

Rapport 2010:15



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN

Saxdalen

Miljöanalys av ett historiskt gruvområde
samt konsekvenser av en efterbehandling

Miljöenheten

Omslagsbild: Flygfoto över Saxdalen från senare delen av gruvans drifttid med gruvområdet uppe till vänster, sandmagasinet uppe till höger, samt samhället och sjön Saxen i bildens nedre del.

Sammanställningen har finansierats av Boliden Mineral AB.

Tryck: Länsstyrelsen Dalarnas tryckeri, oktober 2010.

ISSN: 1654-7691

Rapporten kan beställas från Länsstyrelsen Dalarna, infofunktionen

E-post: dalarna@lansstyrelsen.se

Rapporten kan också laddas ned från Länsstyrelsen Dalarnas webbplats:

www.lansstyrelsen.se/dalarna

Ingår i serien Rapporter från Länsstyrelsen i Dalarnas län

Förord

Gruvbrytning har bedrivits vid Saxberget sedan 1600-talet. När Boliden Mineral AB lade ner gruvverksamheten 1988 fanns även ett anrikningsverk med tillhörande sandmagasin på området samt stora mängder äldre gruvavfall från olika tidsepoker.

De olika typerna av gruvavfall kommer, i varierande omfattning, under årtionden/århundraden att frigöra metaller. Metallerna förs med regnvattnet vidare till nedströms liggande vattendrag, där de riskerar att skada djur och växter. Metalltillförseln till sjöar och vattendrag kan minskas genom miljöförbättrande åtgärder, så kallad efterbehandling. I praktiken innebär det att gruvavfallet ”kapslas in” och vattengenomströmningen minskas genom täckning.

Alla företag är ansvariga för efterbehandling av avfall som uppkommer från verksamheten – men ansvaret är begränsat när det gäller äldre/historisk avfall. Boliden Mineral AB tecknade efter Saxbergsgruvans nedläggning ett avtal med staten, genom Naturvårdsverket, om att genomföra efterbehandlingsåtgärder på gruvområdet och sandmagasinet. I avtalet fastställs Bolidens ansvar och statens ekonomiska bidrag till genomförande av övriga åtgärder. Åtgärderna vid Saxbergets gruva slutfördes 1997.

En projektgrupp bestående av representanter för Boliden Mineral AB och berörda tillsynsmyndigheter dvs. Naturvårdsverket, Länsstyrelsen Dalarna och Ludvika kommun har fortlöpande följt Bolidens planering och uppföljning av åtgärderna.

Boliden Mineral AB svarar för uppföljningen av åtgärdernas effekt genom att analysera metallhalter och mäta vattenflöden i ett flertal provpunkter i anslutning till gruvområdet och Saxen. Metallpåverkan på Saxen och Kolbäcksån belyses även genom de biologiska och kemiska analyser som utförs inom ramen för Kolbäcksåns samordnade recipientkontroll.

Boliden Mineral AB har finansierat föreliggande utvärdering av effekterna av de genomförda efterbehandlingsåtgärderna. Miljöanalysen har utarbetats av Lennart Lindeström Svensk MKB.

Länsstyrelsen Dalarna publicerar i samråd med Boliden Mineral AB och Svensk MKB rapporten "Saxdalen- Miljöanalys av ett historiskt gruvområde samt konsekvenser av en efterbehandling" i Länsstyrelsen rapportserie för att tillgängliggöra materialet och underlätta framtida utvärderingar av vattenmiljön i Saxdalen.

Länsstyrelsen har inte tagit ställning till de slutsatser som presenteras i rapporten.

Per-Erik Sandberg
Chef Miljöenheten
Länsstyrelsen Dalarna

Saxdalen

Miljöanalys av ett historiskt gruvområde samt
konsekvenser av en efterbehandling

Lennart Lindeström, Svensk MKB



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN

Sammanfattning

Gruvverksamhet har förekommit i Saxdalen sedan 1600 talet genom olika verksamhetsutövare. År 1958 flyttades ägandet av verksamheten till Bolidens Gruvaktiebolag, som bröt fyndigheten fram till 1988. Sedan dess har gruvområde, sandmagasin och ett tidigare använt deponeringsområde för gruvavfall efterbehandlats genom ett samarbetsprojekt mellan Boliden och Staten.

I denna rapport sammanställs mätresultat från de berörda vattendragen för att belysa, dels effekter av den tidigare gruvsdriften, dels eventuella förändringar som kan hänföras till efterbehandlingen. Det närmast berörda vattendraget är Vattfallsgröpbäcken, som avvattnar alla tre åtgärdsobjekten i Saxbergsområdet. Bäckens mynnar i sjön Saxen och vidare till sjön Väsman. Sjöarna ingår i Kolbäcksbäcken vattensystem som rinner ut i Mälaren.

En relativt entydig bild pekar på att en minskad uttransport av zink och kadmium skett från Saxbergsområdet till Saxen och Väsman sedan slutet av 1990-talet. Detta verkar inte gälla för koppar och bly, även om bilden i dessa fall är mer otydlig. I de fall det finns underlag att jämföra med förhållanden längre tillbaka i tiden, vilket främst gäller för zink, steg halterna i Vattfallsgröpbäcken från gruvans driftstopp fram till efterbehandlings avslut. Detta innebär att zinkhalten i bäcken legat på ungefär samma nivå under hittillsvarande del av 2000-talet som under senare delen av gruvans driftperiod.

Ett försök har gjorts till källfördelningsanalys. Denna pekar på att det efterbehandlade sandmagasinet tillsammans med det sanerade äldsta deponeringsområdet idag utgör de främsta metallkällorna, medan det sanerade gruvområdet har mindre betydelse. Av metallförekomsten i nedre Kolbäcksbäcken kan en väsentlig del av zink- och kadmiumtransporten förmodligen hänföras till Saxbergsområdet, medan områdets betydelse för koppar- och blytransporten är mindre.

Halterna av ett flertal metaller i Saxens ytliga sedimentlager är mycket förhöjda. Från 1991 fram till den senaste sedimentundersökningen 2001 har ingen haltminskning registrerats.

Likaså finns få eller inga tecken under de senaste tre decennierna på någon förbättring av miljötillståndet i sjön Saxen för växtplankton, bottenlevande djur eller fiskesamhället. Den generella bilden är att såväl antalet arter som antalet individer är lägre i Saxen än vad som är normalt för denna sjötyp.

Några metaller, främst bly, förekommer tidvis i förhöjda halter i lever hos fiskar från Saxen. Exempel finns även på en viss förhöjning av kadmiumhalten i fiskkött. Jämfört med svenska livsmedel är dock den sistnämnda förhöjningen relativt måttlig. Samtidigt är kvicksilverhalten i fisk från Saxen märkbart lägre än vad som är normalt för sjöar i regionen. Därför görs bedömningen att fisk från Saxen kan ätas minst lika ofta som fisk från kringliggande sjöar.

Innehåll

SAMMANFATTNING

BAKGRUND	1
SAXBERGSGRUVANS HISTORIA	2
GRUVVERKSAMHETENS RESTPRODUKTER	2
EFTERBEHANDLINGSPROJEKTET	4
ORGANISATION	4
GENOMFÖRDA ÅTGÄRDER	4
KONTROLLPROGRAM	5
HALTER AV METALLER OCH JONER I OLIKA DELAR AV VATTFALLSGROPBÄCKEN	7
AKTUELLA FÖRHÅLLANDEN	7
UTVECKLINGEN	8
<i>Hyttbyggens utlopp</i>	8
<i>Gruvbäckens utlopp</i>	10
<i>Vattningsgropbäckens utlopp i Saxen</i>	12
VATTENFLÖDEN I VATTFALLSGROPBÄCKEN	14
MÄTTEKNIK OCH BERÄKNINGSMETODIK	14
UPPSKATTADE VATTENFLÖDEN	15
METALLTRANSPORTER I VATTFALLSGROPBÄCKEN	15
SJÖN SAXEN OCH KOLBÄCKSÅN - ÖVERSIKT	19
VATTNETS KVALITET I SAXEN OCH DESS UTLOPP	20
AKTUELLA FÖRHÅLLANDEN	20
UTVECKLINGEN	21
METALLTRANSPORTER FRÅN SAXENOMRÅDET TILL VÄSMAN OCH MÅLAREN	24
METALLER I BOTTENSEDIMENT	25
BIOLOGISKA EFFEKTER	27
VÄXTPLANKTONSAMHÄLLET	27
DEN MAKROSKOPISKA BOTTENFAUNAN	27
SEDIMENTTOXICITET	28
FISKSAMHÄLLET	29
METALLER I VÄXTER OCH DJUR	30
SAMMANFATTANDE BEDÖMNING	34
REFERENSER	37

BILAGA 1	Lista över provtagningspunkter vid Saxbergsgruvan 1958-2008.
BILAGA 2	Karta över äldre och nuvarande provtagningspunkter.
BILAGA 3	Enskilda analysresultat för samtliga provpunkter under åren.

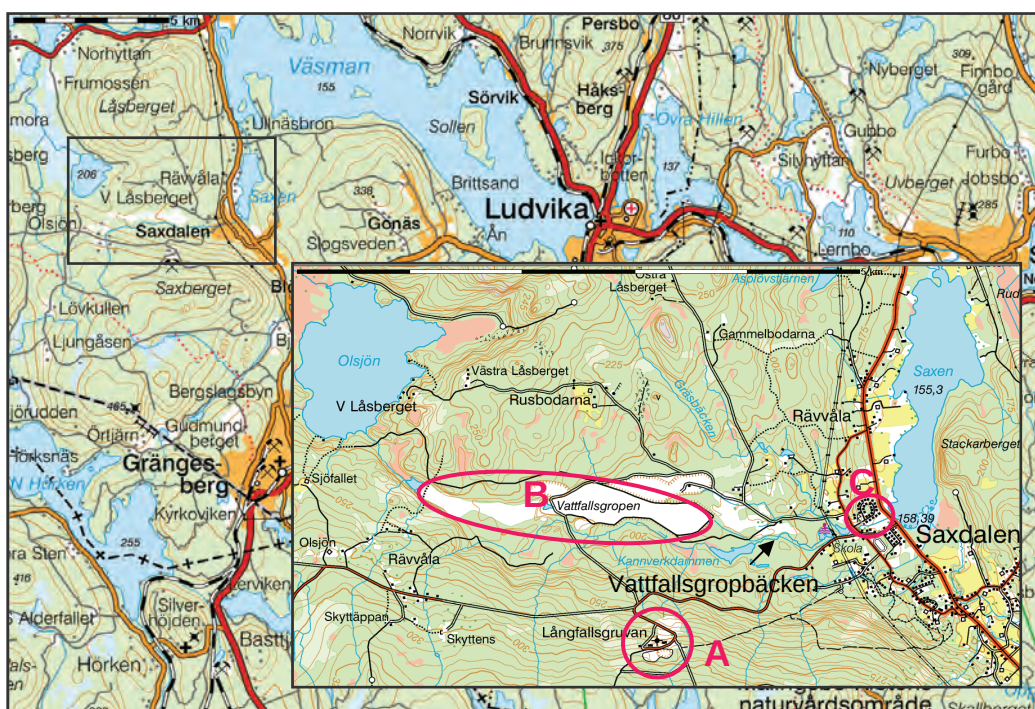
Saxdalen - Miljöanalys av ett historiskt gruvområde samt konsekvenser av en efterbehandling

Bakgrund

Saxbergsgruvan med samhället Saxdalen ligger ca 15 km väster om Ludvika i Dalarna i hjärtat av Bergslagen. Redan på 1630-talet producerades här järn i en hytta som utnyttjade kraften i Vattfallsgropbäcken. Bäckens avvattnar ett ca 15 km² stort avrinningsområde som bl.a. innefattar Låsbergets och Saxbergets långa syd- respektive nordsluttningar. Bäckens rinner ut i sjön Saxen som ingår i Kolbäckens vattensystem.

Den nu nedlagda Saxbergsgruvan (tidigare kallad Långfallsgruvan) var belägen på Saxberget ca 2 km väster om Saxdalens samhälle. I anslutning till gruvan fanns ett anriktningsverk med tillhörande sandmagasin. Gruvområdet och platsen där anriktningsverket stod, samt sandmagasinet är idag efterbehandlat.

I denna rapport redovisas vilka förändringar av metallhalter, metall-transporter och miljöeffekter som registrerats efter utförda efterbehandlingsåtgärder fram till utgången av 2008. I de fall uppgifter finns att tillgå, återges även tidigare förhållanden i områdets vattenmiljö.

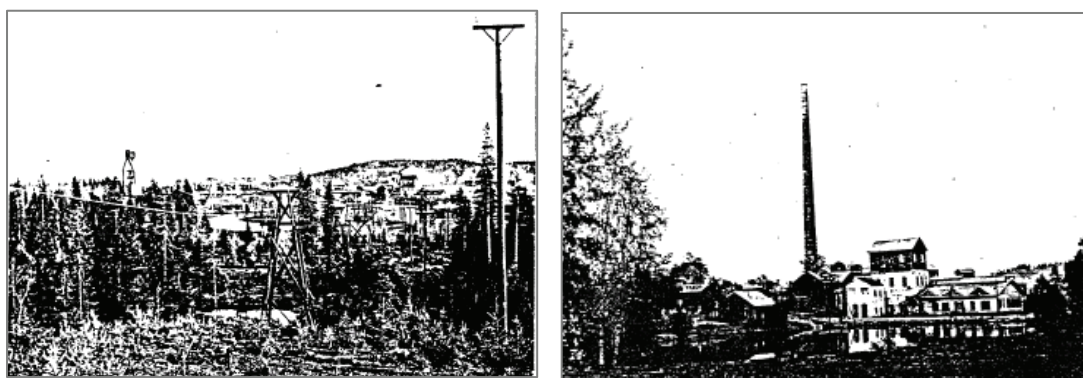


Figur 1. Långfallsgruvan (Saxbergsgruvan) väster om samhället Saxdalen. Efterbehandlings-åtgärder har utförts inom delar av de tre inringade områdena A-C, gruvområdet (A), sandmagasinet (B) och nedre Saxdalen (C), (jmf. Figur 3).

Saxbergsgruvans historia

På 1600-talet inledde järnbruken sin storhetstid i Bergslagen med att hyttor och hammare växte upp vid nästan alla lämpliga vattenfall. Vid Rävåla, som Saxdalen hette på den tiden, anlades en hytta år 1634.

Under 1800-talets andra hälft gjordes den första upptäckten av malm i området, som ledde till att Långfallsgruvan öppnades 1886. Långfallsgruvan fick senare namnet Saxbergsgruvan. Det första anriktningsverket uppfördes i Saxdalens samhälle på 1890-talet. Malmens värdemetaller utgjordes främst av zink och bly, men den innehöll även mindre andelar koppar, silver och guld samt ca 8 % svavel. Malmen visade sig vara mycket svårbehandlad och anriktningsförlusterna var så höga som 20-90 % under slutet av 1800-talet. Restprodukten, anrikningssanden, som vid den tiden släpptes ut i nedre bäckravinen och sjön Saxen, innehåll därför förhållandevis höga metallhalter.



Figur 2. Från Saxbergsgruvan (Långfallsgruvan) transporterades malmen den första tiden med linbana (vänster) ned till anriktningsverket vid Saxdalen (höger). Fotona härrör från 1900-talets första decennier.

På 1930-talet togs ett nytt anriktningsverk i bruk uppe vid gruvan^a. Vid denna tid ägdes gruvan av Aktiebolaget Zinkgruvor. Bolaget gick genom fusion upp i Bolidens Gruvaktiebolag 1958. Gruvan i Saxberget var i drift fram till 1988 då den lades ner. Även anriktningsverksamheten upphörde vid samma tidpunkt.

Efter gruvans stängning genomfördes en omfattande kartläggning av området då såväl förekomsten av gruvavfallsupplag och förorenad mark som dess föroreningsinnehåll, vittringsbenägenhet m.m. undersöktes. Detta resulterade i en efterbehandlingsplan där främst tre objekt utpekades (se kommande avsnitt). Planen utarbetades och åtgärderna genomfördes i samarbete mellan Boliden och berörda myndigheter.

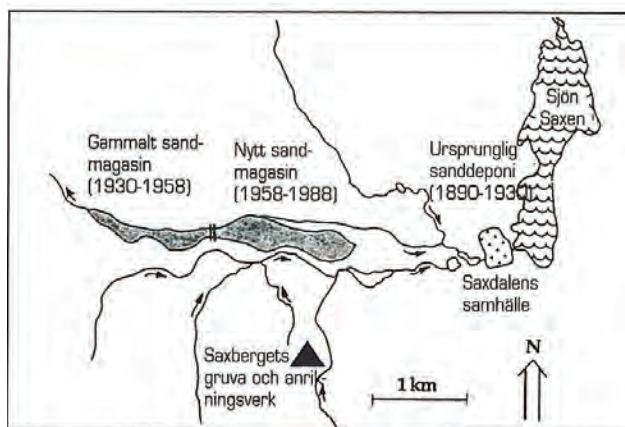
Gruvverksamhetens restprodukter

Genom åren har olika tekniker använts i Saxberget för att förädla malm, och stora mängder restprodukter av olika slag finns kvar i området.

Den uppfordrade malmen anrikades i eget anriktningsverk, som enligt tidigare beskrivning först låg nere i Saxdalens samhälle och därefter flyttades upp till gruvan.

^a Ett första verk togs i drift 1930, vilket dock ödelades i en brand varför ett nytt anriktningsverk uppfördes 1935.

Från år 1957 och fram till gruvans nedläggning 1988 anrikades totalt 4,3 miljoner ton (Mton) malm i Saxbergets anrikningsverk. Drygt 3,1 Mton av detta kom från Saxbergsgruvan och resten från andra närliggande gruvor. Hur mycket malm som totalt brutits i Saxbergsgruvan är inte känt, och därmed inte heller den totala mängden producerat gruvavfall. Områden där restprodukten från anrikningen, anrikningssand, lagts upp framgår av Figur 3.



Figur 3. Detaljkarta över förekomsten av gruvavfall och deras ålder.

Det äldsta gruvavfallet hamnade längs bäckravinen i nedre Vattfallsgröpbäcken och i bäckmynningen i sydvästra Saxen dit anrikningssand från det första anrikningsverket beläget i Saxdalens samhälle släpptes ut (område C i Figur 1). En del av dessa avfallsmassor har under gruvans senare driftperiod bortschaktats och muddrats för att åter anrikas. Sammanlagt tog bolaget hand om ca 150 000 ton äldre avfallssand för omanrikning. Dessutom har ca 30 000 ton ”ofyndig” (ej anrikningsbar) avfallssand från Saxen deponerats på sandmagasinet¹.

Den slagg som utgör restprodukt från gamla tiders hyttverksamhet i området är kulturminnesskyddad och därmed kvarlämnad^b. Dessutom har relativt stora kvantiteter gruvavfall används för allehanda fyllnadsändamål, bl.a. vid bostadsbyggnation i Saxdalens samhälle, och är idag därmed inte åtkomligt för eventuella ytterligare åtgärder.

Den helt dominerande mängden gruvavfall som finns kvar i Saxbergs-området är den som deponerats i sandmagasinet i Vattfallsgröpen, som utgör källområde till Vattfallsgröpbäcken (område B i Figur 1). Som kan utläsas ur Figur 3 utnyttjades det västra magasinområdet för det ”nya” anrikningsverket fram till slutet av 1950-talet, varefter man började deponera i den östra delen fram till dess gruvdriften avslutades. Magasinet upptar en yta på ca 55 ha^c.

Avfallet i båda magasinerna härrör från likartade malmer och har fallit från en i stort sett oförändrad anrikningsprocess¹. Frånsett den vittring som hunnit ske i det västra magasinet är avfallet därmed relativt homogent till sitt innehåll och sin karaktär.

^b Även en hyttruin är kulturminnesskyddad.

^c 1 ha = 10 000 m² = 0,01 km².



Figur 4. Saxbergs-gruvans sandmagasin före efterbehandling.

Vissa mängder anrikningssand har tillsammans med gråberg^d använts för återfyllning i gruvan.

Efterbehandlingsprojektet

Organisation

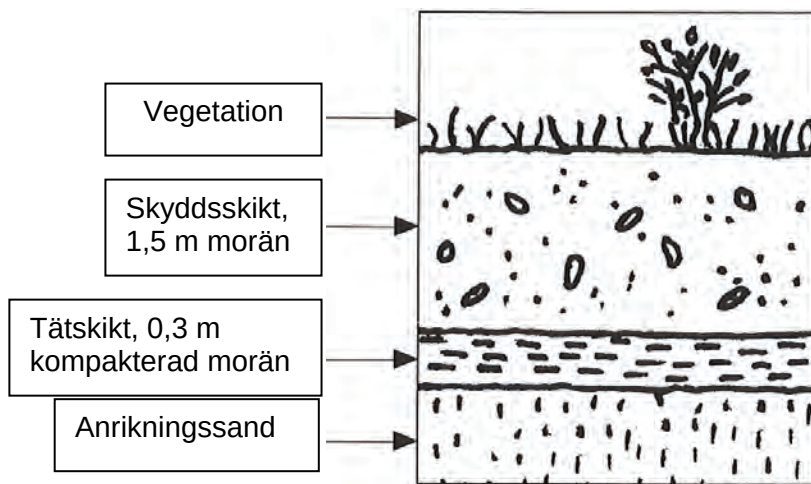
Efter gruvans stängning 1988 har Boliden Mineral AB i samarbete med Staten (företräd av Naturvårdsverket) genomfört ett efterbehandlings-projekt som syftat till att långsiktigt reducera läckaget av metaller från gruvavfallen i Saxbergsområdet. En projektgrupp bildades med representanter för Boliden och berörda myndigheter, dvs förutom Naturvårdsverket även Länsstyrelsen i Dalarna och Ludvika kommun. Denna grupp ansvarade för planering och genomförande av arbetena. Projektet var ett av de första i sitt slag i Sverige och därför förknippat med omfattande teknik- och metodutveckling^e.

Genomförda åtgärder

Utredningar som föregick åtgärderna visade att det var sandmagasinet som på lång sikt utgjorde den potentiellt största källan för framtida läckage av metaller (åtgärdsområde B i Figur 1). För att långsiktigt förhindra vittring av sanden krävs att luftens syre inte får tillträde till materialet. Eftersom större delen av det östra magasinet är anlagt på genomsläppligt grus, vilket förhindrar överdämning (dvs. täckning med vatten), valdes en efterbehandlingslösning där sandmagasinet täcktes med morän, totalt 1,8 meter varav 0,3 m lerig morän underst som tätskikt (Figur 5). Täckningsarbetet på sandmagasinet slutfördes 1995^e.

^d Med ”gråberg” menas utbrutet berg utanför malmkroppen. Vissa kvantiteter gråberg kan innehålla förhöjd förekomst av metaller som inte är ekonomiskt utvinningsbara.

^e För mer detaljerade uppgifter om organisation, kostnadsfördelning och genomförande hänvisas till Tom Lundgrens dokumentation från år 2000¹.



Figur 5. Överst: Profil över täcksiktets olika lager på Saxbergets sandmagasin.
Nederst: Utläggning och packning av material på sandmagasinets slänt.

Enligt en separat plan har även gruvområdet efterbehandlats (område A). Exempelvis har anrikningsverk och andra byggnader inklusive gruvlaven rivits och forslats bort, dagöppningar och schakter lagts igen, bassänger och lagringsytor behandlats på lämpligt sätt samt gruvan vattenfyllets. Gruvområdet har slutligen täckts med morän. Detta arbete slutfördes 1997¹.

Som redan nämnts omhändertogs redan under gruvans drifttid stora mängder avfallssand från markområden i nedre Saxdalen och sjön Saxen för omanrikning (område C). Senare kartläggningar visade dock att olika slags gruvfall fanns kvar inom detta område, såväl anrikningssand och slagger som gamla mineralberedningar och sligrest^f, varav stora delar var möjligt att omhänderta. Detta skedde genom utgrävning och bortförsel av massor för deponering på sandmagasinet. Sammanlagt bortschaktades från detta område närmare 65 000 m³ förorenad mark och närmare 30 000 m³ muddermassor. Arbetena avslutades med att en så naturlig bäckfåra och strandkant som möjligt återskapades¹.

Kontrollprogram

Under efterbehandlingsen gång genomfördes såväl utförandekontroll som funktionskontroll enligt särskilda program. Uppföljningen av vidtagna åtgärder har

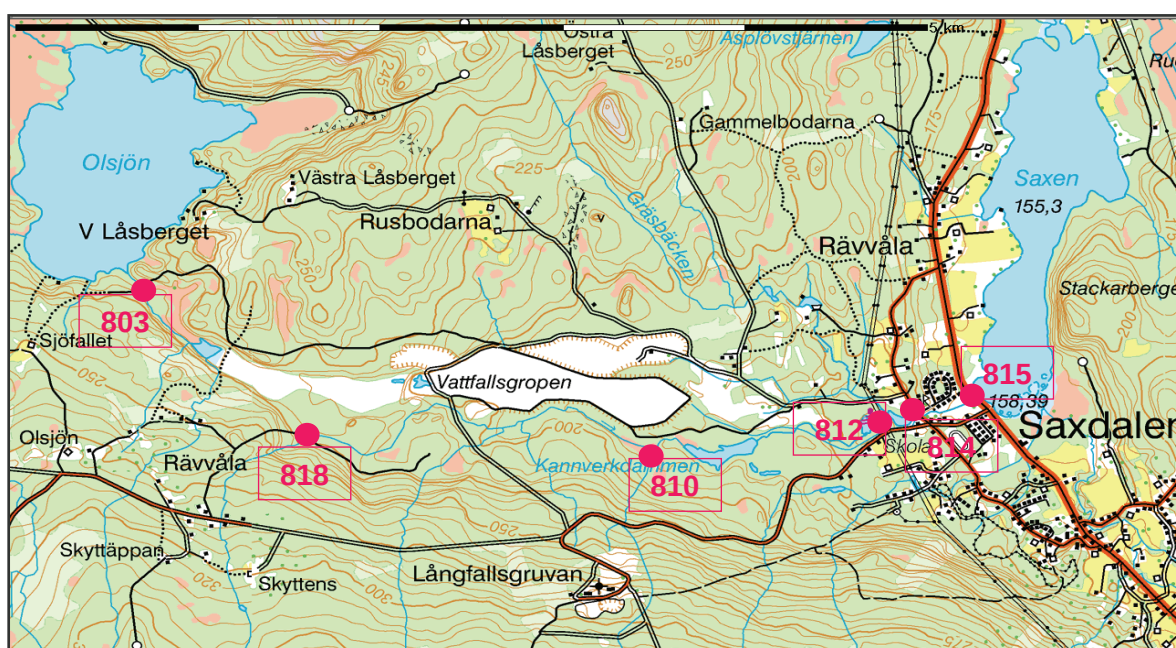
^f Slig = metallkoncentrat

utförts enligt ett kontrollprogram som upprättats gemensamt av Boliden och Länsstyrelsen Dalarna. Kontrollprogrammet började gälla 1996 och har därefter reviderats ett antal gånger.

Sedan 2004 omfattar kontrollprogrammet:

- vattenprovtagning i 6 provpunkter med frekvensen 1 – 12 ggr/år.
- kontinuerlig mätning av flödet från Nydammen.

En av mätpunkterna, gruvvatten från Saxbergsgruvan (804), har aldrig provtagits eftersom gruvan ännu inte bräddat. Som tillägg provtar Boliden även utloppet från Hyttdammen (stn 814). Mätresultaten sammanställs årligen och rapporteras till Länsstyrelsen Dalarna, Naturvårdsverket och Ludvika kommuns miljö- och hälsoskyddskontor.



Figur 6. Aktuella provtagningspunkter inom Vattfallsgropbäckens vattensystem.

Tabell 1. Provtagningsfrekvens samt analyserade parametrar i aktuella provpunkter. Med parentes menas att vissa avbrott skett i mätningarna.

Stn	ant./år	Zn	Cd	Pb	Cu	temp	kond	pH	SO ₄	övrigt*	motiv för mätningarna:
803	3	x	x	x	x	x	(x)	x	(x)		utflöde till Olsjön
810	3	x	x	x	x	x	x	x	(x)		utflöde från gruvområdet, Gruvbäcken
812	12	x	x	x	x	x	x	x	x	x	samlat från sandmagasin & gruvområde
814	3	x	x	x	x	x	x	x	(x)		812 + tillskott från Gräsbäcken m.m.
815	3	x	x	x	x	x	x	x	(x)		814 + tillskott från Saxdalens samhälle / Utflöde till Saxen
818	1	x	x	x	x	x	x	x	(x)		Referens

* Övrigt = Tot- & PO₄-P, NO_x- & NH₄-N, BOD₇, TOC

Tidigare år har kontrollen omfattat ytterligare ett antal stationer. En lista över dessa redovisas i Bilaga 1 och deras geografiska lägen i Bilaga 2. Mätresultaten från dessa stationer redovisas i Bilaga 3 tillsammans med samtliga övriga mätresultat.

Halter av metaller och joner i olika delar av Vattfallsgropbäcken

Aktuella förhållanden

Analysresultat från mätningar enligt kontrollprogrammet i olika delar av Vattfallsgropbäcken^g har sammanställts i Tabell 2 i form av medelvärden för 2004-2008^h. Alla enskilda analysvärden redovisas i Bilaga 3.

Tabell 2. Aktuella halter av metaller och joner i vatten inom Vattfallsgropbäckens vattensystem. Medelvärden (aritmetiska) för åren 2004-2008. Stn 818 avser 2005-2008. Sulfatvärden har satts inom parentes i de fall färre än angivna antalet prov analyserats. För Pb på stn 814 och 815 hänvisas till fotnotⁱ. Station 818 utgör referens (Södra bäcken).

Stn.	antal prov	Zn (µg/l)	Cu (µg/l)	Pb (µg/l)	Cd (µg/l)	pH	SO ₄ (mg/l)	kond. (µS/cm)
803	13	39	1,8	2,3	0,045	5,8	-	190
810	28	18 000	120	72	24	5,3	(150)	330
812	59	1 200	7,6	3,8	1,2	6,3	140	320
814	15	780	6,5	11/ 3,8	0,78	6,3	(140)	270
815	15	1 500	7,3	9,1/ 7,0	1,3	6,5	-	280
818	4	11	0,4	0,7	0,021	5,8	-	28

Med reservation för att värdena i Tabell 2 representerar ett varierande antal provresultat kan ur tabellen utläsas:

- att i särklass högst metallhalter förekommer i Gruvbäcken som avvattnar gruvområdet (stn 810),
- att metallhalterna efter sammanflödet med den betydligt större Vattfallsgropbäcken minskat med 90-95 % i Nydammens utflöde (stn 812),
- att en ytterligare haltreduktion kan konstateras i det nedströms liggande utflödet från Hyttedammen (stn 814) efter Gräsbäckens tillflöde norrifrån,
- att en haltökning, i vissa fall en fördubbling, registrerats i Vattfallsgropbäckens nedersta del vid passagen av Saxdalens samhälle och det äldsta sanddeponiområdet (stn 815),
- att metallhaltsförhöjningen i bäcken västerut som mynnar i Olsjön (stn 803) är relativt liten, 2-4 gånger, jämfört med referensbäcken (stn 818).

Det bör även noteras att Gruvbäckens vatten (stn 810) är förhållandevis surt med ett pH som stundtals är lägre än 5^j.

^g Med **Vattfallsgropbäcken** menas i detta fall hela det vattensystem som mynnar via Vattfallsgropbäcken i nedre Saxdalen. I sina övre delflöden har dock bäcken andra namn, såsom Gruvbäcken, Gräsbäcken etc.

^h I de enstaka fall halterna understigit mätmetodens detektionsgräns har gränsens halva värde använts vid medelvärdesberäkningen (gäller endast stn 803 och 818). För information om halter av närsalterna kväve och fosfor, Totalt organiskt kol, BOD₇ etc hänvisas till Bilaga 3.

ⁱ För bly anges två medelvärden för stationerna 814 & 815. I de högre medelvärdena har inkluderats en avvikande hög blyhalt från juli 2008 då vattenflödet var extremt lågt, medan detta värde har uteslutits i det lägre medelvärdet.

^j pH under 5 har uppmätts under olika delar av året.

En hjälp i tolkningen av resultaten kan vara att bilda kvoter mellan variabler. I Tabell 3 har detta gjorts mellan zink och de tre övriga analyserade metallerna. Med utgångspunkt från kvoterna i referensvattnet kan man konstatera att zinkhalten har förhöjts väsentligt mer än koppar- och blyhalten, medan relationen zink/kadmium är relativt likartad.

Stn.	Zn/Cu	Zn/Pb	Zn/Cd
803	27	47	920
810	160	290	830
812	170	400	1020
814	140	210	1030
815	430	220	1440
818	27	17	630

Tabell 3. Kvoter mellan zink och koppar, bly respektive kadmium. Värdena utgör medelvärden av enskilda kvoter för perioden 2004-2008. För bly har enstaka avvikande höga värden från 2008 uteslutits vid beräkningen. Station 818 utgör referens.

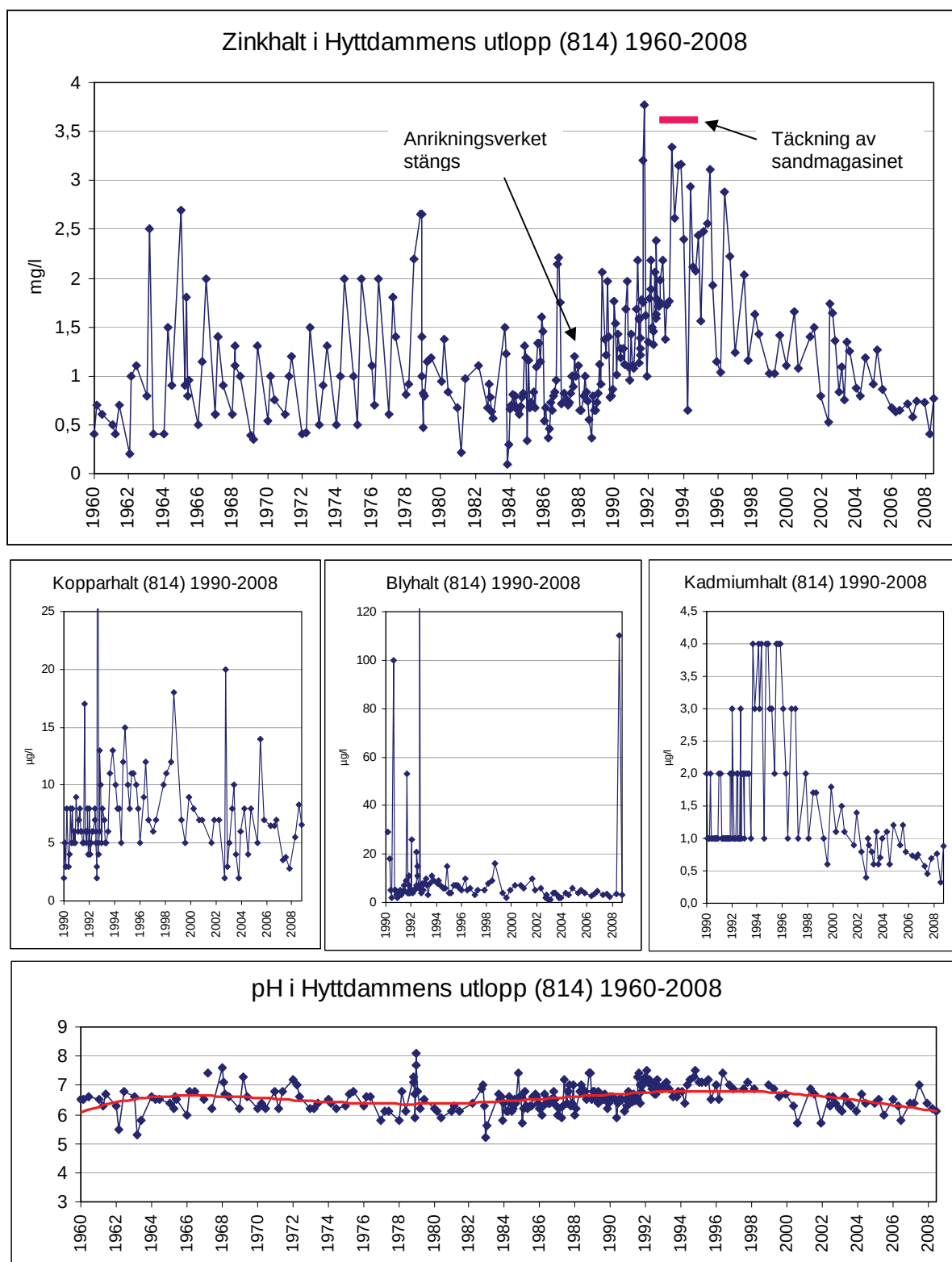
Vidare kan noteras att kvoten zink/bly halveras nedströms Nydammen (stn 812), vilket tyder på att relativt sett mer bly än zink tillförs bäcken längs den nedre sträckan till mynningen i Saxen (stn 815).

Utvecklingen

Den mest långsiktiga utvecklingen kan följas i de två nedre mätstationerna 814 och 815 där analyser av vattnet pågått sedan slutet av 1950-talet, alltså i 50 år. Bland metallerna är det emellertid endast zink som är relevant att redovisa så långt tillbaka i tiden eftersom detektionsgränsen för övriga metaller mestadels var högre än den faktiska halten fram till slutet av 1980-talet.

Hyttedammens utlopp

Ur Figur 7 kan utläsas ett mönster för zinkhalten under dessa närmare fem decennier i mätpunkten 814, som utgör utflödet från Hyttedammen.



Figur 7. Utvecklingen för metallhalter och pH i nedre Vattfallsgröpbäckens vatten i utloppet från Hyttedammen (stn 814). För zink och pH visas perioden 1960-2008 medan analyskänslighet och – tillförlitlighet för övriga metaller gör det meningsfullt att för dessa endast visa den senare delen av perioden, 1990-2008. Denna delperiod är även markerad i zinkdiagrammet för att underlätta en jämförelse. I pH-diagrammet är en trendlinje i form av ett polynom inlagt.

Under gruvans driftperiod pendlade bäckvattnets zinkhalt mestadels mellan 0,5 och 2 mg/l med en medianhalt på 0,8 mg/l^k. Efter gruvans nedläggning 1988 steg zinkhalten fram till mitten av 1990-talet då täckningen av sandmagasinet var slutfört. Medelhalten för zink under åren 1993-95 låg på 2,3 mg/l. Därefter visar utvecklingen på en fortlöpande haltreduktion. Medelhalten för zink under 2006-2008 uppgick till 0,7 mg/l, dvs samma nivå som rådde under gruvans driftperiod.

Det kan vid en första anblick tyckas märkligt att zinkhalten i bäckvattnet steg i och med att gruvverksamheten lades ner. Det finns dock flera tänkbara förklaringar till detta. Under drift fördes basiskt anrikningssvatten rikt på nymalda mineralpartiklar till magasinet, vilket gynnade en fastläggning av metallerna i magasinet. När detta upphörde samtidigt som vattennivån i magasinet rimligen sjönk något, ökade förutsättningarna för vittring och uttransport av lösta metaller till bäcken.

Vattnets pH vid Hyttedammen pekar dock snarare på en smärre ökning än minskning under första halvan av 1990-talet (se Figur 7). Detta kan tyckas vara motsägelsefullt till förklaringen ovan, men behöver inte ha någon direkt koppling till skeenden inne i magasinet.

För övriga metaller går det inte att med någon bestämdhet avgöra om en motsvarande haltökning inträffade i samband med gruvans nedläggning. För den efterföljande perioden, efter det att efterbehandlingsåtgärderna på magasinet slutförts, kan dock en haltminskning konstateras för kadmium^l.

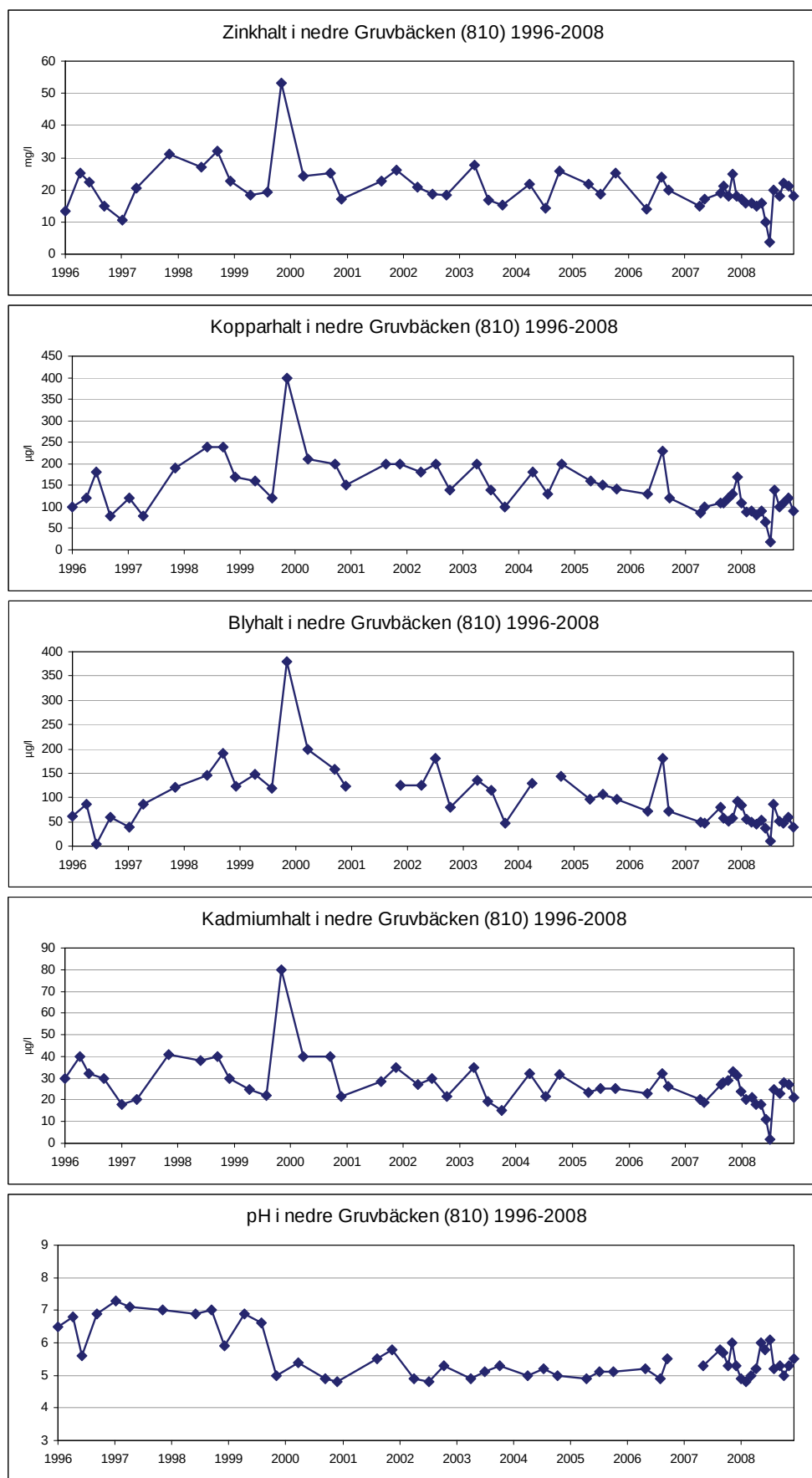
Gruvbäckens utlopp

Mätpunkten 814 representerar, förutom tillskottet från sandmagasinet, även tillflödet från gruvområdet. Det senare mäts separat i Gruvbäcken, mätpunkt 810. Utvecklingen i Gruvbäcken kan i Figur 8 följas under perioden 1996-2008, dvs under den period då en haltminskning för zink och kadmium konstaterats i Hyttedammens utlopp. Enligt Figur 8 har utflödet av zink och kadmium från gruvområdet legat på en relativt konstant nivå under denna period, vilket tyder på en måttlig påverkan från Gruvbäcken på Vattfallsgropbäckens kvalitet i höjd med Hyttedammen.

Halterna av zink och kadmium i Gruvbäcken har således hittills inte påverkats nämnvärt av de saneringsåtgärder som genomförts i gruvområdet. Däremot uppvisar halterna av koppar och bly i bäcken en haltminskning sedan 2000-talets början (Figur 8). Haltminskningen följer dock på en motsvarande haltökning under den föregående perioden 1996-2000. En möjlig tolkning är att metallhalterna ökade under pågående sanering till följd av de markarbeten m.m. som genomfördes.

^k I äldre mätserier över metaller har det tyvärr visat sig vara vanligt att vissa avvikande höga metallhalter kan hänföras till kontaminering som skett vid provtagning eller analys pga ovetskap om kontamineringsrisken. Därför är det relevant att för sådana mätserier ange medianvärdet som ett genomsnittsmått, snarare än det aritmetiska medelvärdet.

^l Haltminskningen för kadmium sedan täckningen slutförts 1995 är förmodligen mindre än vad som antyds av diagrammet beroende på att en okänsligare analysmetod användes under 1990-talet än under 2000-talet.



Figur 8. Utvecklingen för metallhalter och pH i nedre Gruvbäckens vatten (stn 810).

En annan noterbar förändring i denna mätpunkt är den förhållandevis drastiska pH-sänkning med två pH-enheter som inträffade i slutet av 1990-talet. Under gruvans driftperiod kalkades gruvvattnet, som efter kalkning leddes ut i Gruvbäcken. Efter gruvans stängning 1988 upphörde såväl kalkning som utledning av gruvvatten. En tänkbar förklaring är att den överdosering av kalk som tillämpades ledde till att en kalkdepå skapades i bäcken, som fortsatte att höja bäckvattnets pH fram till slutet 1990-talet då depån var förbrukad.

Vattfallsgropbäckens utlopp i Saxen

Även där Vattfallsgropbäcken mynnar i Saxen (stn 815) har mätningar pågått under lång tid. Liksom för uppströmsstationen 814 är det endast för zink som materialet tål en redovisning längre tillbaka i tiden än 1990. Ur graferna i Figur 9 kan utläsas att tillfällena med zinkhalter på 10 mg/l eller mer i bäckvattnet upphörde fr.o.m. 1992. Detta sammanfaller med att en ny sanering^m genomfördes av gruvavfall i området kring nedre bäcken (mellan stn 814 och 815). Efter 1992 fram till 2006 märks en haltreduktion för zink ned till en nivå på 5 mg/l eller lägre, medan tillfällena med något högre halter därefter åter börjat uppträda.

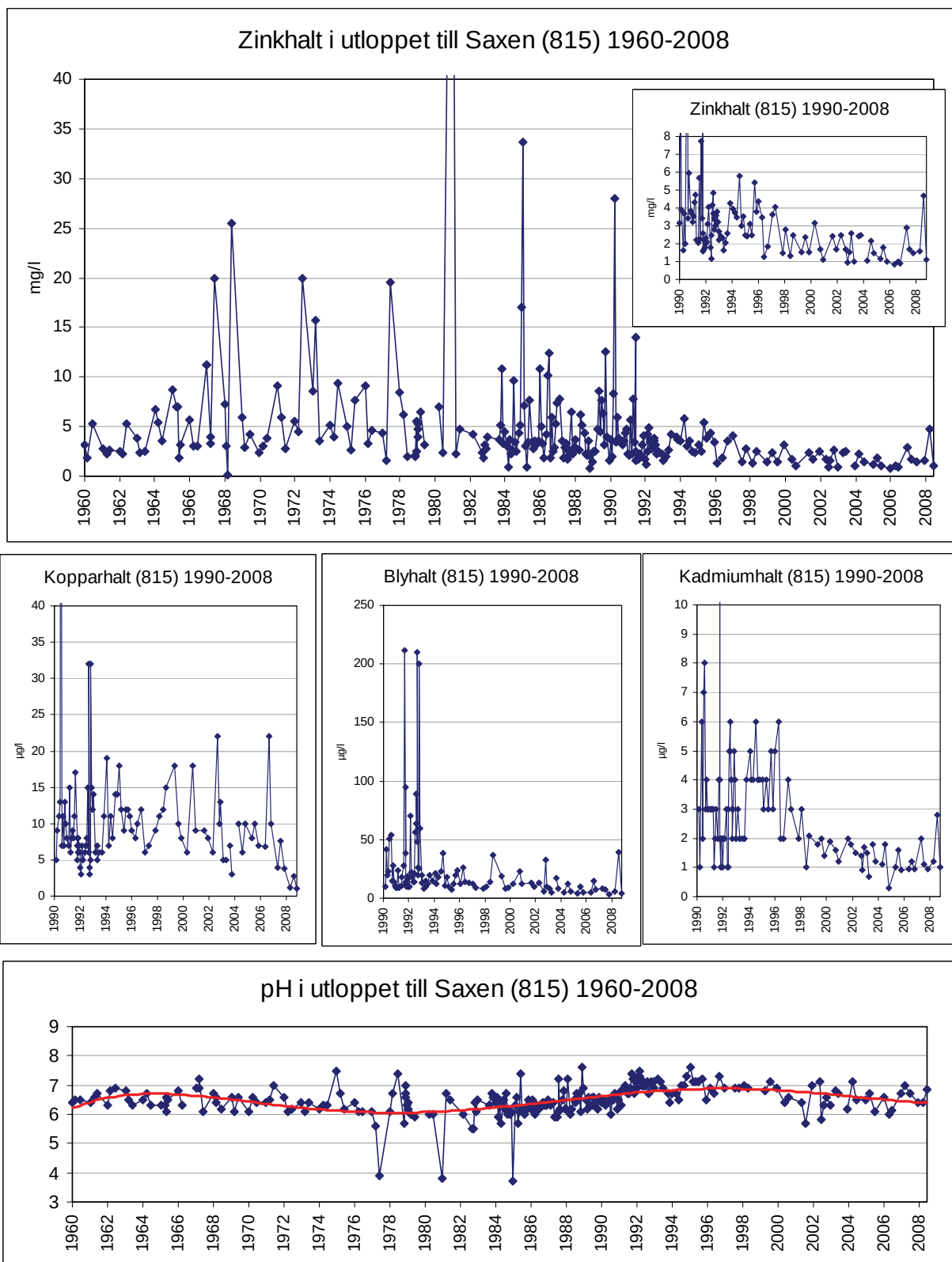
Kadmiumhalten i utflödet till Saxen uppvisar en liknande bild som zink, medan den är mer otydlig för koppar och bly. Vattnets pH uppvisar sedan 1960 en i det närmaste identisk bild som stationen uppströms (814), fransett några tillfällena med låga pH-värden under perioden 1977-1985 (Figur 9).

Diket mot Olsjön

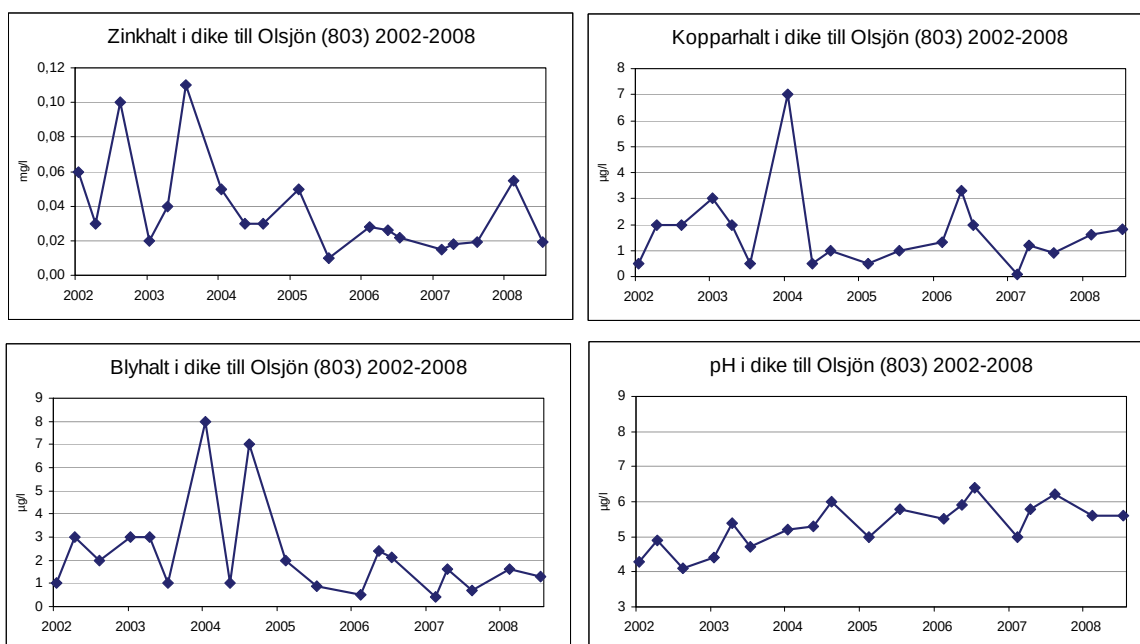
Diket till Olsjön (stn 803) avvattnar en del av det västra, äldre sandmagasinet. Mätvärden från detta dike finns från 1996 och framåt i tiden, men före 2002 skedde provtagningen på en inte definierad lokal högre upp i systemet. Fr.o.m. 2002 flyttades provpunkten närmare diket mynning i sjön (se Figur 6). I Figur 10 presenteras den senare delen av undersökningsperioden, dvs 2002-2008ⁿ.

^m En första sanering av nedre Saxdalsområdet gjordes vid mitten av 1970-talet då huvuddelen av det bortforslade materialet återanrikades i gruvans anrikningsverk.

ⁿ En annan orsak till att perioden 1996-2001 inte presenteras som graf är att det finns misstanke om att dessa prover kontaminerats på åtminstone zink.



Figur 9. Utvecklingen för metallhalter och pH i nedre Vattfallsgropbäckens vatten i dess utlopp till Saxen (stn 815). För zink och pH visas perioden 1960-2008 medan analyskänslighet och -tillförlitlighet för övriga metaller gör det meningsfullt att för dessa endast visa den senare delen av perioden, 1990-2008. Denna delperiod har även uppförstorats i zinkdiagrammet för att underlätta en jämförelse (de största halttopparna är kapade). I pH-diagrammet är en trendlinje i form av ett polynom inlagt. Obs. att olika skalor använts i diagrammen för zink.



Figur 10. Utvecklingen för metallhalter och pH i nedre diket med utlopp till Olsjön (stn 803).

Det kan konstateras att något lägre metallhalter genomsnittligt sett registrerats i dikesvattnet ut till Olsjön under den senare delen av perioden jämfört med den tidigare, men det går för den skull inte att peka på någon trend^o. Emellertid understöds denna notering av ett ökande pH under samma period (Figur 10).

Vattenflöden i Vattfallsgropbäcken

Mätteknik och beräkningsmetodik

Flödesmätning utförs sedan 2006 kontinuerligt vid provpunkt 812 i Nydammens utflöde i nedre Vattfallsgropbäcken (Figur 6). Som flödesmätare används en tryckgivare (Figur 11). Dessutom har flöden beräknats vid varje provtagningstillfälle med hjälp av skibord och vägtrummor i kombination med flytande föremål. Sådana beräkningar har sedan 2002 pågått vid station 814, medan de påbörjades år 2004 vid station 812, respektive hösten 2007 vid station 810.



Figur 11. Flödesmätningstation vid Nydammen, mätpunkt 812 i kontrollprogrammet. Fotograf: Camilla Årebäck.

^o Kadmiumhalten har frånsett de allra senaste åren underskridit den använda analysmetodens känslighetsgräns varför en grafisk redovisning inte är relevant.

Uppskattade vattenflöden

Endast under 2008 har således månadsvisa flödesmätningar gjorts på alla tre mätstationerna 810, 812 och 814. Baserat på dessa mätningar har följande genomsnittliga vattenflöden beräknats för detta år:

stn 810	2,9 l/s
stn 812	386 l/s
stn 814	390 l/s

Vattenflödet i station 815, Vattfallsgropbäckens utflöde till Saxen, bedöms vara i det närmaste detsamma som på station 814.



Figur 12. Vy norrut över sandmagasinet. Fotot taget våren 2008 vid utflödet mot "Södra bäcken". Fotograf: Camilla Årebäck.

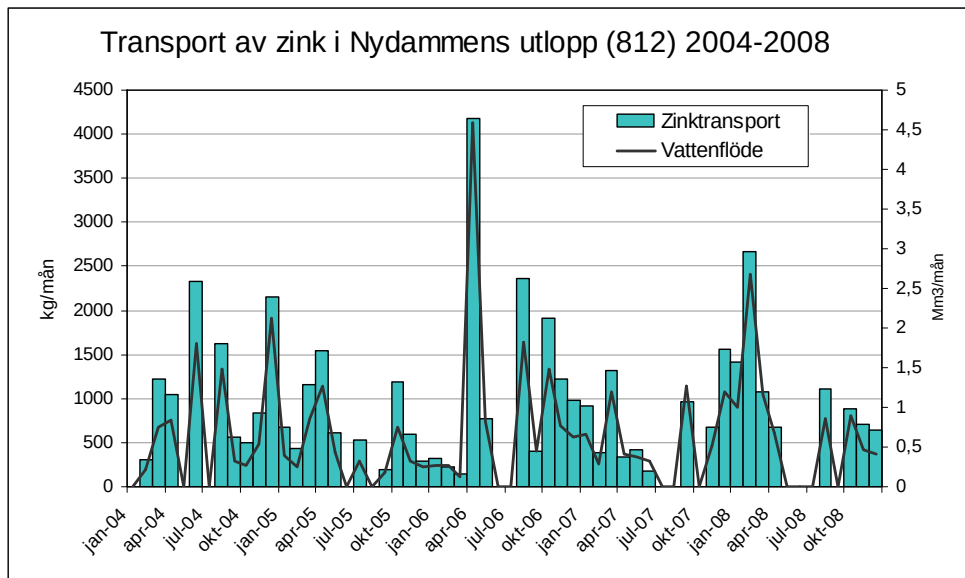
För att få en grov uppfattning om vattenflödet längre tillbaka i tiden har en normering gjorts mot uppmätt nederbörd vid SMHI:s väderstation i Ludvika. Som utgångspunkt har använts flödesmätningar i station 814 år 1996 då förhållandevis täta flödesbestämningar gjordes. Utifrån dessa mätningar har totalflöden bestämts för perioden 1995-2008 genom normering enligt Tabell 4.

Tabell 4. Uppskattade årsflöden för mätstation 814, Vattfallsgropbäcken, 1995-2008 baserat på normering mot nederbörd i Ludvika enligt texten. Mängderna är angivna i miljontals m³ per år.

År	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08
Mm ³ /år	5,4	5,1	6,1	5,5	6,0	8,6	5,5	6,4	5,4	5,6	4,8	6,4	5,3	7,1

Metalltransporter i Vattfallsgropbäcken

I enlighet med det gällande kontrollprogrammet görs månadsvisa mätningar av såväl metallkoncentrationer som vattenflöden endast i mätstation 812, Nydammens utlopp i Vattfallsgropbäcken. Endast för denna lokal kan därmed acceptabla beräkningar göras av månadstransporter för metallerna. Under antagandet att de enskilda mätningarna är representativa för respektive månad, har månadstransporter för zink i denna mätpunkt under 2004-2008 beräknats enligt Figur 13.



Figur 13. Månadstransporter för zink i Nydammens utlopp i Vattfallsgropbäcken (stn 812) för perioden 2004-2008. Beräkningssätt enligt texten.

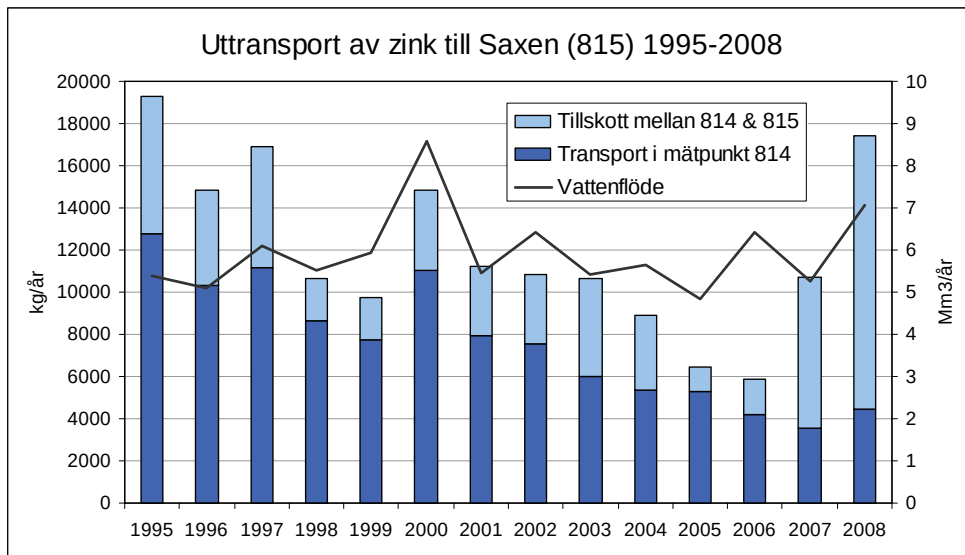
Motsvarande beräkning som för zink har även gjorts för koppar bly och kadmium i mätstation 812. Den genomsnittliga årstransporten enligt detta beräkningssätt framgår av Tabell 5.

Tabell 5. Beräknad genomsnittlig metalltransport (kg/år) i Nydammens utlopp (812) under perioden 2004-2008. Beräkningssätt enligt texten.

Zink	Koppar	Bly	Kadmium	
9 400	60	30	9,1	kg/år

För de nedströms station 812 liggande mätstationerna 814 och 815 har mer oprecisa beräkningsmetoder måst tillämpas baserat på uppskattade årsflöden enligt Tabell 4. Flödesvärdena har multiplicerats med beräknade genomsnittshalter i form av årsmedelhalter eller årsmedianhalter för respektive metall. Detta har gett ett grovt mått på metalltransporten för respektive år och mätpunkt.

För zink åskådliggörs i Figur 14 årstransporten baserat på årsmedelhalter. Enligt denna beräkning har uttransporten till Saxen sjunkit mellan åren 1995 och 2006 från en nivå strax under 20 ton per år till 6 ton per år. Under de två efterföljande åren ökade åter uttransporten av zink till sjön. För denna ökning svarar främst tillförseln av zink från området kring nedre Vattfallsgropbäcken mellan station 814 och 815.



Figur 14. Beräknad uttransport till Saxen under 1995-2008 (station 815, hela staplar) baserat på det beräkningssätt enligt texten (årsmedelhalter). Delmängder som härrör från mätstation 814 uppströms respektive från angränsande markområden mellan 814 och 815 har markerats i staplarna.

I flertalet fall blir skillnaden relativt liten om transportberäkningen baseras på medel- eller medianhalter. För framför allt bly leder dock en beräkning baserat på årsmedelhalter till orimliga skillnader mellan åren. Detta beror på stora enskilda haltvariationer, som till stor del kan kopplas till extremt låga vattenflöden. Därför har transportberäkningar baserat på medianvärden generellt sett bedömts ge den bästa uppskattningen av de två. I Tabell 6 har ett försök gjorts att kvantifiera bidraget från var och en av de tre åtgärdsobjekten. Källfördelning utgör ett genomsnitt av den uppskattade metalltransporten för åren 2004-2008. För gruvområdet (stn 810) har beräkningen gjorts enligt fotnot^p. Fördelningen har åskådliggjorts i Figur 16.

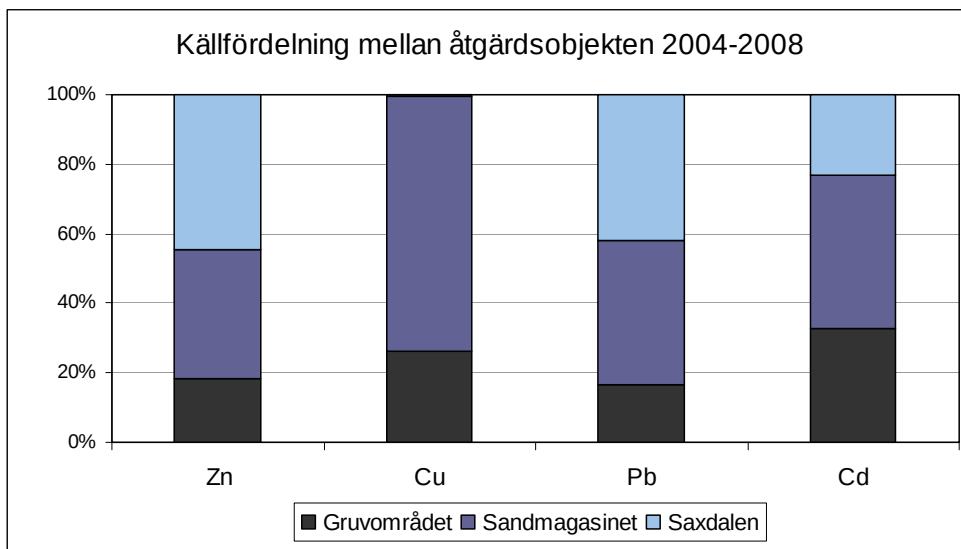


Figur 15. Vattfallsgropbäckens utflöde till Saxen (stn 815). Fotograf: Lars Sonesten.

^p Som redan nämnts finns kompletta flödesmätningar för stn 810 endast från 2008. För 2004-2007 har därför en motsvarande normering gjorts som för 814 mot SMHI:s nederbördsdata för Ludvika från dessa år. De normerade årsflödena har därefter multiplicerats med årsmedelhalter, vilket gett en grov uppskattning av den genomsnittliga årstransporten för varje metall. Vidare har ingen beräkning gjorts av metalltransporten via diket till Olsjön (803) eftersom halterna ligger på bakgrunds nivå.

Tabell 6. Grov källfördelning som genomsnitt för 2004-2008. Beräkning baserat på årsmedianhalter enligt texten. Ingen hänsyn är tagen till naturlig tillförsel.

kg/år	Zink	Koppar	Bly	Kadmium
Gruvområdet (810)	1 500	10	6	2,0
<i>Hyttedammens utlopp (814)</i>	<i>4 500</i>	<i>38</i>	<i>21</i>	<i>4,7</i>
Sandmagasin österut (814-810)	3 000	28	15	2,7
Nedre Vattfallsgropbäcken (815-814)	3 600	0	16	1,4
Totalt till Saxen (815)	8 100	38	37	6,1



Figur 16. Källfördelning mellan olika åtgärdsobjekt i Saxbergsområdet 2004-2008 baserat på värden i Tabell 6. Nedre Vattfallsgropbäcken kallas här "Saxdalen".

Ett mått på tillförlitligheten i de olika beräkningssätten kan man få genom att jämföra uppgifterna för Nyddammens utlopp (812) i Tabell 5 med Hyttedammens utlopp (814) i Tabell 6 (blåmarkerat kursivt). Det finns veterligen ingen nämnvärd metallkälla mellan dessa lokaler varför metalltransporten borde vara ungefär densamma i båda provpunkterna^q, eller snarare något mindre i Hyttedammens utlopp med hänvisning till metallhalter i Tabell 2. Jämförelsen visar dock på 1,5-2 gånger högre metalltransporter för Nyddammen jämfört med Hyttedammen. Detta innebär att beräkningen baserat på faktiska flödesmätningar ger 50-100 % större metalltransporter än motsvarande beräkningar baserat på normeringar med ledning av SMHI:s nederbördsdata.

^q Gräsbäcken har ett medelflöde kring 4 l/s.

Sjön Saxen och Kolbäcksån - översikt

Sjön Saxen har genom åren varit recipient för metaller och andra ämnen från den historiska gruv- och hyttverksamhet som pågått i Saxdalen.

Saxen ingår i Kolbäcksåns vattensystem och har sitt utflöde i den betydligt större sjön Väsman (Figur 17). Kolbäcksåns avrinningsområde sträcker sig från Dalarna i norr till Mälaren i söder. Åsystemet har ett 50-tal större sjöar och dess huvudfåra är ca 18 mil lång.



Figur 17. Sjön Saxen i Kolbäcksåns övre del (inringad). Kartan är hämtad från vattenförbundets årsrapport med tillstånd från Inst. för vatten och miljö, SLU.

BAKGRUNDSDATA		
	Saxens utlopp	Kolbäcksåns utlopp
Avrinningsområde	33 km ²	3 120 km ²
skog	75 %	66 %
åker	3 %	4 %
sjö	3 %	9 %
övrig mark	19 %	21 %
Medelflöde 2001-2003	0,34 m ³ /s	26,3 m ³ /s

Vattnets kvalitet i Saxen och dess utlopp

Vattnets kvalitet mäts fortlöpande i Saxen och dess utlopp till Väsman av Kolbäcksåns vattenförbund^f. Dessa och övriga mätstationers lägen framgår av Figur 17. I vattendragen tas prov på ytvattnet en gång per månad och i sjöarna på yt- och bottenvattnet två gånger per år (i februari och augusti).

Aktuella förhållanden

Vattnets kvalitet under senare år framgår av Tabell 7 (hämtat från föreningens årsrapport²). Utmärkande för Saxens vattenkvalitet är främst dess höga halter av metallerna bly, zink och kadmium, som är 50-100 gånger högre i Saxens utlopp än i nedre Kolbäcksån. Koncentrationen av koppar och sulfat är ungefär 4 gånger högre i Saxen än i nedre Kolbäcksån. Jämfört med övriga vattendrag märks även vissa förhöjningar av ett antal så kallade makrokonstituent, såsom sulfat, kalcium, kalium, magnesium m.fl.

Vattnet i Saxen är relativt välbuffrat (hög alkalinitet) samtidigt som pH är något lägre än på övriga mätstationer i Kolbäcksån. Vattnets konduktivitet varierar, under exempelvis 2008 från 3 till 14 mS/m.

Tabell 7. Vattnets kvalitet i Saxens ytvatten och dess utlopp i Väsman i Väsmans utlopp samt i nedre Kolbäcksån före utflödet i Mälaren (Strömsholm). Medelhalter för perioden 2006-2008. Från vattenförbundets samordnade recipientkontroll.

		Saxen	Saxens utlopp	Väsmans utlopp	Strömsholm
		0,5 m	0,5 m	0,5 m	0,5 m
Alkalinitet	mekv/l	0,17	0,14	0,16	0,31
pH (median)		6,6	6,6	7,0	7,1
Konduktivitet	mS/m	12	10	4,4	8,1
Organiskt kol	mg/l	8,8	9,9	9,1	9,2
Fosfor total	µg/l	8	9	10	36
Kväve total	µg/l	480	400	410	810
Kalcium	µg/l	-	0,46	0,21	0,35
Sulfat	µg/l	-	0,64	0,08	0,16
Koppar	µg/l	10	8,8	1,2	2,4
Bly	µg/l	14	14	0,36	0,73
Zink	µg/l	580	530	18	11
Kadmium	µg/l	0,58	0,56	0,021	0,014

I Saxens bottenvatten varierar vattnets kvalitet betydligt mer än i ytvattnet. Detta beror i sin tur på skillnader i väderförhållanden mellan olika år. Mestadels, men inte alltid, är metallhalterna högre i bottenvattnet än i ytvattnet. Skillnaden mellan yt- och bottenvatten är normalt större i mars än augusti och kan som mest uppgå till ca 10 gånger enligt mätningar under 2000-talet.

^f För närvarande har Institutionen för vatten och miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet uppdraget åt Kolbäcksåns vattenförbund att svara för undersökningarna i vattensystemet.

Kvalitetsskillnaden är däremot liten mellan Saxens ytvatten och utloppet vid Ullnäsnolet till den angränsande sjön Väsman.

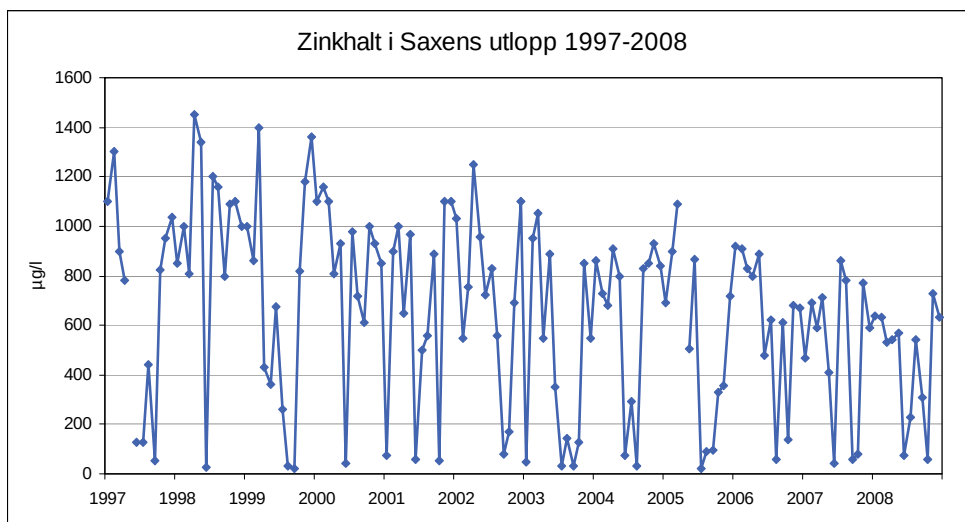


Figur 18. Saxens utlopp till Väsman vid Ullnäsnolet. Fotograf: Lars Sonesten.

Utvecklingen

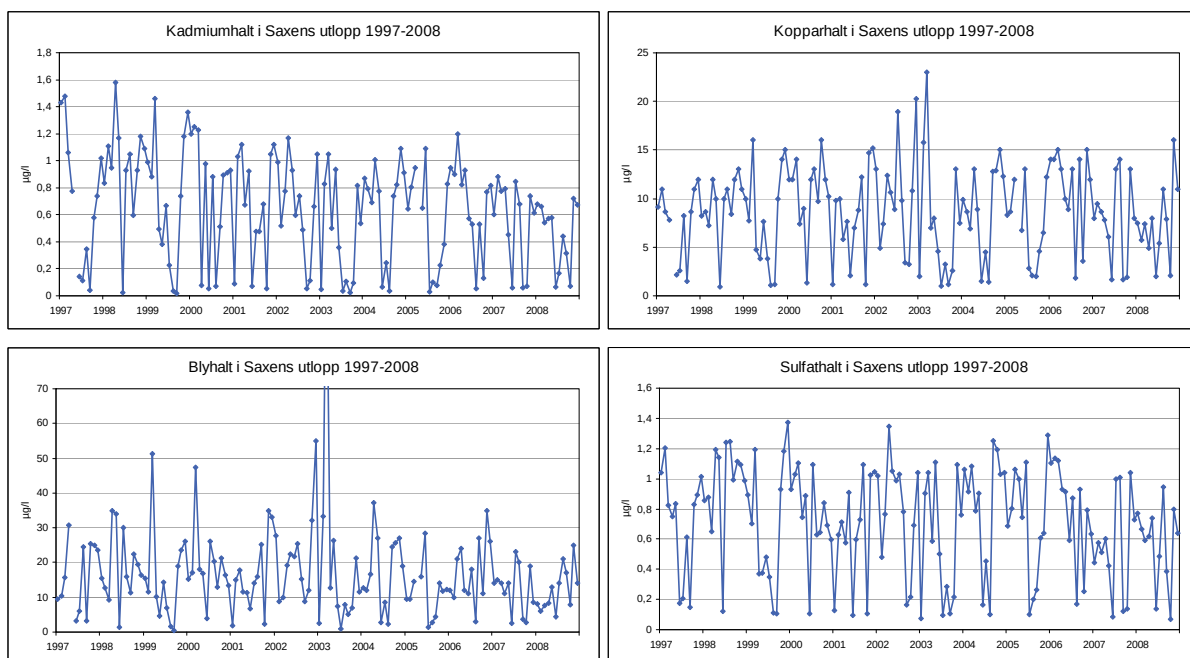
Institutionen för vatten och miljö vid SLU har på uppdrag av Kolbäckåns vattenvårdsförening undersökt utloppet från Saxen sedan 1997 genom mätningar varje månad. Utvecklingen under denna period för zink kan följas i Figur 19.

De stora metallfluktuationerna pekar på att vatten inte enbart lämnar Saxen genom dess utlopp. Uppenbarligen strömmar metallfattigt vatten tidvis tillbaka in i Saxen från den utanför liggande Väsman. Ingen nivåskillnad finns mellan de båda sjöarna (Figur 18) varför vatten från Väsman kan tränga in i Saxen vid stark vind från norr eller nordost. Detta försvårar möjligheten att statistiskt fastställa eventuella förändringar i metallkoncentrationer under den aktuella perioden (1997-2008). Med ögats hjälp kan dock en nedåtgående trend noteras (Figur 19).



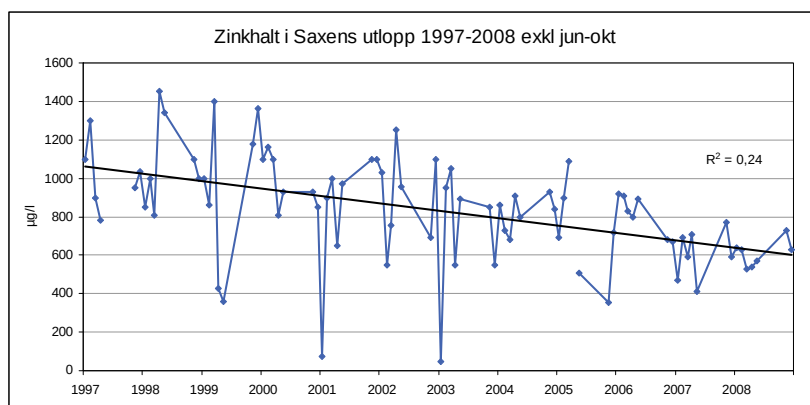
Figur 19. Vattnets zinkhalt i utloppet från Saxen under perioden 1997-2008.

På motsvarande sätt som för zink redovisas i Figur 20 utvecklingen under den aktuella perioden för koppar, bly och kadmium samt vattnets sulfathalt i Saxens utlopp. Liksom för zink kan en nedåtgående trend skönjas för kadmium.



Figur 20. Vattnets halt av kadmium, koppar, bly och sulfat i utloppet från Saxen under perioden 1997-2008.

För att få ett statistiskt mått på haltminskningen för zink och kadmium har i Figur 21 exkluderats de månader då flest tillfällen med bakvatten från Väsman förekommit, nämligen juni-oktober. Grafen visar således utvecklingen för zink under november-maj för perioden 1997-2008. En signifikant nedåtgående trend kan konstateras för såväl zink som kadmium (signifikansnivå 0,01 %). Även korrelationstester^s visar på signifikant samband mellan dessa metaller och tid, men däremot inte för koppar och bly mot tid.

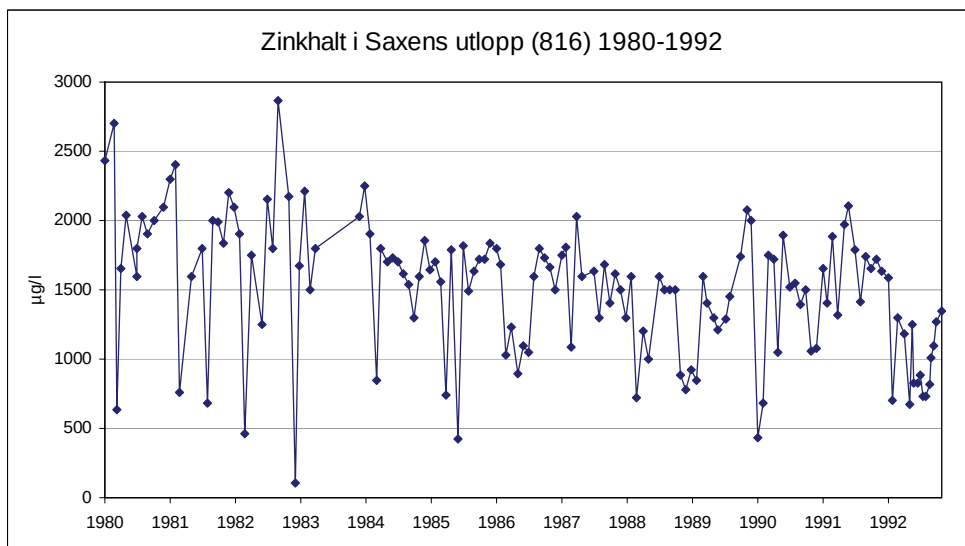


Figur 21. Vattnets zinkhalt i utloppet från Saxen under perioden 1997-2008 då månaderna juni-oktober har exkluderats. Trenden är statistiskt signifikant.

^s Spearman icke-parametriskt och Pearsson parametriskt test.

Enligt trendlinjen i Figur 21 har zinkhalten i Saxens utlopp minskat ungefär 40 % under den aktuella 12-årsperioden. Samma minskningstakt uppvisar kadmiumhalten.

Mätresultat från Saxens utlopp finns också att tillgå från längre tillbaka i tiden. I Bolidens regi har mätningar gjorts i Ullnäsnolet mellan åren 1980 och 1992 (Figur 22). Även av dessa äldre mätresultat kan en nedåtgående trend skönjas för zink^t.



Figur 22. Vattnets zinkhalt i utloppet från Saxen under perioden 1980-1992.

Zinkhalten i Saxens ytvatten, som undersöks två gånger per år i vattenvårdsförbundets regi, har varierat mellan 0,2-1 mg/l under 2004-2008, att jämföra med 0,6-1,3 mg/l under 1997-1999. Även här finns således indikationer på en haltsänkning. Någon motsvarande förändring kan inte skönjas i Saxens bottenvatten under samma period.

Tidigare mätningar i Saxens ytvatten i Bolidens regi under 1960- och 1970-talet visar att genomsnittshalten för zink då låg kring 2,5 mg/l.

^t Analysmetodens dåliga känslighet för övriga metaller tillåter inte en motsvarande grafisk beskrivning för dessa.

Metalltransporter från Saxenområdet till Väsman och Mälaren

Vattenföringen har framräknats för olika delar av Kolbäcksån, dels genom direkta mätningar vid kraftverk m.m., dels genom indirekta beräkningar^u. Genom att multiplicera flöden och koncentrationer har därefter transporterade mängder kunnat beräknas för olika ämnen och skilda delar av Kolbäcksån (linjär interpolering^v).

För att få en aktuell bild av metalltransporten i dessa punkter att jämföra med motsvarande beräkningar i Vattfallsgropbäckens utflöde (Tabell 6), har samma period, 2004-2006, valts för Saxens utlopp i Väsman vid Ullnäsnoet^w, Väsman utlopp i Kolbäcksån vid Ludvika, respektive Kolbäcksåns utlopp i Mälaren vid Strömsholm (Tabell 8).

Tabell 8. Beräknade metalltransporter under perioden 2004-2008 med de reservationer som lämnas i texten.

		Vattfallsgrop- bäckens utlopp i Saxen*	Saxens utlopp i Väsman	Väsman utlopp i Kolbäcksån	Kolbäcksåns utlopp i Mälaren
Koppar	kg/år	38	100	420	1 600
Bly	kg/år	37	180	120	560
Zink	kg/år	8 100	7 000	6 800	9 300
Kadmium	kg/år	6,1	7,3	7,0	11

* Stn 815 i Tabell 6.

Kommentarer kring de beräknade metalltransporterna enligt Tabell 8 måste göras med stor försiktighet och med reservation för de felkällor som nämnts i texten, vilket med nödvändighet leder till en osäker tolkning av resultaten. Med detta i åtanke tyder beräkningarna på att det sker ett nettotillskott av koppar och bly från Saxen (i så fall troligast från sedimenten), medan zink och kadmium i stort sett passerar genom sjön.

Då Saxens utlopp i Väsman jämförs med Väsman utlopp vid Ludvika till nedre Kolbäcksån tyder beräkningarna på att ytterligare, i relation till Saxens utlopp betydande, mängder koppar tillförs sjön från andra källor. Däremot kan huvudparten av utflödet från Väsman av bly, zink och kadmium förmodligen hänföras till tillskott från Saxen. Ned till Kolbäcksåns utflöde i Mälaren ökar transporten av bly och koppar med 300-400 %, medan ökningen av zink och kadmium stannar vid 30-60 %. Detta skulle i sin tur tyda på att en väsentlig del av utflödet av zink och kadmium med Kolbäcksån till Mälaren kan härledas till Saxen och Saxbergsområdet, medan detta områdes roll är mindre för bly och betydligt mindre för koppar^x.

^u Indirekta beräkningar av vattenflödet görs genom arealproportionering mot närliggande kraftstationer eller, som för Saxens utlopp, genom modellberäkning av SMHI med den s.k. PULS-modellen.

^v Multiplicering av beräknade dygnsmedelvattenflöden med beräknade dygnsmedelhalter.

^w En reservation måste göras för att transportberäkningen för Saxens utlopp även inkluderar mättillfällen med låga metallhalter, då vattnet uppenbarligen flödar in i Saxen i stället för ut.

^x Andelen koppar i utflödet till Mälaren, som härrör från Saxenområdet, verkar enligt uppskattningen uppgå till ca 5 % eller mindre då hänsyn tas till kopparretention längs ån.

Metaller i bottensediment

Jämsides med vattnet återspeglar metallhalter i sjöarnas sediment den tillförsel som sker och har skett till sjön av respektive metall. Olika metaller har dock olika benägenhet att fastläggas, vilket måste beaktas när undersökningsresultat ska tolkas.

Koncentrationen av metaller i sjöarnas sediment i Kolbäcksån undersöktes senast 2001. I Saxens ytliga sedimentlager registrerades då höga halter av metallerna koppar, bly, zink, kadmium och krom (Tabell 9). Högst var halten för bly och zink, ca 1 % vardera (torrt prov).

Tabell 9. Metallkoncentrationer (mg/kg torrt prov) i det ytliga sedimentlagret (0-1 cm) i Saxen och Väsman 1979-2001.

	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Hg mg/kg
Saxen						
1979	4 000	16 000	35 000	110	3 300	0,95
1991	2 000	8 300	10 000	28	1 900	0,57
2001	2 100	9 400	11 000	26	1 700	0,63
Väsman, 7						
1979	220	360	3 200	15	71	1,8
1991	48	410	2 700	6,0	64	0,33
2001	37	330	3 600	8,8	26	0,25
Väsman, 11						
1979	56	260	1 400	4,6	50	0,89
1991	58	370	1 870	9,3	48	2,2
2001	27	160	1 300	3,9	18	0,34

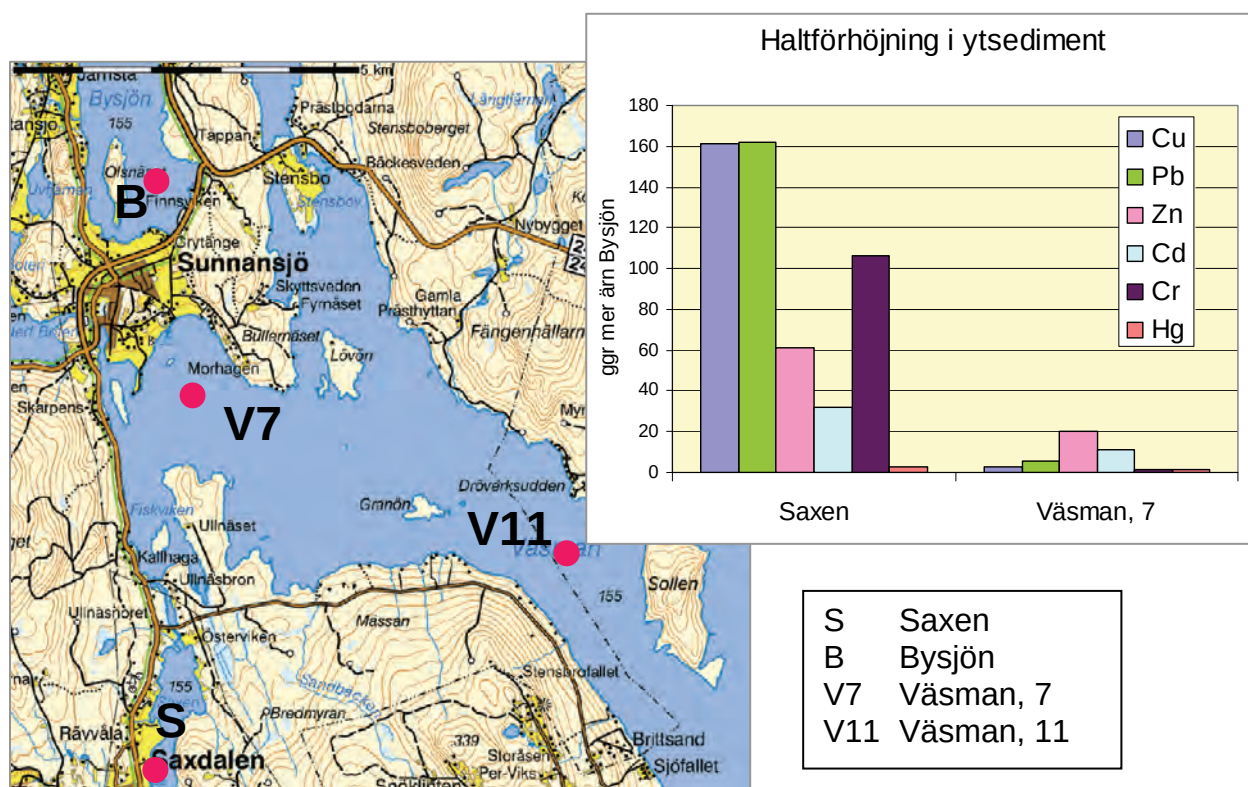
I den angränsande delen av Väsman (Väsman, 7) är ytsedimentens metallhalt väsentligt lägre än i Saxen. I Tabell 10 jämförs metallhalterna i Saxen och Väsman med den uppströms Väsman liggande sjön Bysjön. Med utgångspunkt från att metallhalterna i Bysjön återspeglar de "bakgrundsnivåer" som idag borde gälla även för Väsman och till viss mån även Saxen^y, kan man på så sätt få en uppfattning om vilka koncentrationsförhöjningar som förekommer dessa sjöar. Resultaten åskådliggörs i Figur 23.

^y En viss haltförhöjning i Saxens sediment bör under naturliga förhållanden förväntas för de metaller som förekommer i Saxbergsområdets mineralisering.

Tabell 10. Metallkoncentrationer (mg/kg torrt prov) i det ytliga sedimentlagret (0-1 cm) i Bysjön 2001 samt förhöjningar i Saxen och Väsman relativt dessa halter samma år.

År 2001	Cu mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Hg mg/kg
Bysjön	13	58	180	0,81	16	0,23
Förhöjning	ggr	ggr	ggr	ggr	ggr	ggr
Saxen	162	162	61	32	106	3
Väsman, 7	3	6	20	11	2	1
Väsman, 11	2	3	7	5	1	1

Figuren återspeglar den allmänna bilden om olika metaller rörlighet. Bly, koppar och krom anses generellt sett ha relativt liten benägenhet att röra sig i ett vattensystem, och är följaktligen påtagligt förhöjda i Saxen men endast måttligt förhöjda i Väsman. Zink och kadmium är däremot lättrorliga och har därför i högre grad transporterats ut från Saxen.



Figur 23. Undersökningsstationer för sediment i Bysjön, Väsman och Saxen samt haltförhöjningar i Saxens och Väsman's ytsediment med utgångspunkt från Bysjön. Kartan är publicerad enligt medgivande M2003/4913, Lantmäteriverket Gävle.

Tillsammans med analysresultaten för 2001 redovisas i Tabell 9 även motsvarande metallhalter från två tidigare liknande undersökningar^{3 & 4}, som gjordes 1979 och 1991. Mellan dessa år skedde en ungefärlig halvering i Saxens ytsediment av koppar, bly, krom och kvicksilver, medan zink- och kadmiumhalten minskade med ca 2/3. Mellan 1991 och 2001 skedde dock ingen ytterligare haltminskning. Resultaten tyder på att ingen nämnvärd förändring av metalltillskottet till Saxen skett under 1990-talet.

År 1980 undersöktes även djupa sedimentlager i Saxen⁷. Då registrerades mycket höga metallhalter på ca 10 cm djup i sedimentlagren, exempelvis 300 mg kadmium och 110 000 mg zink per kg torrt prov (dvs 11 % zink). Både utseende och metallinnehåll hos detta sedimentlager vittnade om att det utgjorde i det närmaste ouppblandad avfallssand från gruvan. En åldersbestämning, som gjordes genom att analysera blyisotoper, pekade på att materialet härrörde från slutet av 1960- och början av 1970-talen.

Biologiska effekter

Sedan 1997 undersöks årligen^z även vissa biologiska förhållanden i Kolbäcksåns sjöar inom den samordnade recipientkontrollen. Längs stränder och från sjöarnas djupbottnar tas årligen prov för att studera förekomsten av bottenlevande djursamhällen, och i vattenmassan undersöks växtplankton. Med glesare intervall genomförs även provfischen.

Växtplanktonsamhället

Växtplanktonsamhället i Saxen har under 2000-talet generellt sett haft liten biomassa^a och varit vattensystemets mest artfattiga sjö. Alggruppen nakna flagellater (guldalger) har dominerat i sjön, men även grönalgen *Monoraphidium Dybowskii* har utgjort ett noterbart inslag i algsamhället. En bedömning enligt Naturvårdsverkets nya bedömningsgrunder⁵ tyder på sura miljöförhållanden. Det är enligt undersökningsteamet oklart i vilken grad de förhöjda metallhalterna i sjövattnet har en roll i den låga artförekomsten².

Den utanför liggande sjön Väsman växtplanktonsamhälle karakteriseras vanligen av kisel- och rekylalger. Den ekologiska statusen m.a.p. näringsförhållanden klassas som hög. Artrikedomen vittnar om nära pH-neutrala förhållanden. Inga tecken finns således hör på en påverkan av metaller.

En tidigare växtplanktonundersökning i Kolbäcksåns sjöar, däribland Väsman, gjordes 1980 (dock inte i Saxen)⁶. Enligt rapporten noterades ingen effekt hos växtplanktonsamhället i Väsman som kunde härledas till den förhöjda metallförekomsten i sjön.

Inga undersökningar av växtplankton i Saxen finns veterligen att jämföra med från perioden 1981-1996.

Den makroskopiska bottenfaunan

Även djursamhället på Saxens medeldjupa och djupa bottnar (sublitoral & profundal) är normalt relativt fattigt. Det genomsnittliga antalet arter (taxa) har varit lägre i Saxen än i övriga undersökta sjöar vid flertalet undersökningstillfällen sedan 1997. År 2008 registrerades dock ett förhållandevis stort antal arter i Saxen på dessa bottnar². Även djurtätheten, dvs antalet funna djur per bottenyta, var något större detta år än tidigare

^z Bottenfaunan provtas senvinter och sensommar/höst samt växtplankton i augusti.

^a I praktiken låg biovolym.

(Figur 24). Emellertid kan inga slutsatser om någon förändring dras av ett enskilt undersökningsår eftersom det samtidigt förekommer en naturlig variation mellan år.

Vidare har under 2006-2008 endast ett fåtal indikatorarter kopplade till det s.k. BQI-värdet^ä påträffats i Saxens djupare bottenar, vilket tyder på en stark påverkan.

På Saxens strandnära bottenar (litoral) finns tecken på ett ökat antal arter av bottenlevande djur under perioden 1997-2008 (Figur 24). Emellertid kan en liknande ökning även konstateras i sjöarna Väsman och Bysjön uppströms Väsman, varför åtminstone en del av denna positiva utveckling förmodligen kan tillskrivas en förändring till följd av naturliga faktorer. Vid en bedömning av den ekologiska statusen på dessa bottenar baserade på två index enligt bedömningsgrunderna⁵, fås en hög status i det ena fallet (ASPT) respektive indikationer på en sur miljö i det andra (MILA)².

Djupbottenarnas djursamhälle i Saxen (profundal) har tidigare undersökts 1980⁷ och 1983⁸. Även dessa år var djursamhället i Saxen mycket fattigt. Såväl 1983 som under senare år har rörliga djur dominerat på bottenarna, såsom den rovlevande fjädermygglarven *Procladius* och tofsmygglarven *Chaoborus*. Förutom dessa arter påträffades ytterligare enstaka fjädermygglarver och glattmaskar under 1980-talet liksom senare år.

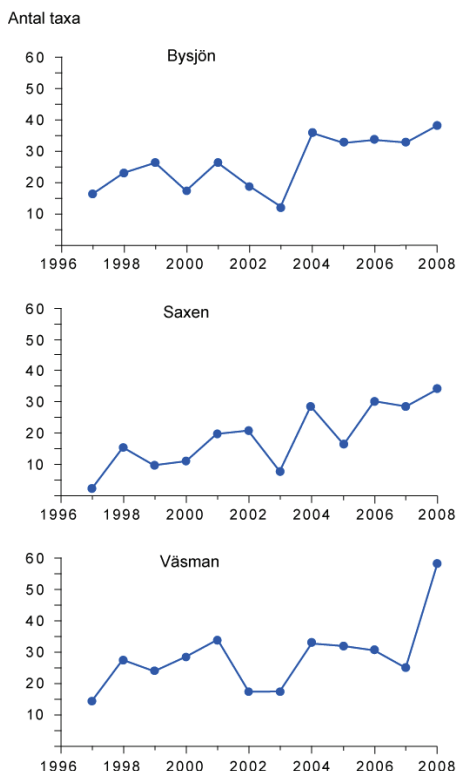
Inga tydliga förbättringar hos bottenfaunasamhället i Saxens djupbottenar kan därmed konstateras sedan början av 1980-talet.

Sedimenttoxicitet

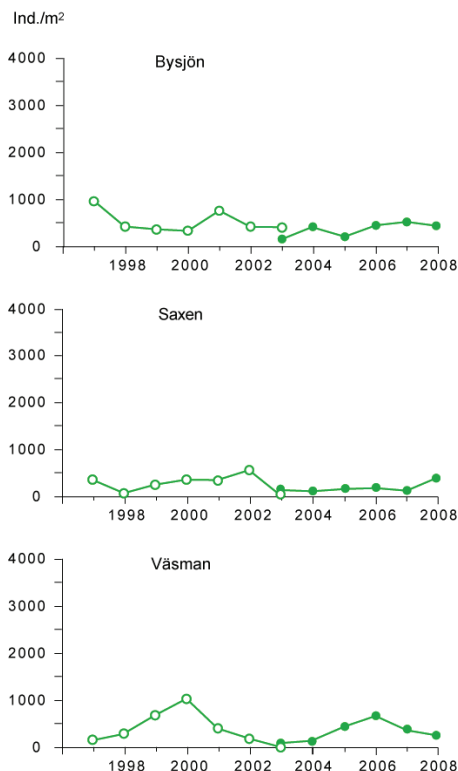
År 2003 genomfördes toxicitetstester med sediment från Saxen⁹. Som försöksdjur användes en fjädermygglarv (*Chironomus riparius*) och ett kräftdjur (*Gammarus pulex*). Bland fem testade sediment från olika sjöar i Kolbäcksån, varav några med höga metallhalter, uppvisade sediment från Saxen störst påverkan på kläckningsfrekvens och utvecklingshastighet hos fjädermygglarven. Samtliga kräftdjur som exponerades för sediment från Saxen dog i testet, vilket författaren förklarar med den höga metallkoncentrationen som trolig orsak.

^ä BQI är ett index baserat på olika fjädermygglarvers varierande känslighet mot låga syrgaskoncentrationer. Huruvida det även återspeglar annan typ av påverkan, exempelvis från metaller, är mindre känt.

Artantal på strandnära bottnar Strandzon



Individantal på djupa bottnar Djupbotten



Figur 24. Antalet funna arter på strandnära bottnar och antalet individer per m² på djupbottnar i Saxen, Väsman och Bysjön uppströms Väsman 1997-2008. Graferna har ställts till förfogande av Lars Sonesten, SLU². Fyllda ringar avser höstprovtagningar och ofyllda ringar vinterprovtagningar.

Fisksamhället

Det senaste provfisket i Kolbäcksåns vattensystem genomfördes 2007². Då fångades i Saxen knappt 160 abborrar, drygt 20 mörtar och 1 gädda i 9 nät⁶. Detta är ovanligt få arter för denna sjötyp. I stort sett all fisk fångades från ytan ned till 6 meters djup. I det nät som lades på större djup erhöles endast en mört. Särskilt anmärkningsvärt är det att ingen gärs fångades, vilket tyder på ogynnsamma bottenförhållanden för fisken.

Viktsmässigt avvek dock fångsten i Saxen inte från övriga sjöar med motsvarande näringsstatus. Omräknat till fångst per nätnatt gav provfisket i Saxen 1,1 kg fisk totalt.



Figur 25. Provfiskelokaler i Saxen 2007. Karta från ².

⁶ Provfisket gjordes med översiktsnät av typ Norden, som är 30 m långt, 1,5 m djupt och slumpmässigt uppdelat i 12 sektioner med olika maskstorlekar, 5-55 mm.

Provfiskeresultatet i Saxen 2007 var mycket likartat det tidigare provfiske som genomfördes i sjön 1996¹⁰. Dessförinnan har provfisken med översiktsnät gjorts i Saxen 1980⁷ och 1983⁸. I det närmaste identiska fiskeresultat erhöles då jämfört med båda provfiskena 1996 och 2007. År 1980 fångades exempelvis 180 abborrar och 50 mörtar samt enstaka löjor per 10 provfiskenät. Dessutom fångades enstaka gäddor och gers.

Storlekssammansättningen av abborre 2007 tyder på en normal fördelning och en god reproduktion av denna art i Saxen. Storleksfördelningen för mört var dock relativt skev med en överrepresentation av stora individer. Detta kan vara en konsekvens av en påverkan i form av surhetsstörning eller metallpåverkan, men kan även vara en artefakt orsakat av nätens placering. En liknande bild framträdde nämligen i andra sjöar i systemet.

Metaller i växter och djur

Från provfisket i Saxen 1996 analyserades metallhalten i enstaka vävnadsprover på abborre och gädda. Från provfisket 2007 analyserades något fler abborrar, men endast en gädda. För att erhålla ett större och mer representativt undersökningsmaterial genomfördes under 2005 ett riktat fiske i Saxen och den övre delen av Väsman efter gädda (vår) och abborre (sensommar/höst) av en viss storlek^{aa}.

FISKANALYSER 2005

På vardera lokalen i Saxen och Väsman infångades 10 abborrar och 10 gäddor. Flertalet abborrar höll en vikt mellan 50 och 70 gram (15-20 cm) och gäddorna mellan 0,5 och 1 kg.

Samtliga abborrars lever analyserades individuellt på metallerna Cu, Pb, Zn, Cd och Cr. Av abborrarnas muskelvävnad liksom gäddornas lever- och muskelvävnad bildades ett samlingsprov från vardera lokalen, vilket analyserades på samma metaller. Dessutom gjordes individuella analyser av kvicksilver på muskelvävnad hos alla enskilda abborrar och gäddor.

Tidigare undersökningar av metallhalten i fisk från Saxen gjordes i samband med provfiskena 1980⁷ och 1983⁸ samt inom ramen för Naturvårdsverkets undersökningar i Kolbäcksån i början av 1980-talet³.

Undersökningsresultaten från 2007, 2005 och 1980 redovisas i Tabell 11 tillsammans med motsvarande mätresultat från några andra områden. Referensobjekten representerar genomsnittsvärden för ”påverkade” sjöar inom Dalälvens avrinningsområde respektive de minst påverkade delarna av Mälaren.

Analysresultaten från 2007 visar att halterna av i första hand bly, men även av koppar och kadmium, var påtagligt förhöjda i abborrlever från Saxen detta år jämfört med Väsman och referenssjöar i andra vattensystem (Tabell 11). Två år tidigare registrerades dock normala koncentrationer av samma metaller i abborre från Saxen. Orsaken till denna anmärkningsvärda skillnad mellan de två undersökningsåren är inte klarlagd. Förmodligen kan en förklaring vara att en relativt lång period med vatteninflöde från Väsman in till Saxen föregick fisket 2005 enligt gjorda mätningar (se Figur 19). Detta antagande understryks av att halterna av de aktuella metallerna i lever från gädda (som fångades på våren) till skillnad från abborre var förhöjda i Saxen jämfört med Väsman samma år.

^{aa} Fisket genomfördes i samarbete mellan Svensk MKB, Allumite och MeAna-Konsult och rapporteras endast genom denna redogörelse.

Tabell 11. Metallhalter i vävnad hos fisk från Saxen och Väsman 2005 och 2007 jämfört med tidigare undersökningar i samma område samt motsvarande uppgifter från några jämförelseområden. Värdena i tabellen utgör medelvärden av minst 4 jämnstora fiskar, för abborre vanligtvis minst 10 individer mellan 15 och 20 cm.

	Vikt g	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Hg
Abborre lever		mg/kg torrsvikt					
Saxen 1980 ^{bb}	120	6,4	-	76	3,6	0,24	-
Saxen 2005	60	7,4	0,07	120	1,9	0,05	
Saxen 2007 ^{cc}	≈65	34	4,8	140	12	0,10	-
Väsman ^{dd} 1980	70	2,0	-	160	1,7	0,20	-
Väsman 2005	55	8,3	0,05	120	7,0	0,04	-
Kolbäcksån ^{ee} 2007	≈70	12	0,07	91	3,0	0,06	
Dalälven 2001 ^{ff}	≈80	11	0,05	100	7,0	0,05	-
Mälaren 2001 ^{gg}	85	9,5	0,03	110	0,60	0,02	-
Abborre muskel		mg/kg färsksvikt					
Saxen 1980	120	0,28	-	9,0	0,03	0,10	0,04
Saxen 2005	60	0,52	<0,03	20	0,003	0,01	0,26
Saxen 2007 ^{cc}							0,08
Väsman 1980	70	<0,10	-	8,0	<0,02	0,02	0,16
Väsman 2005	55	0,67	<0,03	23	0,009	0,01	0,25
Dalälven 1991 ^{ff}	<150	0,24	0,03	5,5	0,004	-	0,18
Mälaren 2001 ^{gg}	85	-	-	-	-	-	0,15
Gädda lever		mg/kg torrsvikt					
Saxen 1980	780	17	-	1000	3,2	1,0	-
Saxen 2005	620	16	0,76	370	6,8	0,05	-
Väsman ^{hh} 1980	560	12	-	380	0,68	<0,08	-
Väsman 2005	850	5,0	0,03	280	0,41	0,03	-
Gädda muskel		mg/kg färsksvikt					
Saxen 1980	780	0,20	-	7,6	0,03	<0,02	0,09
Saxen 2005	620	0,53	<0,03	18	0,11	0,06	0,21
Väsman ^{hh} 1980	560	0,17	-	7,3	<0,01	<0,02	0,33
Väsman 2005	850	0,70	<0,03	49	0,01	0,02	1,1
Låg kvicksilverhalt ⁱⁱ	1000						0,20 - 0,50

Jämförs mätresultaten för 2005 och 2007 med motsvarande undersökningar i Saxen och Väsman 1980 kan inga påtagliga förändringar konstateras. De metallhaltsvariationer som registrerats i fisklever från Saxen under första decenniet av 2000-talet spänner över

^{bb} Halterna omräknade från våtvikt under antagandet att levers torrhalt är 25 %.

^{cc} Medelvärde av fem fiskar 15-20 cm.

^{dd} Stensboviken i norra Väsman.

^{ee} Medelvärde av nio abborrar (15-20 cm) från sjöarna Övre Hillen, Norra Barken, Stora Aspen, Åmänningen och Östersjön.

^{ff} Genomsnitt för referenssjöarna Rogsjön Falun och Grycken Hedemora.

^{gg} Norra Björkfjärden i Mälaren.

^{hh} Sandviken i västra Väsman

ⁱⁱ Låg kvicksilverhalt i 1-kg gädda (klass 2) enligt Naturvårdsverkets bedömningsgrunder.

de halter som registrerades 1980. Den enda metall som genomgående verkar ha minskat i halt är krom^{jj}.

Levern har en central roll för ämnesomsättningen. I dess funktion ingår bl.a. att ta om hand och vid behov utsöndra överskott av metaller. Då fisken exponeras för höga metallhalter kan detta därför ofta registreras i form av förhöjda halter i levern, fränsett exempelvis zink som fisken verkar kunna reglera mycket effektivt (se även senare kommentar). I fiskens muskulatur uppmäter man däremot sällan förhöjda metallhalter (jämför metallhalter i lever- och muskelvävnad i Tabell 11), förutom i de fall då kroppens avgiftningsmekanismer överbelastats eller i övrigt inte fungerar.

Denna ”generella regel” för metaller gäller dock inte kvicksilver. I fiskars vävnader förekommer kvicksilver främst i en organisk form, som metylkvicksilver. Denna form är hårt bunden till vävnaderna, muskulatur i ungefär samma grad som lever, och utsöndras långsammare än andra metaller. I flera sjöar med påtaglig stor förekomst av bl.a. zink har det visat sig att kvicksilverhalten i fisk är onormalt låg^{3 & 11}. En sådan sjö är Saxen där anmärkningsvärt låga kvicksilverhalter i abborre registrerades 1980 och 2007. Värt att notera är att kvicksilverhalten i abborrmuskulatur var högre vid undersökningstillfället 2005 då fiskens exponering för zink och andra metaller uppenbarligen var lägre^{kk}.

För att få en uppfattning om hur lämpligt det är att äta fisk från Saxen kan en jämförelse göras med metallförekomsten i några svenska livsmedel. Av Tabell 12 kan utläsas att metallhalten i fiskkött^{ll} från Saxen inte nämnvärt avviker från den som normalt förekommer i svenska livsmedel. Kadmiumhalten i gäddmuskel, som 2005 avvek mest i förhållande till Väsman, låg på en högre nivå i Saxen än i många livsmedel, men lägre än i exempelvis vetekli och mörk choklad. Den förhållandevis låga halten av den ur hälsosynpunkt centrala metallen kvicksilver leder dock till den samlade slutsatsen att fisk från Saxen sannolikt är lämpligare att konsumera än fisk från andra sjöar i regionen.

^{jj} Krom användes i anrikningsprocessen under gruvans drifttid.

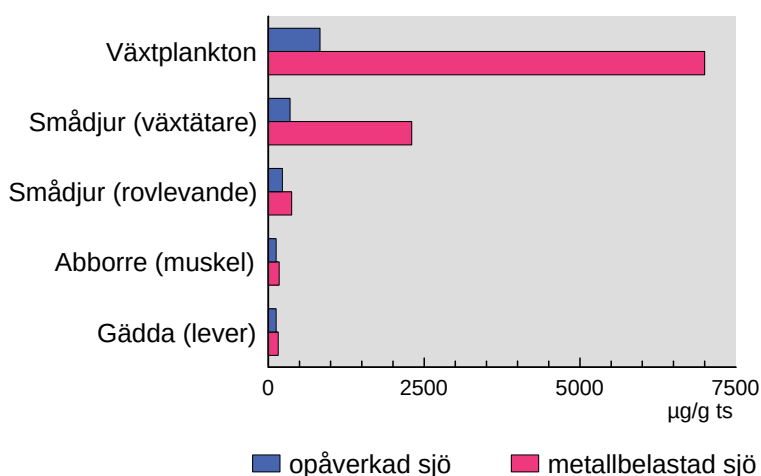
^{kk} Orsaken till de låga kvicksilverhalterna i fisk i många recipienter till sulfidmalmsgruvor är inte klarlagd. En möjlig teori är att zink verkar antagonistiskt mot kvicksilver vid upptag och anrikning i fisken.

^{ll} Ur hälsosynpunkt är det fiskmuskulaturen som är intressant, eftersom man normalt inte äter lever av abborre och gädda.

Tabell 12. Metallhalter i fiskkött från Saxen jämfört med genomsnittet för svenska livsmedel¹².

	Cu	Pb	Zn	Cd
	mg/kg färskvikt			
Saxen 1980 & 2005				
Abborre muskel	0,3-0,5	<0,03	9-20	0,003-0,03
Gädda muskel	0,2-0,5	<0,03	8-18	0,03-0,11
Svenska livsmedel^{mm}				
Nötbiff	0,9	<0,01	49	0,001
Nötlever	39	0,05	40	0,070
Potatis	0,7	<0,01	3,0	0,017
Vetemjöl	1,5	0,01	6,8	0,025
Vetekli	12	0,04	81	0,130
Mörk choklad	9,6	0,10	18	0,150

År 1983 analyserades även metallhalten i andra organismer än fisk, nämligen i växtplankton, växtätande bottendjur samt rovlevande bottendjur i strandzonen. Resultatet för zink återges i Figur 26. I figuren presenteras även motsvarande resultat från en parallell undersökning i norra Väsman, Stensboviken vid inflödet från Bysjön, som får tjäna som referens.



Figur 26. Fördelningen av zink inom ekosystemen i Saxen ("metallbelastad sjö") och norra Väsman, Stensboviken ("opåverkad sjö") i juni 1983.

För zink liksom för flertalet metaller är metallkoncentrationen högst i växtplankton och minskar uppåt i näringskedjan^{mm}. Denna bild uppträdde även i Saxen och Väsman (Figur 26). Zink är en s.k. essentiell eller livsnödvändig metall som alla levande varelser behöver tillgång till. Framför allt högre stående organismer som fisk har därför

^{mm} Avser genomsnittet för undersökningar gjorda under perioden 1983-1990.

ⁿⁿ Endast några få metaller, såsom kvicksilver, uppvisar i allmänhet en haltökning uppåt i näringskedjan, s.k. biomagnifiering.

utvecklat system för att reglera upptaget av denna metall. Detta förklarar att zinkhalten i fiskvävnad är ungefär densamma i båda områdena trots en väsentligt större förekomst av zink i Saxen än i norra Väsman. Lägre organismer längre ner i näringskedjan, vilka har sämre regleringsförmåga, uppvisar dock höga zinkhalter i Saxen.

Metaller som inte är essentiella som kadmium och bly uppvisade till skillnad från de essentiella en tydlig haltökning i fisk från Saxen. Dessa metaller får alltså, vid förhöjd exponering, ett större genomslag än zink i ekosystemet som helhet.

Kvikksilver utgjorde även vid undersökningarna 1983 ett särfall med genomgående lägre koncentrationer i organismer på alla ekosystemnivåer i Saxen jämfört med Stensboviken i norra Väsman.

Sammanfattande bedömning

Efter Saxbergsgruvans stängning 1988 har tre delområden efterbehandlats, nämligen sandmagasinet i övre Vattfallsgropbäcken, gruvområdet, samt nedre Vattfallsgropbäcken vid Saxdalens samhälle. Det sistnämnda området sanerades i början av 1990-talet medan en täckning av sandmagasinet var slutfört kring mitten av 1990-talet. Saneringen av gruvområdet pågick ytterligare några år.

Effekter av sandmagasinets täckning kan avläsas genom minskade halter av zink och kadmium i Hyttedammens utlopp i Vattfallsgropbäcken. Denna haltminskning föregicks dock för åtminstone zink av en motsvarande haltökning från driftstoppet fram till dess täckningen var slutförd. För koppar och bly är utvecklingen mer oklar beroende på bl.a. analystekniska problem.

På motsvarande sätt finns tecken på tillfälliga haltökningar under åtgärdsperioden för koppar och bly i Gruvbäcken, som avvattnar Gruvområdet. Enligt gjorda mätningar i Gruvbäcken låg haltnivån för dessa metaller, liksom för zink och kadmium, på samma haltnivå kring 2008 som under gruvans senaste drifttid.

I Vattfallsgropbäckens nedre del, som även påverkas av det äldsta avfallsområdet intill Saxdalens samhälle, kan en haltminskning skönjas för zink och kadmium från mitten av 1990-talet fram till mitten av 2000-talets första decennium, varefter halterna åter ökat. För koppar och bly är bilden mer otydlig.

Tecken i form av noterade haltminskningar finns således på att åtgärderna haft positiv effekt i bäcken, men dessa tecken är vare sig entydiga eller allmängiltiga. Eventuellt beror det på att det gått alltför kort tid sedan åtgärderna slutfördes för att någon entydig bild ska ha hunnit framträda. För något eller några av objekten kan förklaringen även vara att ytterligare åtgärder krävs för att någon reell förändring ska kunna ske, såvida fler åtgärder överhuvudtaget är möjliga utan extraordinära insatser^{oo}.

^{oo} I områden som Saxdalen där gruvbrytning pågått under flera århundraden har man av praktiska och andra skäl använt sig av gruvavfall för diverse ändamål, såsom för utfyllnad till husgrunder, vägar, dammar m.m. Detta avfall är därför vanligen inte möjligt att omhänderta utan mycket stora praktiska och ekonomiska insatser.

Baserat på flödesuppskattningar och de fem senaste årens analyser har en grov källfördelning gjorts mellan åtgärdsobjekten. Av det totala metallutflöde som sker till sjön Saxen härrör enligt denna uppskattning i storleksordningen 10-30 % av metallerna från Gruvområdet. Ca 40 % av kadmium, bly och zink kommer från det täckta sandmagasinet, medan resterande 20-40 % av dessa metaller tillkommer längs den nedre bäckravinen. För koppar kommer i storleksordningen 70 % från magasinet och inget ytterligare längs bäckravinen.

Utvecklingen i Saxens utflöde till Väsman tyder på att senare års haltökningar i nedre Vattfallsgropbäcken var tillfälliga och att en minskad uttransport fortgår av åtminstone vissa metaller. Här kan nämligen minskande halter av zink och kadmium konstateras under det senaste decenniet. Däremot märks ingen förändring för koppar och bly.

Enligt de uppskattningar som kunnat göras, vilka dock är mycket osäkra, kan den aktuella uttransporten av zink och kadmium från Saxen till Väsman hänföras till Vattfallsgropbäcken och de efterbehandlade områdena. Däremot verkar utflödet av koppar och bly till Väsman vara större än utflödet till Saxen, vilket skulle tyda på ett tillskott av dessa metaller från Saxen eller dess omedelbara omgivning.

Sjöarna Saxen och Väsman ingår i Kolbäcksåns vattensystem. Enligt mätningar i åns utlopp under senare år verkar en väsentlig del av utflödet till Mälaren av zink och kadmium kunna hänföras till Saxbergsområdet, medan detta endast gäller en mindre del av koppar- och blyutflödet.

Enligt den senaste mätningen 2001 är halterna av ett flertal metaller i ytsedimentet i Saxen mycket förhöjda. Även i den angränsande delen av Väsman är metallhalterna förhöjda jämfört med referensområdet. Metallhalterna i Saxens sediment minskade drastiskt mellan åren 1979-1991, men har därefter inte minskat ytterligare. Resultaten tyder på att ingen nämnvärd förändring av metalltillskottet till Saxen skedde under 1990-talet.

Växtplanktonsamhället och den makroskopiska bottenfaunan i Saxen är förhållandevis artfattigt. Stora variationer i bottenfaunan uppträder mellan olika år och ingen tydlig tendens till förändring har registrerats under perioden 1997-2008 fränsett en allmän ökning av artantalet bottenlevande djur på strandnära bottnar.

Under tiden 1980-2007 har ett antal provfiskeri utförts i Saxen. Fångstresultaten har i det närmaste varit identiska under hela perioden, vilket indikerar att förhållandena för fiskesamhället inte förändrats nämnvärt. Saxen är en fiskfattig sjö både med avseende på såväl mängd fisk som antal arter. Dominerande art är abborre.

Under 2000-talet har två undersökningar genomförts av metallhalter i fisk från Saxen. Resultaten skiljer sig åt högst påtagligt för halten av bly, kadmium och koppar i abborrens lever. En möjlig förklaring är att inflödet av vatten från den angränsande sjön Väsman varierat mellan undersökningsåren, en annan att det av naturliga skäl förekommer mellanårsvariationer. Metallhaltsvariationen i abborrlever under 2000-talet spänner över de halter som registrerades i motsvarande fiskvävnad vid undersökningar på 1980-talet. Det går därför inte att påstå att halterna generellt sett minskat i fisk från Saxen under perioden. Detta påstående stärks av de parallella undersökningar som gjorts

på gädda. Den enda metall som genomgående verkar ha minskat i halt under perioden är krom.

Jämfört med ”opåverkade” sjöar med motsvarande näringsstatus framträder framför allt bly som den metall som tidvis är påtagligt förhöjd i fisklever från Saxen. Smärre förhöjningar noteras för koppar och kadmium.

Zink, som är en s.k. essentiell eller livsnödvändig metall som alla levande varelser behöver tillgång till, har fisken god förmåga att reglera varför zinkhalten i fiskvävnad sällan ökar vid exponering för zink. Kvicksilverhalten i fisk från Saxen är tvärtom lägre än vad som är normalt för regionen, vilket antas bero på någon slags konkurrens med andra metaller.

Vissa år har även metallhalterna i muskulaturen hos fisk från Saxen analyserats, dvs den del man normalt äter. Vid en jämförelse med motsvarande halter i svenska livsmedel finner man att metallhalterna i fisk från Saxen inte ligger på en högre nivå än i baslivsmedel, fränsett kadmiumhalten i gäddmuskel från ett undersökningstillfälle. Eftersom den ur livsmedelssynpunkt förmodligen viktigaste metallen, kvicksilver, istället ligger på en avvikande låg nivå i gädda från Saxen, görs bedömningen att fisk från Saxen kan ätas minst lika ofta som fiska från andra sjöar i regionen enligt Livsmedelsverkets kostrekommendationer.

Referenser

- ¹ Lundgren, T. (2000). Saxbergsprojektet. En dokumentation av projektets genomförande. Rapport från projektgruppen via Envipro Miljöteknik AB.
- ² Sonesten, L. & Quintana, I. (2008 & 2009). Kolbäcksån. Recipientkontroll 2007 & 2008. Institutionen för miljöanalys, SLU, rapporter 2008:16 resp. 2009:13.
- ³ Håkanson, L. & Uhrberg, R. (1981). Undersökningar i Kolbäcksåns vattensystem: XIII. Metaller i fisk och sediment. Naturvårdsverket PM 1408.
- ⁴ Samordnade recipientundersökningar i Kolbäcksån 1991.
- ⁵ Naturvårdsverket (2007). Status, potential och kvalitetskrav för sjöar, vattendrag, kustvatten och vatten i övergångszon. NV handbok 2007:4.
- ⁶ Willén, E. (1981). Undersökningar i Kolbäcksåns vattensystem: XII. Växtplanktonundersökningar 1980. Naturvårdsverket PM 1407.
- ⁷ Grahn, O. & Lindeström, L. (1980). Metallförekomst i bottensediment, djur och växter i Saxbergsgruvans recipientområde samt fiskpopulationens sammansättning, sommaren 1980. Rapport från IVL, F50/80.
- ⁸ Ekelius, W. & Lindeström, L. (1984). Biologiska och sedimentkemiska undersökningar i Saxbergsgruvans recipientområde 1983. Rapport från IVL, F84/09.
- ⁹ Öhlander, J. (2003). Sediment in River Kolbäcksån. Inst. för miljöanalys, rapport 2003:5.
- ¹⁰ Waltersson, U. & Hällman, T. (1996). Kolbäcksån. Provfiske -96. Rapport från Länsstyrelsen i Västmanland.
- ¹¹ Lindeström, L. & Grahn, O. (1982). Antagonistic effects to mercury in some mine drainage areas. *Ambio*, Vol 11, No. 6: 359-361.
- ¹² Jorhem, L. & Sundström, B. (1993). Levels of Lead, Cadmium, Zinc, Copper, Nickel, Chromium, Manganese, and Cobalt in Foods on the Swedish Market, 1983-1990. *Journal of Food Composition and Analysis*, 6: 223-241.

Miljöenheten och Naturvårdsenhetens rapportserie

1969:01	Naturinventering av fyra domän-reservat i Älvdalens kommun.	1976:07	Inventering samt förslag till skötselplan för naturreservatet Städdjan-Nipfjället, Älvdalens kn.	1981:03	Naturvårdsinventering av Lybergs-gnupen, Malung och Mora kommuner.
1970:01	Dalälven, den preglaciala älvfåran från Mora till Avesta.	1976:08	Alderängarna, inventering samt förslag till skötselplan, Mora kn.	1981:04	Översiktlig naturvårdsinventering av Långfjället - Rogenområdet, Älvdalens och Härjedalens kommuner.
1971:01	Översiktlig naturinventering av Nedre dalälvsområdet.	1976:09	Naturinventering av Styggforsen, Rättviks kn.	1982:01	Bonäsältet en inventering av insektslivet, Mora kommun.
1971:02	Naturvårdsinventering av Sugnet, Röddberg, och Norra Trollegrav i Älvdalens kn.	1976:10	Översiktlig naturinventering av Borlänge kn.	1982:02	Flodpärlmusslan <i>Margaritifera margaritifera</i> - en litteraturstudie.
1971:03	Naturvårdsinventering av Gyllbergs-området i Borlänge kommun.	1977:01	Rommehed, naturinventering med förslag till dispositions- och skötselplan, Borlänge kn.	1982:03	Översiktlig naturinventering av Rättviks kommun.
1972:01	Allmän översiktlig naturvårdsinventering av Falu kommun.	1977:02	Dokumentation av Furudalsdeltat i Ore, Rättviks kommun.	1982:04	Skyddsvärda fågelmyrar i Kopparbergs län.
1972:02	Inventering av Fulufjällsområdet. Älvdalens kn.	1977:03	Sälenfjällen, inventering av natur och friluftsliv, Malungs kommun.	1982:05	Inventering av skjutbanor i Kopparbergs län.
1972:03	Översiktlig naturvårdsinventering av faunan vid Hovran och Trollbosjön, Hedemora kn.	1977:04	Inventering av naturreservatet Långfjället - geologi, geomorfologi, friluftsliv, Älvdalens kn.	1982:06	Naturinventering av Juttulslätten, Älvdalens kn.
1972:04	Inventering av Säterdalen, del 1.	1977:05	Skyddsområden för grundvattentäkt inom Kopparbergs län.	1982:07	Skyddsområden för grundvattentäkt inom Kopparbergs län.
1972:04	Inventering av Säterdalen, del 2.	1977:06	Eggarna, Näset, Öjarna, geovetenskapliga naturvårdsobjekt vid Yttermalung, Malungs kn.	1982:08	Inventering och planering av Finnbo-Kårarvsbrotten i Falu kommun.
1973:01	Inventering av naturreservatet Lugnet-Sjulsarvet, Falu kommun.	1977:07	Försumning av sjöar i Kopparbergs län.	1983:01	Översiktlig naturinventering för Dalafjällen, Malungs- och Älvdalens kommun.
1973:02	Inventering av Stora Rensjön, Långsjöblecket och Södra Trollegrav i Älvdalens kommun.	1978:01	Holmsjöarna - en naturinventering, Borlänge och Sätters kommuner.	1983:02	Naturinventering av Nybrännberget - Styggberget - Råklacken, Ludvika kommun.
1973:03	Fågelinventering av Fulufjället, Älvdalens kn.	1978:02	Inventering av grottor i Kopparbergs län.	1983:03	Översiktlig naturinventering för Leksands kommun.
1974:01	Bäverförekomsten i Kopparbergs län.	1978:03	Inventering av Vedungsfjällen - geomorfologi, zoologi och rörligt friluftsliv, Älvdalens kn.	1983:04	Inventering av Limsjön, Leksands kommun.
1974:02	Frostbrunnsdalen, inventering och planering, Borlänge kommun.	1978:04	Harmsarvet, inventering av naturförhållanden, jämte förslag till dispositions- och skötselplan, Falu kommun.	1984:01	Översiktlig naturinventering för Malungs kn.
1974:03	Botanisk inventering av urkalks-områden i Kopparbergs län.	1978:05	Naturinventering av Hållaområdet, Malungs kn.	1984:02	Översiktlig naturinventering för Orsa kommun.
1974:04	Dalälven: rapport över 1972-73 års vattenundersökning.	1978:06	Översiktlig naturinventering av Sätters kommun.	1984:03	Geovetenskapliga naturvärden inom Dalälvsområdet mellan älvsammanflödet och Avesta.
1974:05	Grustillgångar och grusförbrukning i Kopparbergs län.	1978:07	Inventering av naturreservatet Hartjärn, Gagnefs kn.	1984:04	Dokumentation av istida landformer, isavsmältning och högsta kustlinje i Våmådal och Orsasjöns randområden.
1974:06	Naturvårdsinventering av Tvärstapet, Borlänge kommun.	1978:08	Inventering av naturreservatet Bösjön, Mora kn.	1985:01	Översiktlig naturinventering för Älvdalens kn.
1974:07	Naturvårdsinventering av Realsbo hage, Hedemora kommun.	1978:09	Skyddsområden för grundvattentäkt inom Kopparbergs län.	1985:02	Översiktlig naturinventering för Mora kommun.
1974:08	Fågelsjöar i Kopparbergs län.	1979:01	Översiktlig naturinventering av Avesta kommun.	1985:03	Nedre Dalälvsområdet - en inventering av fem objekt i W-län, delen Tyttbo och Jugansboforsen.
1975:01	Blocksänkorna i Hytting, Borlänge kommun.	1979:02	Översiktlig naturinventering av Gagnefs kn.	1985:04	Nedre Dalälvsområdet - en inventering av fem objekt i W-län, delen Oxholmen, Storgundet och Mestaön.
1975:02	Siljansbygden runt, planering av vandrings-, rid- och cykelled i siljansbygden, Mora, Leksand, Rättviks och Orsa kommuner.	1979:03	Vattentäkt i Kopparbergs län.	1985:05	Morafältet - Skandinavien största fossila flygsandfält - en sammanställning av geologiska litteraturuppgifter.
1975:03	Översiktlig naturvårdsinventering av Hedemora kommun.	1979:04	Kalkningsresultat i Trysjön, St. Låsen och N Almsjön, Gagnefs, Ludvika och Malungs kommuner.	1986:01	Översiktlig naturinventering för Vansbro kn.
1975:04	Inventering av idrotts- och fritidsanläggningar i W län.	1979:05	Naturinventering av Grövelsdalen, Älvdalens kn.	1986:02	Inventering av grus och alternativa material i södra W-län.
1975:05	Geomorfologisk utredning av Kungsgårdsholmarna, Avesta kn.	1979:06	Naturinventering av Tandövalaområdet, Malungs kommun.	1986:03	Värdefull natur i W-län – sammanställning inför naturvårdsprogram.
1975:06	Inventering av Byåsen, Avesta kn.	1979:07	Försumning av sjöar del II (del I - 1977:7).	1986:04	Gåsberget - en skogsbiologisk inventering i W-län.
1975:07	Inventering av Trollaldalen, Gagnefs kommun.	1980:01	Avloppsförhållanden i Kopparbergs län.	1988:01	Naturvårdsprogram för Kopparbergs län.
1975:08	Murbodäljorna, Borlänge kommun.	1980:02	Översiktlig naturinventering av Smedjebackens kommun.	1988:02	Dalälvens vatten 1965 – 86.
1975:09	Kopparbergs läns sjöar.	1980:03	Inventering av Skattungbyfältet, en israndbildning kring högsta kustlinjen, Orsa kommun.	1989:01	Kalkningseffekter i Hävlingens vattensystem.
1975:10	Skattlösbergs by och dess slätterängar, Ludvika kommun.	1980:04	Gårans framtida utnyttjande som receptier för avloppsvatten, Hedemora kommun.	1989:02	Kalkningseffekter i Foskan och Brunnan.
1976:01	Inventering och planering av sjön Ärtan "ametistsjön", Vansbro kommun.	1980:05	Entomologisk inventering av Birtjärnsberget, Vansbro kommun	1989:03	Regional miljöanalys för Kopparbergs län.
1976:02	Bysjöholmarna, Avesta kommun.	1981:01	Dalälven. Den preglaciala älvfåran från Mora till Avesta.	1990:01	Transtrandfjällens skogar - en naturvärdesinventering av vårt sydligaste fjällområde.
1976:03	Översiktlig natur- och landskapsvårdsinventering av Österdalälvens dalgång från Idre till Mora, Älvdalens och Mora kommuner.	1981:02	Naturvårdsinventering av Hykjeberget, Älvdalens kommun.	1990:02	Våtmarker i Kopparbergs län.
1976:04	Översiktlig naturinventering av Ludvika kn.				
1976:05	Inventering och analys av den odlade bygden runt Siljan. Leksands, Rättviks, Mora och Orsa kommuner, del 1.				
1976:05	Inventering och analys av den odlade bygden runt Siljan. Leksands, Rättviks, Mora och Orsa kommuner, del 2.				
1976:06	Avfallsanläggningar i Kopparbergs län.				

1991:01	Försurningssituationen i några sjöar och vattendrag i Kopparbergs län. En studie av bottenfauna 1969 till 1989.	1999:02	Årsredovisning för "typområde på jordbruksmark" (JRK) – Mässingsboån och observationsfältet Haganäs, 1997-98.	2002:12	Falu gruva och tillhörande industrier - industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.
1991:02	Försurningsutvecklingen i Kopparbergs län. En jämförande studie av bottenfaunamaterial insamlat 1975 - 81 och 1990.	1999:03	Svaveladsorbition i morän på Gyllbergen.	2002:13	Fågelfaunan på Fulufjället.
1993:01	Dalarnas ångar och betesmarker.	1999:05	Förorenad mark i Dalarnas län.	2002:16	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2001. DVVF.
1993:02	Inventering av grus och krossberg i Vansbro och Malungs kommuner.	1999:09	Rapport om jaktfalken i W Z AC och BD län.	2002:17	Närsalter i Dalälven 1990-2000. Temarapport, DVVF.
1994:01	Värdefulla odlingslandskap i Dalarna.	1999:13	1998 års provfisker inom naturreservaten i norra Dalarna. Delrapport II.	2002:18	Fjällförvaltningen. Ansvarig Hasse Ericsson.
1994:02	Hovran. En utredning om CW-området	1999:14	Fulufjällsringen. En vision och framtidsstrategi.	2002:20	Fulufjällets omland. Etapp III. Slutrapport.
1994:03	Mossor och lavar vid Jätturn	1999:16	Metaller i Dalälven – förekomst & ursprung, trender & samband, naturligt & antropogent. Dalälvens vattenvårdsförening.	2003:05	Inventering av näringsläckage från små vattendrag i Dalarnas jordbruks-områden.
1994:04	Skyddsvärd naturskog i Mora. En inventering 1991-1992.	1999:17	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 1998. Dalälvens vattenvårdsförening.	2003:09	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Massa- och pappers-industri, träimpregnering och sågverk. Dalarnas miljömål, remissupplaga.
1994:05	Kalkningseffekter i Hävlingens vattensystem.	2000:07	Gyllbergens sjöar och vattendrag.	2003:10	Dalarnas miljömål, remissupplaga.
1994:06	Valuable nature in the Loodi area, Viljandi county.	2000:09	Årsrapport för samordnad recipientkontroll i Dalälven 1999. DVVF.	2003:15	Kemiska och biologiska effekter vid sodabehandling av försurade ytvatten i Dalarnas län.
1995:01	Koppången En inventering av de skogliga naturvärdena inom Koppångenområdet.	2000:10	1999 års provfisker inom naturreservaten i Norra Dalarna. Delrapport III.	2003:18	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2002.
1995:02	Skyddsvärd naturskog i Orsa.	2000:11	Fredriksbergs pappersbruk – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:19	Dalarnas miljömål.
1995:03	Inventering av grus och krossberg inom Siljansregionen.	2000:12	Falu gasverk – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:22	Beslut om och yttranden över Dalarnas miljömål.
1996:01	Tjåberget. En inventering av de skogliga naturvärdena inom Tjåbergsområdet.	2000:13	Turbo pappersbruk – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:23	Användning av fjärranalys och GIS vid tillämpning av EU:s ramdirektiv för vatten i Dalälvens avrinningsområde.
1996:02	Kallbolsfloten. En inventering av de skogliga naturvärdena på Kallbols-floten.	2000:14	Pappersindustrin i Dalarna – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:24	Provfiskade sjöar i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
1996:03	Markens och det yliga grundvattnets försurningskänslighet i W-län.	2000:15	Aluminiumfabriken i Månsbo – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:25	Provfiskade vattendrag i Dalarnas län 2000 – 2002 – Biologisk uppföljning av kalkade vatten.
1996:04	Inventering av glacialrelikta kräftdjur i Dalarna.	2000:16	Månsbo kloratfabrik – industrihistorisk kartläggning med avseende på förorenad mark.	2003:26	Analys av skogarna i Dalarnas och Gävleborgs län. - Prioriteringsstöd inför områdesskydd.
1996:05	Järv, lodjur och varg i renskötsel-området. Inventeringsresultat 1996.	2000:17	Gruvavfallsundersökningar i Stollbergsområdet.	2003:27	Utvärdering av metod för övervakning av skogsbiotoper.
1997:01	Tillståndet i Dalarnas sjöar i oktober 1995.	2000:18	Vattenundersökningar i Nyängsån.	2004:07	Surstötter i norra Dalarna 1994-2002.
1997:02	Regional övervakning av skogs-områden i Dalarna.	2000:19	Vattenundersökningar i Stollbergsområdet.	2004:08	Inventering av sandödlor i Dalarnas län.
1997:03	Övervakning av faunan i fjällen, programförslag.	2000:20	1997 års regnkatastrof i Fulufjällsområdet.	2004:20	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Industriområden längs Runns norra strand.
1997:04	Dalarnas urskogar.	2001:01	De mest värdefulla och skyddsvärda naturskogarna i Mora och Orsa. En prioritering och värdering.	2004:21	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2003. DVVF.
1997:05	Dalälvens vattenkvalitet 1990 – 1995.	2001:03	Grunufflot. En skoglig naturvärdesinventering av ett myrområde i Orsa kommun.	2004:22	Ämnestransporter i Dalälven 1990-2003. Temarapport, DVVF.
1997:06	Smådjuren i Dalarnas vattendrag.	2001:04	Vattenkemiska förändringar i ett 40-tal sjöar i Dalarna mellan 1934, 1974 och 1996.	2004:23	Avloppsreningsverk i Dalarnas län.
1997:07	Karaktärisering av tre sjöar i Dalarna med hjälp av System Aqua - inventering av makrofytter.	2001:08	Vattentäkter i Dalarnas län.	2004:24	Program för regional uppföljning av miljömål och åtgärder i Dalarna 2004-2006.
1997:08	Exploatering och miljöpåverkan i ett fjällområde - historik och utveckling i Transtrandsfjällen.	2001:14	Dalarnas landmollusker.	2005:01	Brand i Fulufjällets nationalpark.
1997:09	Dalälvens Vattenvårdsförening. Samordnad vattendragskontroll 1996. Vattenkemi, sedimentkemi, växtplankton, bottenfauna, fisk.	2001:15	Bedömningsgrunder för fysisk påverkan – Pilotprojekt med Dalälvens avrinningsområde som exempel.	2005:05	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län, Kemiindustriestorn – kemtvättar.
1997:10	Järv, lodjur och varg i renskötsel-området, resultat från 1997 års inventering.	2001:17	Järv, lodjur och varg i renskötsel-området. Inventeringsresultat 2001.	2005:07	Rättvissheden Inventering av naturvärden inom Enån - Gärdssjöfältet – Ockran-dalgången, förslag till skydd och skötsel.
1997:11	Censusing spring population of willow grouse and rock ptarmigan.	2001:18	Vattenkemiska effekter av våtmarkskalkning i Skidbågbäcken.	2005:10	Trädgränsen i Dalafjällen, del 1 o 2.
1998:03	The environmental status of the river Dalälven drainage basin.	2001:19	Årsrapport för samordnad recipientkontroll i Dalälven 2000. Dalälvens vattenvårdsförening.	2005:13	Regional förvaltningsplan för stora rovdjur i Dalarnas län.
1998:04	1997 års provfisker inom naturreservaten i norra Dalarna.	2002:03	De rinnande vattnen på Fulufjäll - fiskbestånd, bottenfauna, och lavar i vattendrag på Fulufjället. Inventeringar 2000-2001.	2005:14	Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Gruvindustri.
1998:05	Miljön i Dalarna – strategi för regional miljö (STRAM), ca 150 sidor. Miljön i Dalarna – kortversion, 17 sidor.	2002:04	Fulufjällets omland, reserapport Abruzzo	2005:16	Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2004.
1998:06	Årsredovisning för "Typområde på jordbruksmark" (JRK), Dalarnas län.	2002:10	Skalbaggsfaunan på Fulufjället.	2005:19	Metallhalter i dricksvatten från borrhållarbrunnar i Dalarnas län.
1998:07	Försurat eller naturligt surt? En undersökning av den historiska pH-utvecklingen i tre sjöar i Gyllbergen.			2005:21	Fisk- och kräftodlingsverksamhet i Dalarnas län – nulägesbeskrivning 2004.
1998:11	Fulufjällets omland.			2005:23a	Efterbehandling av gruvavfall i Falun.
1998:12	Nätverksaktion färgkemikalier.			2005:23b1	Efterbehandling av gruvavfall i Falun.
1998:14	Samordnad vattendragskontroll 1997. Dalälvens vattenvårdsförening.				Delrapport 1 Kartläggning av metalläckage och miljöriskbedömning.
1998:17	Järv, lodjur och varg i renskötselområdet, rapport från 1998.			2005:23b2	Delrapport 1. Bilagor
				2005:23b3	Delrapport 1. Ritningar

2005:23c Efterbehandling av gruvavfall i Falun. Kompletterande åtgärder för att minska metalläckaget till Falunån-Dalälven-Östersjön. Delrapport 2. Beskrivning av åtgärdsalternativ. Delrapport 3. Ansvarsutredning 2005:24 EnergiIntelligent Dalarna, regionalt energiprogram. 2006:02 Strategi för formellt skydd av skog i Dalarnas län. 2006:12 EnergiIntelligent Dalarna. 2006:13 Samrådsredogörelse och beslut, EnergiIntelligent Dalarna. 2006:22 Naturminnen i Dalarnas län. 2006:23 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2005. 2006:26 Dokumentation 2006 års regionala energiseminarium. 2006:27 Grundvatten och dricksvattenförsörjning. En beskrivning av förhållanden i Dalarnas län 2006. 2006:28 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län. 2006:31 Åtgärder vid slitage på vandringsleder i fjällterräng. 2006:34 Vattnets näringsgrad i Nedre Milsbosjön under de senaste årtusendena. 2006:35 Vedskalbaggar i Gåsbergets och Trollmosseskogens naturreservat. 2006:36 Bottenfauna i Dalarna juni 2005. 2006:37 Dalarnas miljömål 2007-2010, remissversion. 2006:38 Satellitdata för övervakning av våtmarker. 2006:39 Inventering av vattensalamandrar i Dalarnas län 2006. 2007:01 Miljömålen i skolan – handledning för lärare i Dalarna. 2007:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län. Gruvindustri – etapp 2. 2007:06 Luftkvalitet i Dalarnas större tätorter perioden 2001-2006. 2007:07 Dalarnas miljömål 2007-2010. 2007:08 Dalarnas miljömål 2007-2010, samrådsredogörelse och beslut. 2007:11 Vattenkemiska effekter av tio års våtmarkskalkning i Skidbägsbäcken. 2007:13 Kartläggning av farliga kemikalier. 2007:14 Metaller, uran och radon i vatten från dricksvattenbrunnar. 2007:15 Fäbodbeta och rovdjur i Dalarna. 2007:17 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – metallverk, metallgjutier och ytbehandling av metall. 2007:20 Vindområden i Dalarnas län – Redovisning inför Energimyndighetens ställningstagande om riksintresseområden för vindkraft 2007. 2007:21 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2006. 2007:22 Bioenergipotential i Dalarnas län. 2007:23 Dokumentation av 2007 års energiseminarium. 2007:24 Inventering av förorenade områden – kemiindustrisektorn. 2007:28 Regionala landskapsstrategier i Dalarnas län. 2008:04 Milsbosjöarna - ett pilotprojekt inför arbetet med åtgärdsprogram inom EU:s Ramdirektiv för vatten. 2008:05 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – verkstadsindustri. 2008:11 Stormusselinventering. 2008:13 Organiska miljögifter i grundvatten. 2008:14 Inventering av förorenade områden i Dalarna län – Nedlagda kommunala deponier.	2008:15 Vattenvegetation i Dalarnas sjöar; Inventeringar år 2005 och 2006 samt sammanställning av äldre undersökningar. 2008:17 Identifiering av riskområden för fosforförluster i ett jordbruksdominerat avrinningsområde i Dalarna. 2008:18 Inventering av vildbin i Dalarna 2008:19 Inventering av steklar i sandtallskog 2008:20 Inventeringsmetodik för klipplavar 2008:22 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2007. 2008:23 Klimat – och energistrategi för Dalarna. 2008:24 Kartläggning av farliga kemikalier. 2008:26 Vedlevande insekter i Granåsens naturreservat 2008:28 Utvärdering av vattenväxtsamhället i Dalälvens sjöar. Nytt från 2009 Miljövårdsenheten har fr o m 2009 delats på två: Miljöenheten (M) och Naturvårdsenheten (N). Miljövårdsenhetens rapportserie försvinner därför och rapporterna ges istället ut på de två nya enheterna. De presenteras nedan, märkta med (M) respektive (N). 2009:01 Metod för kemikaliekontroll inom ramen för miljökvalitetsmålet Giftfri miljö. (M) 2009:03 Bibaggen i Dalarna. (N) 2009:04 Vattenvårdsplan för Dalälvens avrinningsområden. (M) 2009:11 Tillsyn över energihushållning - Erfarenheter från Dalarna. (M) 2009:12 Inventering av förorenade områden, grafiska industrin. (M) 2009:13 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län – Sammanfattningsrapport. (M) 2009:14 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2008. (M) 2009:17 Program för uppföljning av Dalarnas miljömål 2009-2011 (M) 2009:18 Insekter på brandfält (N) 2009:20 Vattenuttag för snökanoner i Dalarna. (M) 2009:22 Organiska miljögifter. (M) 2009:23 Inventering av förorenade områden i Dalarnas län - Avfallssektorn m.fl. (M) 2009:24 Övervakning av vedlevande insekter i Granåsens värdetrakt, Dalarna. (N) 2009:27 Länssamverkansprojekt – verksamhetsavfall 2008. (M) 2010:04 Mer träd på myrarna Igenväxning de senaste 20 åren. (N) 2010:05 Verifiering av kemisk status Badelundaåsen inom Borlänge, Sätters och Hedemora kommun. (M) 2010:06 Verifiering av kemisk status Badelundaåsen inom Avesta kommun. (M) 2010:08 Metallpåverkade sjöar och vattendrag i Dalarna. Konsekvenser av en tusenårig gruvhistoria. (M) 2010:09 Kartläggning av farliga kemikalier – tillsynsprojekt. (M) 2010:12 Metallhalter i fisk i Dalälvens sjöar - faktorer som påverkar och förändringar över tid. (M) 2010:13 Växtplanktonsamhällen i ett urval av Dalälvens sjöar – sammanställning av undersökningar under perioden 1990 - 2006. (M) 2010:14 Fiskbestånden i Dalälvens sjöar – faktorer som påverkar och förändringar över tid. (M)	2010:15 Mjukbottenfaunan i Dalälvens sjöar – struktur och funktion. (M) 2010:16 Utvärdering av biologiska bedömningsgrunder för sjöar – erfarenheter från Dalarna. (M) 2010:20 Samordnad recipientkontroll i Dalälven 2009 (M) 2010:21 Saxdalen - Miljöanalys av ett historiskt gruvområde samt konsekvenser av en efterbehandling. (M)
--	---	---

Länsstyrelsen Dalarna
791 84 Falun
Tfn (vx) 023-81000, Fax 023-813 86
dalarna@lansstyrelsen.se
www.lansstyrelsen.se/dalarna



LÄNSSTYRELSEN
DALARNAS LÄN