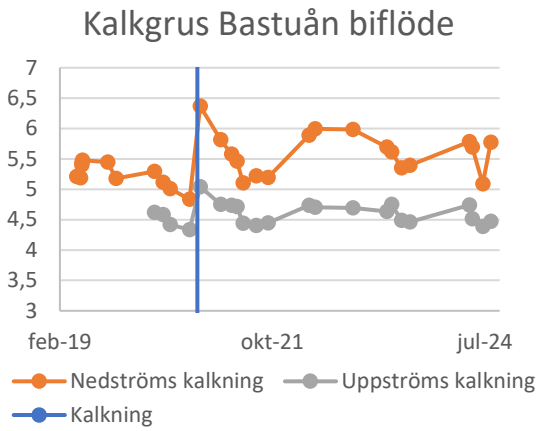
Även om flera projekt fortfarande är i ett tidigt skede, så framstår det klart att kalkgrus bör inkluderas som en åtgärd i svenska riktlinjer. Detta baserat på erfarenheter från äldre kalkningar, befintliga studier från Norge och resultat från Jämtlands senaste kalkgrusningsprojekt.

Samtidigt krävs en översyn av de övergripande kalkningsåtgärderna för att gå från åtgärder som ger en tillfällig effekt till åtgärder som har långsiktiga effekter och helst faktiskt återställer baskatjonbalansen i åtgärdsområdena. Det är uppenbart att återhämtningen av Sveriges försurade områden har avstannat, och därför krävs åtgärder som faktiskt främjar en återhämtning, inte bara tillfälligt höjer pH i ytvattnet. I detta avseende har kalkgruskalkningar på våtmarker och annan mark en potential.

Områdesspecifika resultat

Målvattendrag Bastuån

Bastuån är ett av de viktigaste lekområdena för Dammåöringen, ungefär 10 % av lekfisken går upp i Bastuån för lek. Tyvärr har den antropogena försurningen kraftigt påverkat både den biologiska mångfalden bland bottenfauna och överlevnaden av öringens yngel. Bastuån har varit planerad att kalkas sedan 1990-talet, men på grund av prioriteringar blev ån aldrig kalkad. Under 2020 undersöktes alla biflöden till Bastuån och en bäck stack ut med låga pH (4,3) samt kraftigt färgat vatten. På hösten 2020 kalkades bäcken med fem ton kalkgrus (4,65 kg/m^2; 0,82 ton/km^2), kalkningen gav tydliga effekter på pH, effekter som tre år senare fortsatt är kvar (Figur 3).

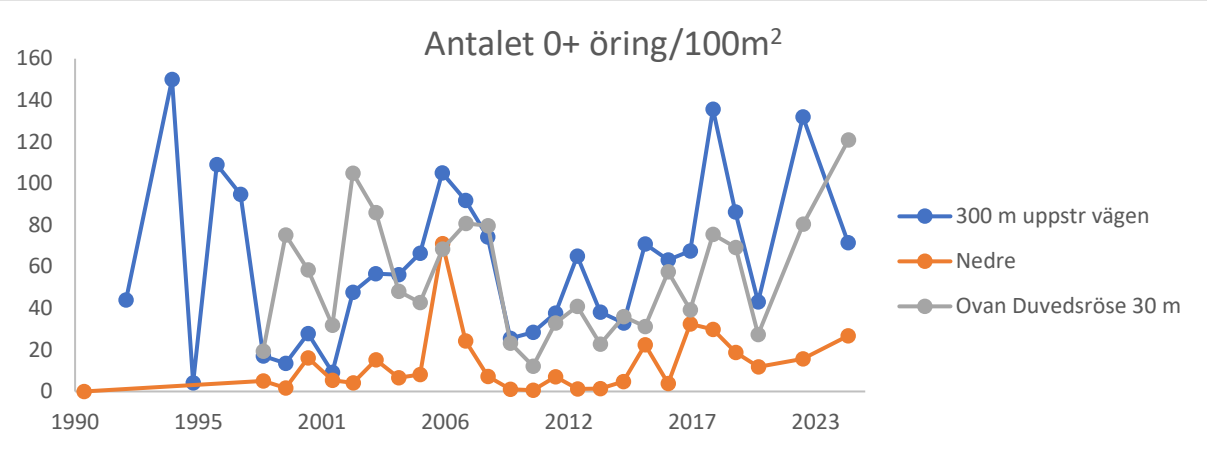


Figur 3. Kalkgrus i biflöde till Bastuån

Även huvudfåran i Bastuån har kalkats med en blygsam giva på totalt 30 ton kalkgrus 2020 och 2021 (Figur 4, 10,5 kg/m^2; 0,64 ton/km^2; 3,08ton/MHQ). Kalkgruset har höjt pH i ytvattnet något och pH sjunker inte drastiskt under vårfloden, men under skyfallet kopplat till stormen Hans 2023 faller pH ner till 5,3. Dosen bör därför anses vara för låg.

Figur 4. Kalkgrus i Bastuåns huvudfåra

På grund av höga flöden under provtagningssäsongen 2021 och 2023 har elfiskena inte kunnat genomföras årligen sedan kalkningarna. Stormen Hans framfart sensommaren 2023 förändrade också kraftigt elfiskelokalerna, lokalen ”300 m uppstr väg” har bland annat halverats i bred, och ”nedre” har fått betydligt mer finmaterial än tidigare, lokalen ”Ovan duvedsröse 30m” är minst påverkad. Elfiskena kommer alltså framöver att bli svårt att jämföra med den äldre datan. Bastuån har också stora svängningar i antalet årsyngel, detta på grund av att antalet lekande par av Dammåöringen kraftigt påverkar antalet 0+. Vid elfiskelokalen ”nedre” kan det dock konstateras att de riktigt låga tätheter som är återkommande vid denna lokal inte synds till sedan kalkgruså tgärden (Figur 5). Även övriga lokaler håller en bra nivå efter åtgärd med mellan 70-132 0+/100m^2, lokalen ”Ovan duvedsröse 30m” har 2024 sin högsta uppmätta täthet någonsin (Figur 5).



Figur 5. antalet 0+ vid de tre elfiskelokalerna i målvattendraget Bastuån

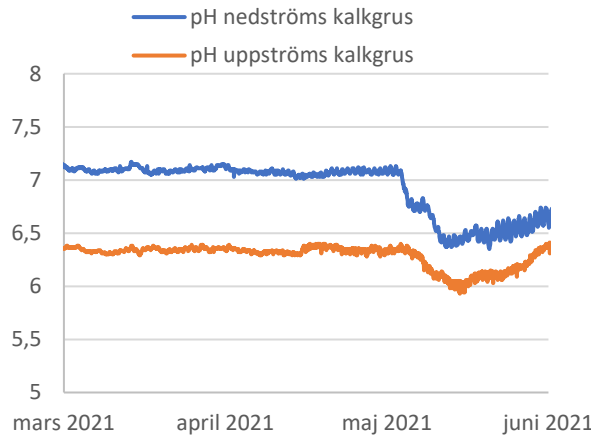
Vad gäller bottenfauna så har Länsstyrelsen mycket data mellan 1987–2016 samt från 2024, detta i kombination med SLU:s provtagning mellan 2000–2020 ger oss en bra bild av bottenfaunans status, men i dagsläget finns det bara en provtagning efter åtgärd (2024). Nyckelarten rödingslända (*Ameletus alpinus*) återfinns i alla av Länsstyrelsens provtagningar utom år 2016, vilket indikerar att Bastuån fortfarande har höga naturvärden, arten syns dock endast en gång i SLU:s provtagning vilket kan förklaras med att SLU provtar på hösten medan Länsstyrelsens provtagning sker på försommaren. Bäcksländan *Amphinemura standfussi* har inte synts till i någon provtagning sedan 2005, men återfinns i provtagningen från 2024. Samma gäller för dagsländan *Baetis fuscatus*. Det krävs dock fler års provtagningar innan bilden klarnar kring kalkeffekten i Bastuån.

Målvattendrag Lekarån

Lekarån avvattnar samma fjäll som Bastuån och är också ett viktigt lekområde för Dammåöringen. Lekarån har dock inte drabbats av stigande färgtal på samma sätt som Bastuån. Ån har tre sjöar i de övre delarna av avrinningsområdet och har historiskt kalkats med sjökalkningar, först med kalkmjöl, men efter 1998 med granulat. Effekterna av dessa sjökalkningar är tillfälliga då omsättningstiden är kort i dessa sjöar, samtidigt som mycket avrinning sker från fjällsidor vars vatten aldrig passerar dessa sjöar. Det syns inga tydliga effekter av dessa kalkningar på tätheter av öringens årsyngel eller bottenfaunans diversitet.

På hösten 2020 kalkades övre delarna av Lekaråns huvudfåra samt ett sjölöst biflöde med 392 ton kalkgrus (3,52 kg/m^2; 0,64 ton/km^2; 19 ton/MHQ). För att utvärdera hur denna

kalkning påverkade pH placerades det under vintern och våren en pH-logger ovanför kalket och en logger nedströms. Skillnaden i pH under vinterns stabila flöde är 0,8 pH-enheter. Under vårfloden minskar skillnaden, men pH sjunker aldrig under 6,35 nedströms kalkningen (Figur 6a). Detta är en tydlig indikation på hur kraftfullt kalkgrus kan stå emot surstötar vid kraftiga flöden, då Lekarån trots historiska sjökalkningar ofta har sjunkit under pH 6,0 under högflöden (Figur 6b).

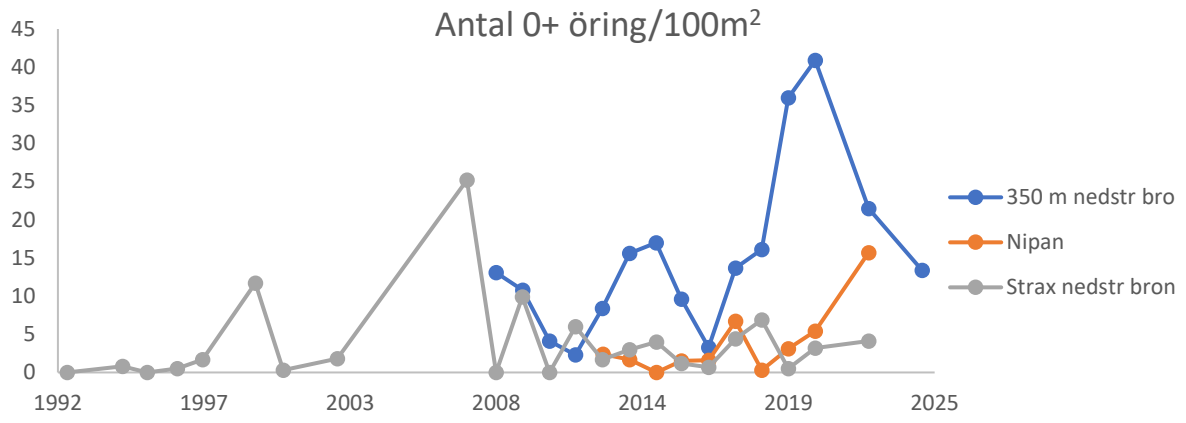


Figur 6a. pH i Lekarån uppströms och nedströms kalkgruset.

Figur 6b. lägst uppmätt pH/år i Lekarån mellan 1987 och 2023

En trendanalys av bottenfaunan i en nedströms liggande lokal visar på positiva effekter med bland annat signifikant ökning i antalet familjer (Mann Kendall, p=0,03). Även artantalet (Mann Kendall, p=0,007) och Shannon indexet (Mann Kendall, p=0,01) för påväxtalger ökar signifikant efter kalkningen.

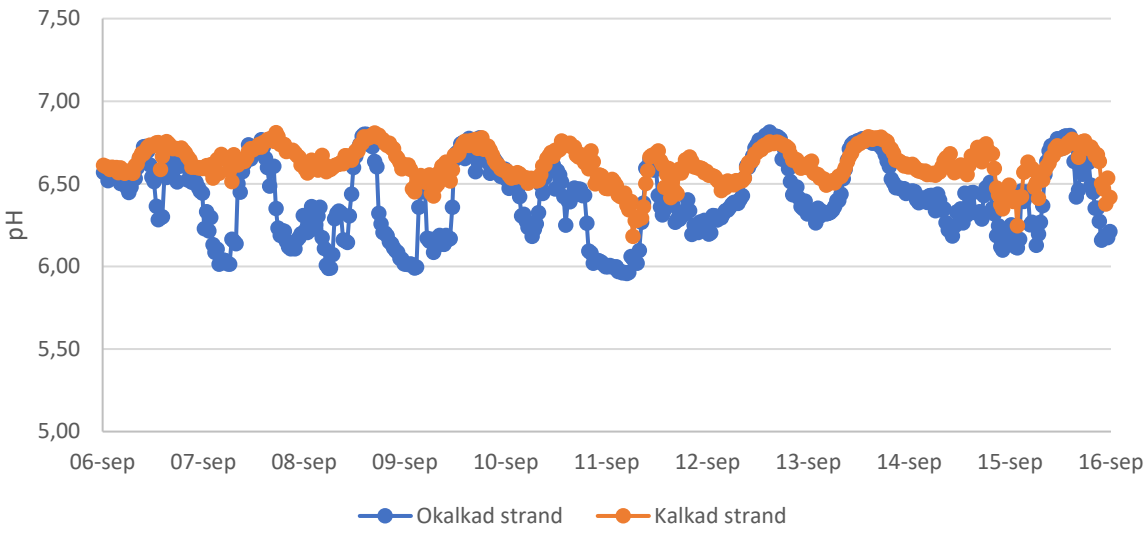
När det kommer till att tolka elfiskena blir det lite mer komplext då fisket 2021 och 2023 fallit bort på grund av högflöden, så även två av lokalerna 2024. Samt att resultaten i Lekarån kraftigt påverkas av antalet lekfisk som tar sig hit från Storsjön. Analysen försvåras också av att det åren innan åtgärd (2019 och 2020) är de år då de högsta tätheterna uppmäts i vid en av lokalerna (Figur 7). Fler elfisken krävs för att se om kalkgruet har någon effekt på antalet 0+.



Figur 7. antalet 0+ vid de tre elfiskelokalerna i målvattendraget Lekarån

Målsjön Gåtejaure

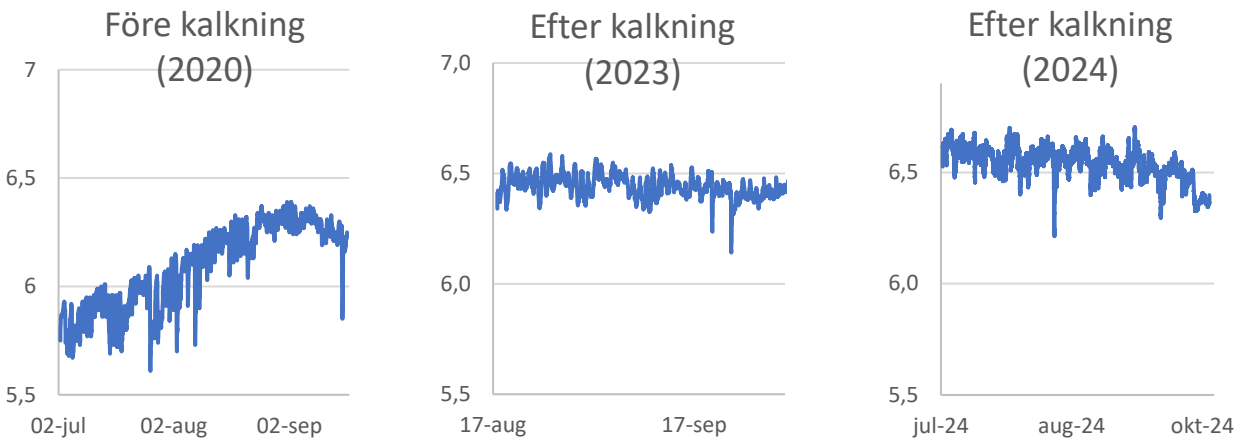
Gåtejaure är en av målsjöarna i Lekaråns avrinningsområde. Efter ett lyckat försök i Norge med kalkgrus i sjöars strandzon testades samma metodik 2022 i den högt belägna (855 m.ö.h) fjällsjön Gåtejaure. Tanken med dessa kalkningar är att i stället för att kalka upp pH i hela vattenvolymen fokusera på att höja pH i de viktiga bentiska områden som är helt avgörande för biologin i dessa klara fjällsjöar. Under hösten 2023 placerades pH-loggrar ut i området för att mäta skillnaden i pH mellan en strand med kalkgrus och en utan. Loggerns pH-sond placerades 20cm ovan botten och skillnaden mellan de kalkade och okalkade stränderna var slående. Inte bara stabiliserades pH, den kalkade stranden hade inte heller några surstötar under pH 6,2 (Figur 8). SLU provtar sjön, men provtagningen tas inte med kalkgrusåtgärderna i åtanke, varpå resultaten enbart ger en bild över sjön i stort, inte specifikt i de åtgärdade strandzonerna. Riktad provtagning mot kalkade och icke kalkade delar av sjön prioriteras nu för att få en bättre bild av effekten på biologin.



Figur 8. pH i strandzonen i närheten av kalkgrus och vid en okalkad strand i sjön Gåtejaure.

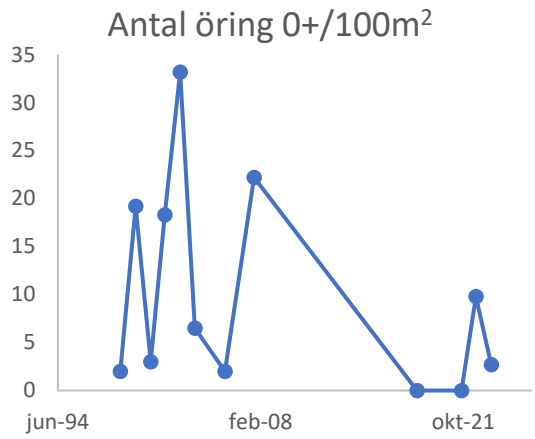
Målvattendraget Bielnejaure lekbäck norr

Bielnejaure är en högt belägen (859 m.ö.h) och otillgänglig fjällsjö i Offerdalsfjällen. Området som är hårt drabbat av försurning karaktäriseras av ett kargt landskap med svårvittrad berggrund och stora nederbördsmängder. Målvattendraget ”lekbäck norr” har historiskt kalkats med bäckzon/våtmarkskalkningar mellan 1999–2005 och sedan med punktinsatser 2008 och 2013. Området är otillgängligt så vetskapen om lägsta pH har varit dålig, men loggrar har gett oss en bra bild om hur surstötarna beter sig och hur låga de är. 2021 placerades en logger i utloppet för att förstå pH i sjöns ytvatten, lägst uppmätt pH var då 5,59. Under sommaren 2020 mättes också pH i bäcken och målvattendraget ”Bäck till Bielnejaure norr”, på grund av områdets otillgänglighet på våren missades vårfloden, men pH återhämtade sig inte till pH målet 6,0 förrän i slutet på juli. Även senare under sommaren så föll pH ner mot 5,6 vid nederbördsepisoder.



Figur 9 pH innan och efter kalkning med kalkgrus på marken i avrinningsområdet

Hösten 2022 kalkades marken i avrinningsområdet med 250 ton kalkgrus (6-18mm), en hög giva på (294 ton/km^2). Under hösten 2023 placerades återigen en pHlogger ut i målvattendraget, pH låg över 6,4 under stora delar av perioden, vid ett kraftigt regn föll pH till 6,14. Inte heller under sommar och höst 2024 uppmättes några låga pH i målvattendraget (Figur 9).



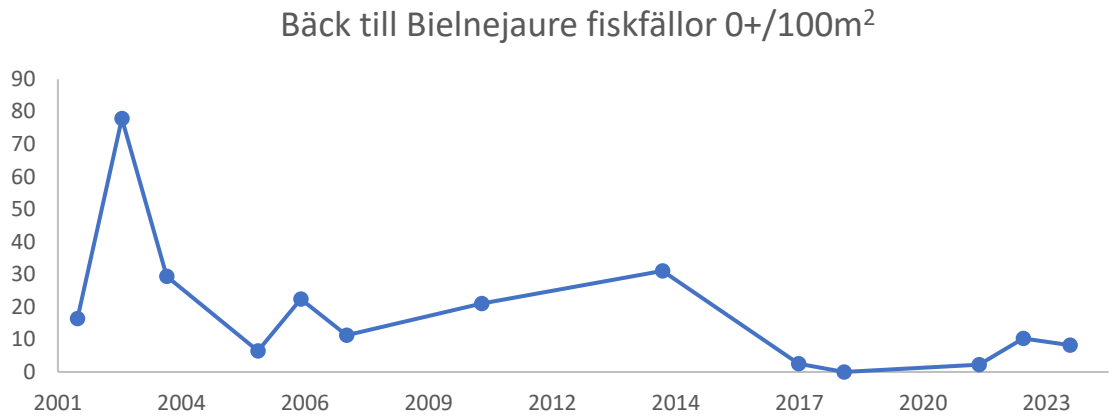
Figur 10. antalet 0+ i målvattendraget inlopp norr Bielnejaure

Målvattendraget har varit helt tomt på öringyngel vid elfiskena 2018 och 2021, men efter kalkningen finns åter öringyngel med tätheter på 10st 0+/100m^2 (Figur 10).

Bottenfaunaprovtagning har inte genomförts sedan 2006 i målvattendraget, därför är det svårt att redan nu bedöma effekterna av kalkning då den biologiska mångfalden kraftigt minskat pga. att området efter 2005 bara kalkats 2008 och 2013. Så artantalet är fortsatt betydligt lägre än 2006, men en del positiva tecken där arter som dagsländan Siphlonurus lacustris och nattsländor i familjen Limnephilidae ökat i antal. Kommande provtagningar får svara på om kalkningen räcker för att en återkolonisering av fler av de försurningskänsliga arterna som försvunnit ur vattendraget ska ske.

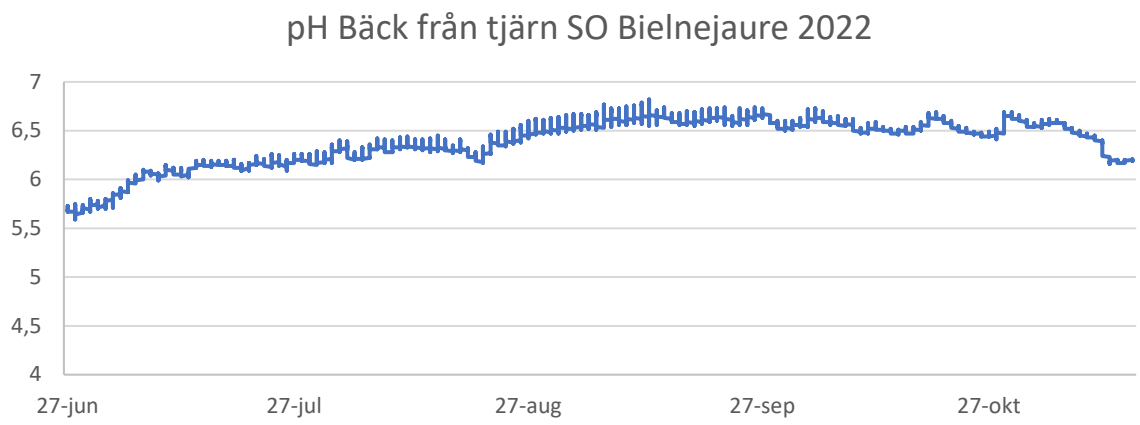
Målvattendraget Bäck till Bielnejaure Fiskfällorna

Även i Bielnejaures andra målvattendrag, ”Bäck till Bielnejaure Fiskfällorna” har överlevnaden av öringyngel varit låg de senaste åren. Åren 2017, 2018 och 2021 återfinns mellan 0-2 0+/100m^2. Men efter att det kalkats med grus 2021 i ett av de uppströms belägna biflödena har yngel överlevnaden ökat till 10st 0+ /100m^2. Men detta är också en lokal med resultat från tidiga kalkgrusförsök i Jämtland, under 1994 spreds kalkgrus i målvattendraget, tyvärr utan att dokumentera någon giva. Kalkgruset slipades ner innan spridning och redan första året vittnar fältpersonalen om mängder av årsyngel i gruset. Kalkgruset är idag borta från vattendraget, något som också syns i elfiskena då det efter 2014 sker en kraftig minskning i antalet 0+ (Figur 11). Det syns också en effekt av kalkgruset när tätheterna jämförs med målvattendraget ”inlopp norr”, där det under år med kraftigare surstötar också syns en lägre täthet. Målvattendrag utan lekgrus verkar helt enkelt klara sig sämre under år med surare nederbörd.



Figur 11. antalet o+ av öring i målvattendraget fiskfällorna Bielnejaure.

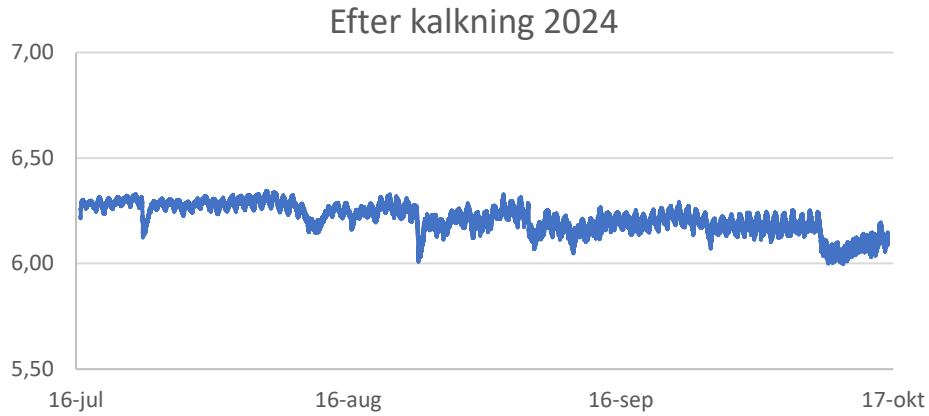
I detta målvattendrag finns bottenfaunaprovtagning enbart från 2017, 2023 och 2024, så det är svårt att säga något om bottenfaunans svar på 90-talets kalkgrus. Vattendraget har relativt låg mångfald, men ett par individer av dagsländor och nattsländor återfinns. Ett biflöde och viktig lekbäck och dess avrinningsområde kalkades med 50ton kalkgrus 2022 (49 ton/km^2) och här har bottenfaunaprovtagning genomförts 2022, 2023 och 2024. Den biologiska mångfalden är högre här än vid målvattendraget nedströms och det ser ut att var en positiv respons på kalkningarna då tätheterna av flera försurningskänsliga arter ökar efter kalkningen. Vid provtagning 2024 ökar artantalet kraftigt till den högsta mångfalden någonsin uppmätts i ett målvattendrag till Bielnejaure. Dagsländan *Baetis bundyae* är en fjällart som kraftig minskade i försurningens spår, efter nedskärningar i kalkbudet 2004 har arten hittats en gång och nu då i detta kalkgrusade vattendrag. Här återfinns också restbestånd med ett fåtal individer av ett par relativt känsliga arter av nattsländor, musslor, dagsländor och bäcksländor. Även pH svarar bra på kalkningen och inga kraftiga surstötar uppmätts under sommaren 2022 (Figur 12).



Figur 12. pH i biflöde till målvattendraget efter kalkning.

Målvattendraget Åbervattnet lilla störst bäck

Åbervattnet är en annan högt belägen (752 m.ö.h) och otillgänglig sjö i Offerdalsfjällen som historiskt kalkats med våtmark och sjökalkningar. Lekbäckarna kring Åbervattnet har tyvärr återfått sina försurningsskador efter nedskärningarna i Jämtlands kalkningsverksamhet 2005 och den biologiska mångfalden är låg i de flesta lekbäckar. Tyvärr finns inga tillförlitliga prov för lägsta pH innan kalkning i målvattendraget. Våtmarker kring tre biflöden och målvattendrag kalkades med 300 ton kalkgrus 2022 (35 ton/km^2; 94 ton/MHQ) och vid mätningar under sommar och höst 2024 (Figur 13) så ligger pH över målvärdet på 6,0.



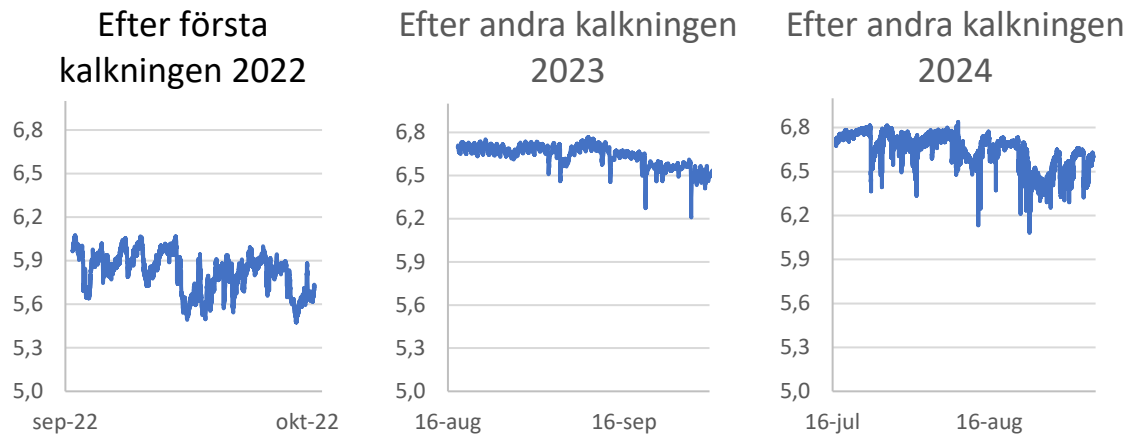
Figur 13. pH i målvattendraget efter kalkning.

I Målvattendraget ”Åbervattnet lilla störst bäck” visar också bottenfaunaprovtagning att bäcken har svarat bra på kalkgruset, flera känsliga dag-, bäck- och nattsländor återfinns efter kalkningen, till exempel *Ameletus alpinus*.

Målvattendraget Raragaise inlopp

Raragaise är en högt belägen fjällsjö (866 m.ö.h) i Offerdalsfjällen, sjön har bland annat en utseendemässigt unik öringstam. Målvattendraget ”inlopp” har historiskt kalkats med kalkstensmjöl visa år mellan 1992–2005, sedan med granulat 2008 och 2013. Efter det minskade antalet öringyngel och den biologis mångfalden bland bottenfauna. Under våren 2021 placerades en logger och pH i sjön låg då under pH 6,0 i fyra veckor, lägsta uppmätta

var 5,6. 2021 spreds 100 ton kalkgrus (41 ton/km^2; 122 ton/MHQ) på en högt belägen våtmark (1000 m.ö.h) i avrinningsområdet till målvattendraget.



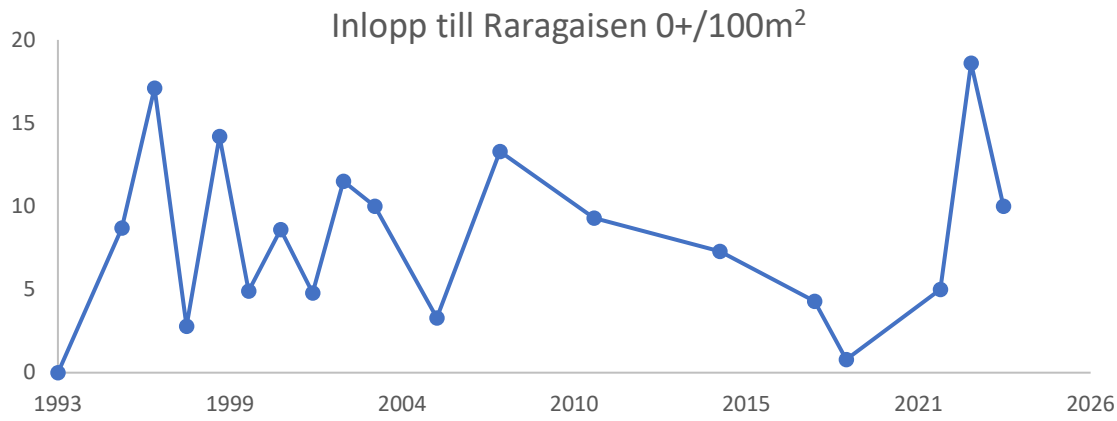
Figur14. pH i målvattendraget efter första kalkgrus åtgärden (2022) och efter den andra 2023 och 2024.

Under hösten 2022 uppmättes pH ner mot 5,5 i målvattendraget (Figur 14), kalkningen ansågs vara för svag och senare samma höst utökades kalkningen med ytterligare 100 ton kalkgrus, den totala givan var då (0,33 kg/m^2; 83 ton/km^2; 243 ton/MHQ).

Hösten 2023 gjordes nya mätningar och lägsta pH i lekbäcken var nu betydligt högre och pH gick aldrig under 6,2, mätningar under sommaren 2024 visar på fortsatt stabila pH över 6,0 (Figur 14).

Även bottenfaunan har svarat bra i detta målvattendrag, det behövs dock provtagning under fler år för att fastställa omfattningen av förbättringen. Den biologiska mångfalden i bottenfaunan är fortsatt lägre än innan försurningen och ett antal nyckelarter har ännu inte återkoloniserat. En art som återfunnits efter kalkningarna med kalkgrus (2022, 2023, 2024) är liten simslända (*Siphlonurus lacustris*), däremot saknas fortsatt nyckelarter som rödingslända (*Ameletus alpinus*).

Överlevnaden av öringens årsyngel har sedan sista våtmark/sjökalkningen 2013 minskat och 2018 var antalet nere på 0,8/100m^2. Efter första kalkgruskalkningen fångades 2022 18,6st 0+/100m^2, det är den högsta tätheten som någonsin uppmäts i målvattendraget. 2023 syns en något lägre täthet (10/100m^2), men dock högre än snittet mellan 2010–2021 som låg på 5,6/100m^2(Figur 15). Antalet äldre öringar ökar också efter kalkningarna och 2023 återfinns 0+, 1+ och 2+, alltså endast fiskar födda efter kalkningen med kalkgrus. Det ser nu ljusare ut för Raragaises unika öringstam.



Figur15. antal 0+ av öring i målvattendraget inlopp Raragaise.

Målvattendraget Aloppan

Aloppan har de karaktärer som utmärker de mest drabbade områdena i Jämtland med avrinningsområden nära fjäll samt en hög andel våtmarker. Den biologiska provtagningen pekar på att pH historiskt varit betydligt högre i området. I de övre delarna av Aloppan finns viktiga reproduktionsområden för den långvandrande Ljunganöringen, som historiskt uppvisat mycket höga tätheter (>150 0+/100m^2). Därtill finns än i dag ett restbestånd av den försurningskänsliga märlkräftan (G*ammarus sp.)* högt upp i åtgärdsområdet.

Ovan doseraren i Aloppan har det endast kalkats med mindre sjökalkningar efter den stora nedskärningen i Jämtlands kalkbudget 2005. Men här skapades lekbottnar med 411 ton kalkgrus 2008 (4,5 ton/km^2; 22 ton/MHQ; Figur 16).

Figur16. spridning av kalkgrus på lekbotten under 2008 i Aloppan.

Analysen delas här upp i två delar, dels har två lokaler inom kalkgruset utvärderats under några år efter åtgärd, dels så analyseras nedströmseffekten vid en station med längre tidsserie. Effekterna kan också jämföras mot en station längre ner i Aloppan som också påverkas av våtmarkskalkningar och doserare.

Trots att den biologiska mångfalden är högst vid den nedersta lokalen i Aloppan så återfinns flera känsliga arter enbart vid kalkgruslokalerna. Dagsländan rödingslända (*Ameletus alpinus*)

har kraftigt minskat både i utbredning och täthet på grund av försurningen. Efter kalkgrus åtgärden återfinns arten vid alla provtagningar vid en av kalkgrus lokalerna, arten återfinns aldrig vid lokalerna nedströms, inte ens nedströms doseraren. Bäcksländan *Amphinemura standfussi* och dagsländorna Leptophlebia marginata, och *Metretopus alter* samt nattsländor i Apatania sp. och Halesus sp. återfinns bara på kalkgruslokalerna.

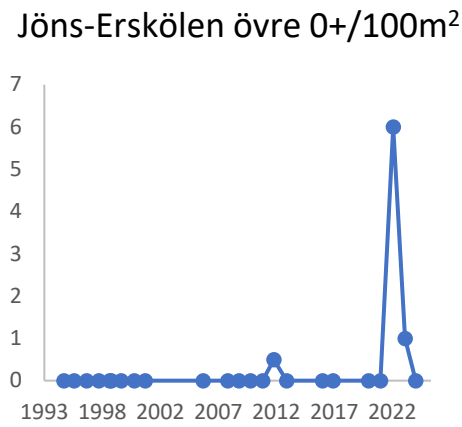
Vid lokalen ”Aloppan upp dos” som ligger nedströms kalkgruset men ovan doserare, syns en tydlig kalkgruseffekt. De flesta försurningskänsliga arter som återkoloniserat sedan kalkningarna påbörjades i området finns kvar och trendanalysen visar till och med på en signifikant positiv utveckling för vissa känsliga arter som, *Radix peregra*, *Limnius volckmari* och *Alainites muticus.* Att bottenfaunan klarar sig bra här trots kraftiga surstötar, beror sannolikt på att kalkgruset lyckas höja pH även nedströms. Jämför man med liknande målvattendrag i Jämtland så visar trendanalyserna under samma period i stället på en negativ trend för bottenfaunans biologiska mångfald och täthet.

Inom området för kalkgrusåtgärd finns få elfisken och de visar inte på någon tydlig respons, däremot sker en tydlig respons vid en elfiskelokal precis nedströms kalkgrusåtgärden (Lokal B). Här ökar överlevnaden av öringens årsyngel efter kalkningen i jämförelse med lokalen längre nedströms ”ned dos” och även vid jämförelse med lokaler uppströms kalkgruset, dock väldigt långt kvar till de höga tätheter man hittade här på 70-talet (+160 0+/100m^2). Det ser ut som att effekten av kalkgruset klingar av 2018, men det finns i dagsläget ingen data efter 2018.
Sammantaget så visar försöket med kalkgrus i Aloppan på en effekt i åtminstone tio år även om ytvattnet utsätts för surstötar, vattnet är kraftigt färgat och ån är relativt lugnflytande och egentligen långt ifrån optimalt för användandet av kalkgrus.

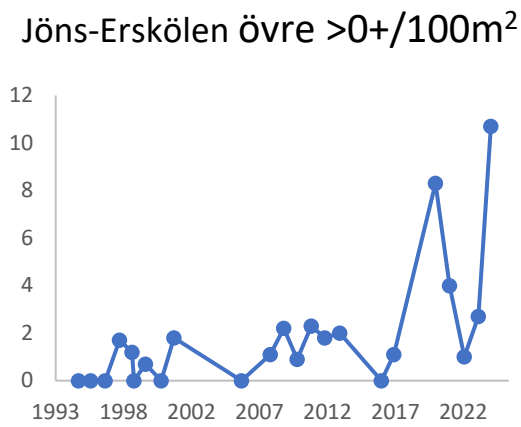
Målvattendraget Svinkan

Svinkan faller brant utför fjällens sidor ner mot Rätansjön. I avrinningsområdet finns skogsbrukspåverkan och stora myrområden, vattendraget har en relativt hög vattenfärg. Här fanns ett viktigt lekområde för den långvandrande Rätanöringen innan försurningen slog till, idag finns spillror kvar av beståndet. Svinkan kalkades 2019 med 99 ton kalkgrus och 2021 med 96+96 ton på två till lokaler (total giva; 25 kg/m^2; 8,8 ton/km^2; 43,5 ton/MHQ). Omfattande våtmarkskalkningar 2014 och 2015 försvårar analysen av bottenfaunan, då dessa kalkningar hade en stor påverkan på den biologiska mångfalden. Men det finns två bottenfauna lokaler i målvattendraget, en i området som kalkades med kalkgrus och en nedströms. Lokalen som är nedströms kalkgruskalkningarna är också nedströms en doserare och har generellt sett haft högre biologisk mångfald och tätheter av arter. Vid en jämförelse av dessa båda lokalers provtagning 2022 och 2023 visar att den nedre lokalen fortsatt har högre biologisk mångfald, men den övre lokalen som ligger inom kalkgrus projektet har högre täthet av ett flertal arter, inte minst av nyckelarten rödingslända (*Ameletus alpinus).* Lokalen inom kalkgruset återkoloniseras också av ett flertal arter som bäcksländan *Amphinemura standfussi*, *dagsländorna Nigrobaetis digitatus, Nigrobaetis niger* och *Ephemerella aurivillii*.

Elfiskelokalerna har fiskats sen 1994 och både antalet 0+ och äldre öringar ökar efter åtgärd, effekten syns både där kalkgrus lagts ut (”Jöns-Erskälen övre”) och nedströms åtgärd (Figur 17a-b).



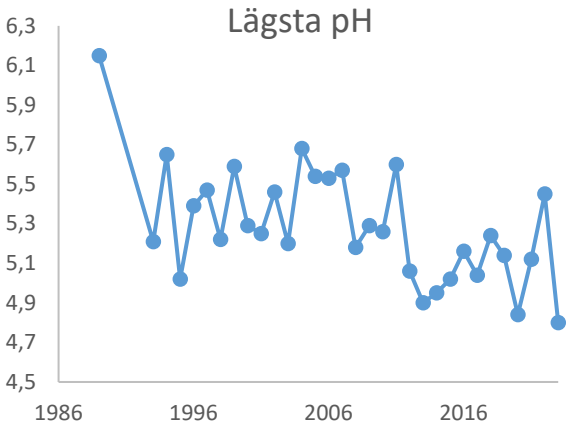
Figur 17a. antalet 0+ av öring vid elfiskelokalen i anslutning till kalkgrus åtgärden.



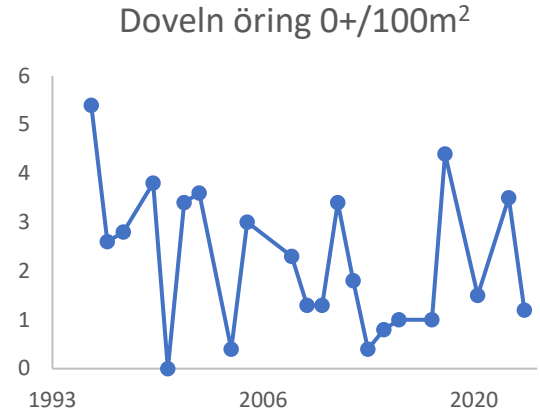
Figur 17b. antalet >0+ av öring vid elfiskelokalen i anslutning till kalkgrus åtgärden.

Målvattendraget Doveln

Doveln har en hög andel våtmarker i sitt avrinningsområde och även en hög vattenfärg (färgtal 304 mgPt/l), förutsättningarna för att lyckas med kalkgrus i vattendraget är inte optimala. Doveln kalkades med 80 ton kalkgrus 2021 (5,47 kg/m^2; 1,2 ton/km^2; 8,5 ton/MHQ). Det finns ingen uppföljning inom området som kalkats med kalkgrus, men det finns effekter på bottenfaunan vid provtagningslokalen nedströms under 2022 och 2024. Två känsliga arter som inte synts till tidigare återfinns bland annat *Sishimanphlonurus lacustris*, men det är för tidigt att säga om det beror på kalkningen eller en tillfällighet. Kalkningen håller emot pH första året, men under de kraftiga skyfallen på sensommaren 2023 kommer en kraftig surstöt igen (Figur 18a). Inte heller 0+ av öring vid en nedströms liggande lokal verkar svara på åtgärden (Figur 18b). Nästa steg är att undersöka biologin i de åtgärda sträckorna, då det sannolikt är en större effekt där en nedströms. Detta är något som syns i andra vattendrag med hög vattenfärg, att det blir en refugeffekt vid kalkgruset, men att lokaler nedströms inte påverkas lika mycket som i ett vattendrag med klarare vatten.



Figur 16a. lägst uppmäta pH i målvattendraget Doveln.



Figur 16b. antalet 0+ av öring i Doveln

Målvattendraget Fättjeån

Fättjeån avvattnar ett stort myrkomplex och har ett kraftigt färgat vatten samt väldigt kraftiga surstötar, 2014 var lägst uppmätta pH 4,44. Området kalkades fram till och med 2005 med våtmarkskalkningar som var väldigt framgångsrika och en stor del av den biologiska mångfalden kom tillbaka, dock har aldrig den vandrande öringen, som lekte här innan den antropogena försurningen, svarat på kalkningarna.

Under 2015 kalkades hela den vandringsbara delen av Fättjeån med totalt 224 ton kalkgrus (11 ton/km^2; 54 ton/MHQ). Bottenfaunaprovtagningarna under 2016, 2017 och 2024 har visat på positiva effekter på bottenfauna trots att ytvattnet fortsatt uppmätas ner mot 5,4. Trots det sura ytvattnet återfinns dagsländor som *Ameletus alpinus* och *Ephemerella aurivillii*. Efter kalkningen med kalkgruset återkoloniserar dagsländorna *Heptagenia dalecarlica* och *Paraleptophlebia cincta* samt nattsländorna *Sericostoma personatum* och *Sericostoma personatum* som inte synts i Fättjeån sedan försurningen slog ut biologin på 70–80-talet. Även bäcksländan *Taeniopteryx nebulosa* återkoloniserar 2024, arten slog ut på många platser under 70-80talet och är idag väldigt ovanlig.

Så det är tydligt att den biologiska mångfalden ökar efter kalkgrusutläggningen. Däremot så syns inte en lika tydlig ökning i tätheter av arterna som under 90–00-talets våtmarkskalkningar. Våtmarkskalkningarna binder sannolikt även metaller i våtmarkerna och ger till synes ett bättre skydd mot surstötar än vad gruset klarar.

Målvattendraget Oxsjöån

Oxsjöån avvattnar ett stort myrkomplex och har en relativt hög vattenfärg. Ån har kalkats med kalkgrus under fyra år, 2018 med 236ton, 2019 med 96ton, 2020 med 71ton och 2021 med 92ton (totalt giva; 70 kg/m^2; 16 ton/km^2; 98 ton/MHQ). Effekten är tyvärr svåranalyserad då provtagningsstationerna med långa tidserier, ligger lång nedströms sträckorna som kalkats, samtidig har det kalkats med både sjökalkningar och våtmarkskalkningar fram till och med 2019. När våtmarkskalkningarna och sjökalkningarna slutar så minskar antalet individer och mångfalden något vid de nedströms liggande stationerna, den är dock fortsatt högre än innan kalkgrusåtgärderna. Dock återfinns det i provtagningarna 2020, 2022 och 2024 ett antal arter som inte setts till i Oxsjöån på väldigt lång tid, *Nigrobaetis digitatus, Baetis subalpinus, Lepidostoma hirtum, Leuctra digitata* och *Paraleptophlebia cincta.* Så sammantaget verkar kalkgruset ge ett visst skydd även om vattenfärgen är relativt hög. Nästa steg är här precis som i närliggande Doveln att undersöka biologin i de åtgärda sträckorna, då det sannolikt är en större effekt där än vid den nedströms liggande provtagningslokalen. Detta är något som syns i andra vattendrag med hög vattenfärg, att det blir en refugeffekt vid kalkgruset, men att lokaler nedströms inte påverkas lika mycket som i ett vattendrag med klarare vatten.

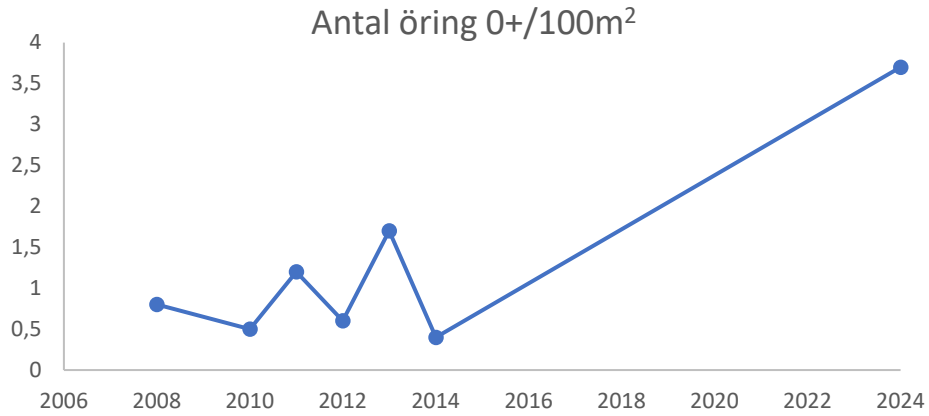
Målvattendraget Hemmingsån

Hemmingsån har flera myrområden i sitt avrinningsområde och vattenfärgen är den högsta bland de vattendrag som har spridits med kalkgrus. Ån kalkas endast med doserare sedan 2006, men 2014 kalkades det med 22ton kalkgrus i huvudfåran samt med 22ton i biflödet brötbäcken (0,64 ton/km^2; 5,4 ton/MHQ). Effekten på bottenfaunan vid den nedströms

liggande lokalen är tydliga då både den biologiska mångfalden och tätheten ökar. Till exempel så återkoloniserar dagsländor som *Ameletus alpinus, Paracinygmula joernensis, Leptophlebia marginata,* flera arter i *Baetidae* familjen, bäcksländan *Amphinemura standfussi och nattsländan Sericostoma personatum* efter att ha saknats i provtagningarna sedan 80–90-talet. Senaste provtagningen är 2019 och då sker möjligen en minskning i tätheterna, men fler provtagningar behövs för att bekräfta om detta är en naturlig variation eller en faktisk minskning. I elfiskena visar på en effekt på både årsungar och äldre öringar där antalet ökar och variationen minskar på så vis att inga år utan fisk inträffar efter kalkgrusutläggningen. Den aktiva doseraren försvårar analysen av effekten av kalkgruset, men det finns en tydlig effekt, däremot går det inte att säga om kalkgruset hade räckt för att skydda biologin utan en aktiv doserare.

Målvattendraget Valmen

Valmen har en relativt hög vattenfärg och har kalkats med våtmarkskalkningar med gott resultat. Den övre delen rinner dock från Sonfjällets nationalpark vilket omöjliggör våtmarkskalkningar i denna del. Därför spreds 2020 106 ton kalkgrus i åns övre delar, kalkningen kompletterades, 2021 med ytterligare 50 ton kalkgrus (total giva; 97,5 kg/m^2; 2,6 ton/km^2; 10 ton/MHQ). Kalkningarna gav en tydlig effekt på pH under 2021 och 2022, men under skyfallen vid stormen Hans sommaren 2023 sjunker pH till 4,8 i ytvattnet. Bottenfaunan provtagning 2021,2022 och 2024 från en lokal inom det åtgärdade området visar på positiva effekter trots surstötarna. Höjda tätheter av flera känsliga dagsländor, till exempel *Ameletus alpinus* och *Ephemerella aurivillii* samt bäcksländorna *Amphinemura standfussi, Amphinemura sulcicollis, Brachyptera risi* och *Nemoura cinerea.* Arter som inte synts till på lokalen på väldigt länge återfinns också efter kalkningen, till exempel arterna *Hydraena gracilis* och *Leuctra digitata*. Kommande år får visa hur långvarigt skyddet för dessa arter är i det sura och färgade vattnet. Det finns relativt lite elfisken från lokalen, men fisket 2024 visar på, om än relativt låg, den högsta tätheten av årsyngel av öring (Figur 17). Även tätheten av äldre öringar som 1+ 2+ ökar efter kalkgruset, kommande fisken får avgöra om detta är en tillfällighet eller en faktisk positiv respons på åtgärden.



Figur 17. antalet 0+ av öring i Valmen

Referenser

Barlaup, B. T. Hindar, A. Kleivm.E. QS Raddum, G. G. 2002. Bekkekalking med skjellsand og kalkgrus effekter på vannkjemi og biologi. Utredning 2002-5. Direktoratet for naturforvaltning.

Bjerknes, V, Hobaek, A. Hylland, S. Håvardstun, J. Kleiven, E. Raddum, G. 2004. lnnsjöundersökelse i Sogn og Fjordane 2003. Vannkvalitet, kalkningseffekter, fisk, bunndyr og dyreplankton. Niva rapport lnr 4848-2004

Degerman, E. Engblom, E. Lingdell, P-E. Melin, E. Olofssin, E. 1992. Försurning i Fjällen. Sötvattenslaboratoriet (1992) 1 :1-112

Kerr, S. J. 1996. Walleye habitat creation and enhancement: an overview of selected projects. Ontario Ministry of Natural Resources, Percid Community Synthesis, Peterborough.

Kerr, S. J., B. W. Corbett, N. J. Hutchinson, D. Kinsman, J. H. Leach, D. Puddister, L. Stanfield, and N. Ward. 1997. Walleye habitat: a synthesis of current knowledge with guidelines for conservation. Ontario Ministry ofNatural Resources, Percid Community Synthesis, Walleye Habitat Working Group, Peterborough.

Thomas A Clair and Atle Hindar. 2005. Liming for the mitigation of acid rain effects in freshwaters: A review of recent results. *Environmental Reviews*. 13(3): 91-128. https://doi.org/10.1139/a05-009

Länsstyrelsen
Jämtlands län

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

TILLSAMMANS FÖR EN HÅLLBAR FRAMTID