



VÄSTERVIKS
KOMMUN



Resultat av Efterkontroll 2013 - 2020

Projekt Gladhammars gruvor

Rapport 2021:01

Upprättad 2021-02-16

Christer Hermansson, Västerviks kommun

Innehållsförteckning

Huvudman och ansvarsfördelning	3
Bakgrund och syfte.....	3
Projektets åtgärds mål.....	6
Sammanfattning av provtagningsresultat i förhållande till åtgärds mål ..	7
Beräknad spridning från gruvområdet till Tjursbosjön 2013 - 2020	8
Vattennivån i gruvan	9
Ytavrinning från Holländarefältet.....	10
Resultat, provtagning av ytavrinning.....	10
Eriks hög, den sparade varpen	14
Resultat, lakvattenprovtagning vid Eriks hög	15
Grundvattenprovtagning och Sohlbergsbäcken	16
Resultat, mätningar av grundvattenyta	17
Resultat, mätningar av metallhalt i grundvatten	22
Ytvattenprovtagning i Tjursbosjön	43
Resultat, hela Tjursbosjön	43
Resultat, Tjursbosjön Norr	45
Resultat, Tjursbosjön Mitt	47
Resultat, Tjursbosjön Södra	50
Porvattenprovtagning i Tjursbosjön.....	52
Spridning från Tjursbosjön till nedströms liggande sjösystem	58
Resultat, Tjursbosjöns utlopp	58
Provtagning av Ekenässjöns utlopp, Kyrksjöns in- och utlopp samt	
Perstorpsgölens utlopp.....	60
Resultat, Ekenässjöns utlopp	60
Resultat, Kyrksjöns inlopp	62
Jämförelse mellan Ekenässjöns utlopp och Kyrksjöns inlopp.....	64
Resultat, Kyrksjöns utlopp	66
Resultat, Perstorpsgölens utlopp.....	68
Provtagning av Torsfallsån	72
Resultat, Torsfallsån uppströms Hyttområdet och gamla slaggupplaget	73
Resultat, Torsfallsån nedströms Hyttområdet och gamla slaggupplaget	74
Jämförelse mellan Torsfallsån upp- och nedströms Hyttområdet och gamla slaggupplaget.	75
Brunnsvatten i närområdet	77
Resultat, brunnsvattenprovtagningen	77
Kartor och bilder över provpunkter	84
Referenser:	93

Huvudman och ansvarsfördelning

Huvudman för efterbehandlingen av Gladhammars gruvor är Västerviks kommun. Ansvarig för upprättande och genomförande av Efterkontrollprogrammet och rapportering är projektets funktionsansvarige för miljökontroll, Christer Hermansson, Västerviks kommun.

Bakgrund och syfte

Denna rapport innehåller resultat från Efterkontrollundersökningar inom Projekt Gladhammars gruvor som genomförts under första omsättningsperioden för Tjursbosjön 2013 – 2020 efter genomförd efterbehandling, i enlighet med Länsstyrelsen i Kalmar läns villkor.

Resultaten från Efterkontrollundersökningarna jämförs med resultaten från Utökad förstudie (2001 - 2002), Huvudstudien (2003 - 2005) samt Referensundersökningarna (2009).

Provtagningarna har under efterkontrollen huvudsakligen genomförts av Fredrik Andersson och Daniel Thunström, Västervik Miljö & Energi, Västerviks kommun samt i mindre omfattning Christer Hermansson, Västerviks kommun. All vid provtagning deltagande personal har genomgått recipientprovtagningsutbildning eller har motsvarande kunskaper.

För provtagningsmetodik hänvisas till Program för referensundersökningar 2008 - 2009, när det gäller grundvattenprovtagning, provtagning av ytavrinning från varphögarna samt porvattenprovtagning hänvisas till Huvudstudien delrapport 2004:02, Metodik för provtagning och analys.

Alla rapporter finns på projektets hemsida:

<https://www.vastervik.se/Trafik-och-infrastruktur/Samhallsutveckling-och-planering/Hallbar-utveckling/miljoprojekt/Projekt-Gladhammars-gruvor/Rapporter/>

Åtgärds målen berör endast koppar. I denna rapport behandlas även arsenik, kobolt, bly och zink, som ställvis konstaterats förekomma i högre halter i området.

I tidigare rapporter har även halterna av nickel behandlats, eftersom det befarades kunna förekomma i högre halter. Det har vid undersökningarna visat sig att nickel inte utgjorde något problem, varför denna rapport inte behandlar uppmätta nickelhalter.

Historik, tidigare undersökningar och efterbehandlingen

För den som inte tidigare varit i kontakt med Gladhammars gruvor presenteras här en kort historik och bakgrund till genomförda undersökningar och efterbehandlingen.

Gladhammars gruvfält är beläget ca 12 km sydväst om Västervik.

Vid gruvorna i Gladhammar har metaller brutits och utvunnits i många hundra år. De arkeologiska undersökningarna inför efterbehandlingen visade på att en mer omfattande gruvverksamhet förekom här redan omkring år 1100, ungefär vid samma tidpunkt som en hytta verkar ha etablerats vid Torsfallsån. I Tjursbosjöns sediment fann man även en äldre ackumulationshorisont med bly, som skulle kunna tyda på att gruvbrytning i mindre skala skett så tidigt som under 700-talet. Gladhammars gruvor är därmed bland de äldsta daterade gruvorna i landet. Gruvorna var en gång i tiden den största koboltproducenten i Sverige och är än idag den största koboltfyndigheten som någonsin påträffats i Sverige. Gruvorna bröts på järn, koppar och kobolt i flera omgångar under århundradena och låg däremellan i perioder öde. Efter en sista period med koboltbrytning lades gruvan slutligen ned 1892. Därefter skedde endast mindre provbrytning under 1950-talet.

Ett antal studier under 1980 - 1990-talen konstaterade att framförallt koppar- och kobolthalterna i Tjursbosjöns sediment var kraftigt förhöjda och att den sannolika förklaringen var kontinuerligt läckage från gruvområdet och de kvarlämnade avfallen. 1993 redovisade Länsstyrelsen i Kalmar län Gladhammars gruvor som en av länets sex då prioriterade objekt för ytterligare undersökningar.

Länsstyrelsen i Kalmar län lät under 2000 utföra en förstudie. Ansvariga för denna var Eco-Chemica-miljöutredningar och Envipro Miljöteknik AB.

Eftersom den ursprungliga förstudien grundade sig på ett sparsamt dataunderlag lät Länsstyrelsen i Kalmar län genom Västerviks kommun under november 2001 till november 2002 utföra en utökad förstudie där bl.a. provtagning av yt- och grundvatten samt avfall ingick. I projektgruppen för den utökade förstudien ingick representanter från Västerviks kommun, Länsstyrelsen i Kalmar samt Envipro Miljöteknik AB.

Under perioden maj 2003 till maj 2005 genomfördes en huvudstudie av området. Huvudstudien inriktades på provtagning av yt- och grundvatten, ytavrinning, provtagning av Tjursbosjön och de efterföljande sjöarna Ekenässjön och Kyrksjön (både vatten och sediment), Torsfallsån vid gamla hyttan, gruvavfall, fisk och bottenfaunaundersökningar samt en kulturhistorisk utredning. Huvudstudien drevs av en styrgrupp sammansatt av politiker och högre tjänstemän från Västerviks kommun med stöd från Länsstyrelsen i Kalmar län. Det löpande arbetet utfördes av en projektgrupp med personal från Västerviks kommun, Envipro Miljöteknik AB och Länsstyrelsen i Kalmar. Slutsatsen i Huvudstudien var att området utgjorde en risk ur både human- och ekotoxikologisk synvinkel och att efterbehandlingsåtgärder krävdes för att komma tillrätta med detta.

Ansökan om tillstånd för efterbehandling skedde i maj 2009 via ombudet Mannheimer & Swartling Advokatbyrå AB. 1 juni 2010 kom miljödom med villkor för efterbehandlingen.

Under 2009 genomfördes referens- och kompletterande undersökningar, främst på gruvavfall, ytavrinning, ytvatten i Tjursbosjön, sediment, Torsfallsån vid gamla hyttan,

vattendragen mellan sjöarna nedströms gruvan samt brunnsvatten i närliggande brunnar. Syftet med referenskontrollprogrammet var att komplettera tidigare genomförda undersökningar i de delar där dataunderlaget var otillräckligt eller saknades samt för att se att vissa värden som erhållits tidigare ännu var stabila. Referensundersökningarna genomfördes av personal från Västerviks kommun, utredningar av gruvavfallet skedde med stöd av Golder Associates AB och Envipro Miljöteknik AB. Arkeologisk för- och slutundersökning genomfördes under 2009–2010 av Kalmar Läns museum i samarbete med Dalarnas museum och Västerviks museum inför efterbehandlingen.

Efterbehandlingen genomfördes under februari - december 2011. Västerviks kommun var huvudman, projektledare var Empirikon Konsult AB och NCC Construction Sverige AB var totalentreprenör för efterbehandlingen. Arbetena innefattade bortschaktning av gruvavfallen varp, slagg, lakrest och vaskmull vid gruvområdet och hyttan, pluggning av stollgången, utläggning av varp och slagg under vatten i Gruvviken i Tjursbosjön samt borttransport av lakrest och vaskmull till externt omhändertagande. Utöver detta iordningställdes en yta där ca 880 m³ sparad varp för framtida undersökningar och studier lades (Eriks hög). Sweco Environment AB stod för teknisk projektering och Hifab AB för entreprenadsamordning och daglig kontroll, personal från Envipro Miljöteknik och Hifab AB utgjorde projektstöd. Miljökontrollen bemannades med personal från Västerviks kommun, Västerviks Miljö & Energi AB samt Empirikon konsult AB.

Den sparade varpen i Eriks hög visade sig snart efter efterbehandlingen läcka problematiskt mycket metaller. Detta ledde så småningom till en behandling med grönlutslam varefter läckaget avtog.

Från och med 2013 sker efterkontroll av den genomförda efterbehandlingen. Efterkontrollen ska ske under fyra omsättningstider för Tjursbosjön, som vardera är på 8 år, och beräknas vara klar 2045.

Projektets åtgärds mål

Projektets mätbara åtgärds mål är:

- spridningen av koppar från gruvområdet till Tjursbosjön ska minska med minst 90 % efter åtgärder vid gruvorna,
- spridningen av koppar från Tjursbosjön ska minska med minst 75 % efter åtgärder vid gruvorna och med 90 % om även sedimenten åtgärdas,
- kopparhalten i Tjursbosjön ska på sikt inte överstiga 4 µg/l efter åtgärder vid gruvorna och om även sedimenten åtgärdas.

Spridningen av koppar från gruvområdet beräknades under Huvudstudien 2004 (delrapport 2004:08) enligt följande:

Uppmätt medelkopparhalt i stollgången x 18 400 m³/år +
Uppmätt medelkopparhalt i avrinnande ytvatten x 17 200 m³/år +
Uppmätt medelkopparhalt i grundvattenrör 3, 4, 5, 8, 9, och 11 x 2000 m³/år

Spridning av koppar från gruvområdet beräknas på samma sätt i Efterkontrollen som under Huvudstudien. Eftersom GV 4 och 5 togs bort vid efterbehandlingen, används istället GV 30, som ersätter GV 4 och 5. Detta innebär att GV 30 räknas dubbelt i efterkontrollen.

Till ovanstående beräkning tillkommer utlakningen från den sparade varpen i Eriks hög. Utlakningen beräknas enligt följande: uppmätt medelkopparhalt vår x lakvattenmängd + medelkopparhalt höst x lakvattenmängd.
Lakvattenmängd beräknas efter nederbördsdata på Gladhammars väderstation -33% avdunstning.

Övriga förutsättningar för beräkningarna

Då Stollgången pluggades vid efterbehandlingen antas flödet där ha upphört helt.

Grundvattenytan i området förväntades kunna stiga i och med pluggningen av Stollgången och därmed höjd vattennivå i gruvan. En högre grundvattenyta skulle leda till att mängden utflödande grundvatten x medelhalt i grundvattenrören i beräkningarna enligt ovan skulle kunna behöva justeras med ledning av uppmätta grundvattennivåer. Någon sådan höjning har inte kunnat konstateras och därför har heller ingen justering gjorts, se mer nedan.

Spridningen från avfallet vid stranden som beräknades i Huvudstudien antas ha upphört helt, då dessa massor avlägsnades vid efterbehandlingen.

Spridningen av koppar från Tjursbosjön till det nedströms liggande sjösystemet mäts relativt den medelhalt av koppar som uppmätts under Utökade förstudien, Huvudstudien samt Referensundersökningarna. En reduktion av halten med 75 % innebär en minskning av spridningen med 75 % med samma flöde som beräkningsgrund.

Sammanfattning av provtagningsresultat i förhållande till åtgärds mål

Efterbehandlingen av Gladhammars gruvor har delats in i två huvudsakliga etapper, etapp 1 som innebar borttagning av gruvavfall och andra åtgärder av gruvområdet vid Holländarefältet, och etapp 2 som innebär åtgärder (muddring) av Tjursbosjöns sediment.

De mätbara åtgärds målen rör alla Tjursbosjön och är indelade efter vilka etapper som genomförts. Etapp 1 genomfördes 2011. Skulle Efterkontrollen på sikt visa att etapp 1 inte gett tillräcklig effekt får ställning tas till om och när etapp 2 ska genomföras.

Spridningen av koppar från gruvområdet till Tjursbosjön ska minska med minst 90 % (efter etapp 1).

Spridningen av koppar från gruvområdet beräknas fram till och med 2020 minskat från 454 kg/år före efterbehandlingen till 62 kg /år.

Detta motsvarar en minskning hittills med ca 86 %. Trenden är positiv med minskande spridning över tiden.

Spridningen av koppar från Tjursbosjön ska minska med minst 75 % (efter etapp 1) alternativt minst 90 % (efter etapp 2).

Halten av koppar i vattnet från Tjursbosjön till nedströms liggande sjösystem har fram till hösten 2020 minskat från 73,5 µg/l till 36,6 µg/l (medelvärde för de båda proverna som togs 2020) jämfört med resultaten från Utökade förstudien 2001–2002, Huvudstudien 2003–2005 och Referensundersökningarna 2009.

Detta motsvarar en minskning hittills med lite drygt 50 %. Trenden är positiv med minskande halt över tiden.

Kopparhalten i Tjursbosjön ska på sikt inte överstiga 4 µg/l (efter etapp 2).

Medelhalten av koppar i Tjursbosjöns vattenmassa har fram till hösten 2019 minskat från 72 µg/l som uppmättes under Huvudstudien och Referensundersökningarna till 36 µg/l. Trenden är positiv även om den snabba haltminskning som sågs omedelbart efter efterbehandlingen har avtagit.

Jämfört med målet på att Tjursbosjön på sikt – efter en efterbehandlingsåtgärd även av sedimenten - inte ska ha högre kopparhalt än 4 µg/l, ligger halten fortfarande drygt 9 ggr för högt.

Resultaten från porvattenundersökningen 2016 visade att sedimenten ännu fungerade som en sänka för metallerna.

Beräknad spridning från gruvområdet till Tjursbosjön 2013 - 2020

Följande mängder metaller beräknas ha transporterats från gruvområdet till Tjursbosjön under åren 2013 – 2020. Referensvärden från Huvudstudien (för ytavrinning används medelvärdet av undersökningarna i Huvudstudien och Referensundersökningarna):

Tabell 1. Beräknad spridning av metaller från gruvområdet till Tjursbosjön

Beräknad spridning av metaller från gruvområdet till Tjursbosjön (kg/år)						
		As	Co	Cu	Pb	Zn
Före efter- behandlingen	Via stollgången	0,003	20,2	121	7,1	4,4
	Från avfall vid stranden	0,8	36	128	51	14,9
	Via ytvattenavrinning	0,014	82,2	197	2,0	2,6
	Via grundvatten	0,001	2,60	8,02	0,01	0,2
	SUMMA	0,82	141	454	60	21,9
2013	Via ytvattenavrinning*	0,010	59,0	162,7	3,9	2,7
	Via grundvatten	0,001	1,1	3,4	0,001	0,1
	Från Eriks hög	0,001	4,6	19,8	0,06	0,2
	SUMMA	0,012	64,7	185,9	4,0	3,0
2014	Via ytvattenavrinning*	0,006	35,8	128,5	2,3	1,9
	Via grundvatten	0	1,3	4,3	0,001	0,1
	Från Eriks hög	0,001	9,5	45,8	0,14	0,5
	SUMMA	0,002	25,9	178,6	1,34	2,5
2015	Via ytvattenavrinning	0,002	12,6	94,2	0,8	1,0
	Via grundvatten	0	1,2	4,0	0,004	0,2
	Från Eriks hög	0,0004	6,0	31,3	0,06	0,3
	SUMMA	0,002	19,7	129,5	0,86	1,5
2016	Via ytvattenavrinning	0,004	15,0	96,7	0,9	1,1
	Via grundvatten	0,0002	1,1	3,8	0,001	0,1
	Från Eriks hög	0,0004	7,6	38,6	0,1	0,4
	SUMMA	0,005	23,7	139,1	1,0	1,6
2017	Via ytvattenavrinning	0,002	15,5	109	0,7	1,1
	Via grundvatten	0,0002	1,3	4,5	0,001	0,2
	Från Eriks hög	0,055	1,4	8	0,08	0,07
	SUMMA	0,057	18,2	121,5	0,78	1,4
2018	Via ytvattenavrinning	0,005	15,1	101,3	0,95	1,3
	Via grundvatten	0,0001	0,8	2,7	0,001	0,1
	Från Eriks hög	0,01	0,9	1,6	0,001	0,03
	SUMMA	0,015	16,8	105,6	0,95	1,4
2019	Via ytvattenavrinning	0,003	12,0	76,2	0,86	1,0
	Via grundvatten	0,0002	0,9	2,7	0,001	0,15
	Från Eriks hög	0,01	0,6	0,7	0,001	0,02
	SUMMA	0,013	13,5	79,6	0,86	1,2
2020	Via ytvattenavrinning	0,003	9,9	58,7	0,58	0,7
	Via grundvatten	0,0001	0,8	2,6	0,001	0,14
	Från Eriks hög	0,001	0,6	0,8	0,0004	0,02
	SUMMA	0,004	11,3	62,1	0,58	0,86

*) Tillskottet från ytvattenavrinningen beräknas för åren 2013 och 2014 med enkel linjär interpolering utifrån medelvärdet före saneringen till provtagningen då inga analyser skedde, se mer under Resultat ytavrinning.

Vattennivån i gruvan

Mätning av vattennivån i gruvan har skett vid Knuts schakt för att kontrollera att pluggningen av stollgången inte leder till så höga vattennivåer att man riskerar bräddning av gruvvatten till Tjursbosjön. Se bild 3 för provpunktens placering.

Mätpunkten Knuts schakt har valts för att det är ett stort och öppet schakt där det på ett enkelt sätt är möjligt att mäta nivån direkt till vattennivån i gruvan utan risk för att lodet fastnar i stöttor och annan bråte eller slår emot schaktväggarna. Det lägst belägna schaktet i Holländarefältet är Gamla gruvan längst i nordväst och det är här gruvvattnet kommer att brädda om vattennivån i gruvan blir för hög. Nivåskillnaden mellan bergöverytan (till vilken gruvvattennivån mäts) vid Knuts schakt och Gamla gruvan är 3,10 m.

Stollgången pluggades i september 2011. Under 2012 och 2013 följdes vattennivåns utveckling mer noggrant med mätningar 2 gånger/månad under våren och 1 gång/månad under hösten. Sedan 2014 har mätning skett 1 gång/kvartal, med undantag för kvartal 1 och 4 under 2018 då mätroret som installerats för att kunna mäta från utsidan av instängslingen runt Knuts schakt hade saboterats.

Efter en inledande snabb höjning av nivån av vattnet i gruvan har en stabilisering skett från omkring januari 2013. Vattennivån i gruvan är som regel högst på våren och lägst på sommaren eller hösten. Under ett år - efter en väldigt regnig höst (2016) - var nivån högst i november. Den lägsta uppmätta nivån under perioden 2013–2020 var 2013-10-30 med en nivå på 13,37 m från schaktkant till vattennivån vilket ger 10,25 m kvar till bräddningsrisk vid Gamla gruvan. Den högsta uppmätta nivån under perioden var 2018-03-28 med en nivå på 5,92 m från schaktkant till vattennivån vilket ger 2,82 m kvar till bräddningsrisk vid Gamla gruvan.

Sedan stollgången pluggades och vattennivån steg i gruvan har flera perioder med kraftiga regn och stora mängder nederbörd passerat utan att det uppstått risk för bräddning. Med ledning av uppmätta nivåer bedöms det mycket osannolikt att en bräddning kommer att inträffa även i framtiden.

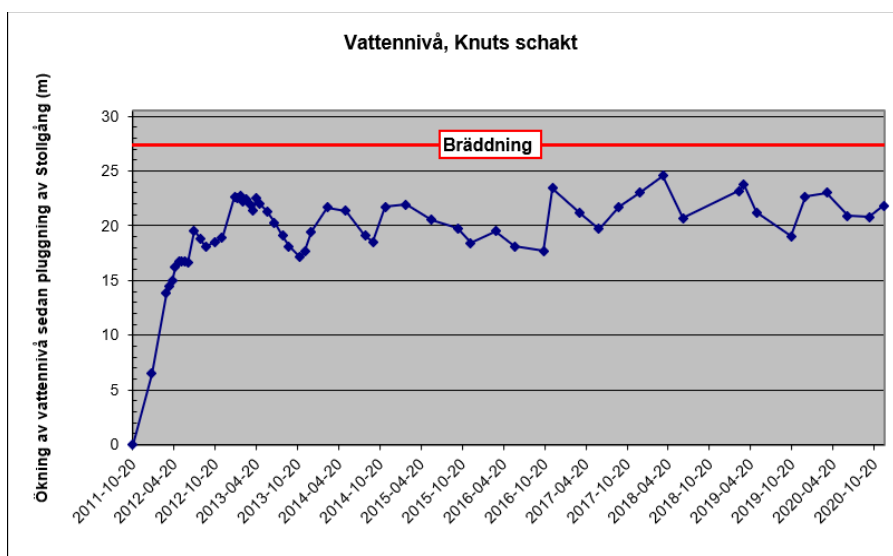


Diagram 1. Vattennivå i gruvan från schaktkanten vid Knuts schakt. Vattennivåns läge visas relativt nivån före pluggning uppmätt 2004-06-23 på 30,5 m under schaktkant. Risk för bräddning (röd linje) är nivån på schaktkanten i Gamla gruvan.

Ytavrinning från Holländarefältet

Vid Holländarefältet sker vid regn en direkt ytavrinning från berget, vilken ställvis bildar små bäckar som sedan rinner ut i Tjursbosjön. Provtagning sker för att beräkna tillförseln av metaller till Tjursbosjön genom denna avrinning.

Provtagning har skett på de tre platser som provtogs under Huvudstudien och Referensundersökningarna; intill (den numera igengjutna) Stollgången, vid GV 6 och vid GV 17. Se karta 9 för provpunkternas placering.

Samtliga provtagningar har skett en gång/år från och med 2015 under eller strax efter att det kommit lite större nederbördsmängder. Provtagning är endast möjlig då, eftersom bäckarna snabbt blir vattenförande vid regn och snabbt torkar ut efter regn. Så lika förhållanden som möjligt år från år eftersträvas, men är givetvis svårt att lyckas med praktiskt.

Resultat, provtagning av ytavrinning

Det kan konstateras att metallhalterna i ytavrinningen under Efterkontrollen generellt har en avtagande trend. Sedan efterbehandlingen med borttagning av varp och slagg kring gruvorna har halterna i det från berget avrinnande ytvattnet som medelvärde fram till 2020 sjunkit med för arsenik omkring 74 %, för kobolt med 85 %, för koppar med 67 %, för bly med 69 % och för zink med 67 % för de tre provpunkterna.

Halterna av arsenik var låga i samtliga provpunkter redan innan efterbehandlingen och har vid Stollgången varierat mellan provtagningarna, medan de vid provpunkterna vid GV 6 och GV 17 har sjunkit.

Ingen provtagning på ytavrinning skedde 2013 och 2014. Enligt den första planeringen skulle endast två prov på ytavrinning tas, 2015 och 2020, eftersom projektet räknade med att avlägsnandet av gruvavfallet på berget kring Holländarefältet skulle leda till att halterna i ytavrinningen väldigt snabbt skulle avklinga. Provtagningen 2015 visade att det var högre metallhalter i det avrinnande ytvattnet än förväntat varför provtagning skett varje år sedan dess för att följa haltutvecklingen.

Tabell 2. Halter i ytavrinning vid Stollgången, jämförelse mellan resultat från Huvudstudie och Referensundersökning (n=2) med resultat från Efterkontrollen (n=6).

	Ytavrinning vid Stollgången			Efterkontroll		
	Huvudstudie och Referensundersökning (µg/l)			(µg/l)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
As	-	<1	0,575	0,262 ± 0,237	<0,05	0,59
Co	2415 ± 841	1820	3010	422 ± 141	290	604
Cu	6015 ± 2227	4440	7590	2913 ± 810	2040	3940
Pb	103 ± 14,8	92	113	55 ± 17,9	35,2	84,4
Zn	134 ± 24,7	116	151	49,5 ± 16,1	32,7	69,5



Diagram 2. Arsenik i ytavrinning vid Stollgången. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

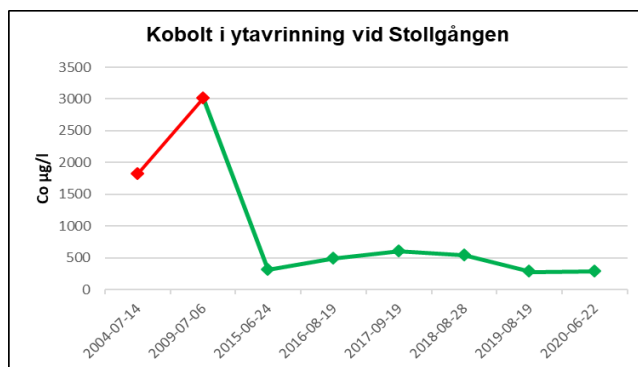


Diagram 3. Kobolt i ytavrinning vid Stollgången. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

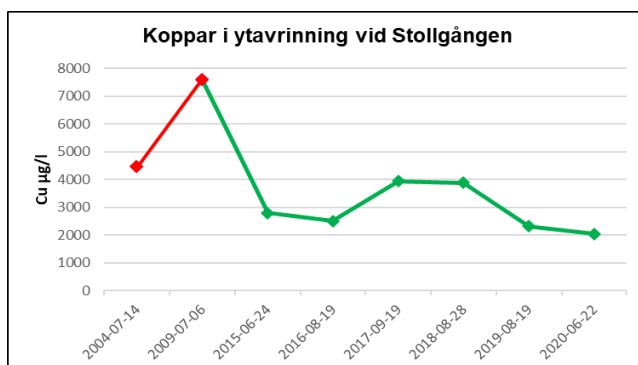


Diagram 4. Koppar i ytavrinning vid Stollgången. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

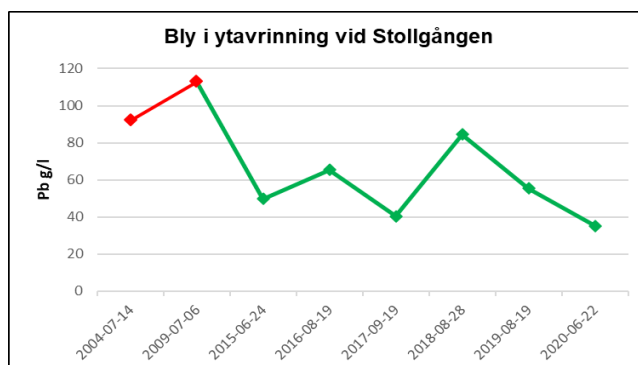


Diagram 5. Bly i ytavrinning vid Stollgången. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

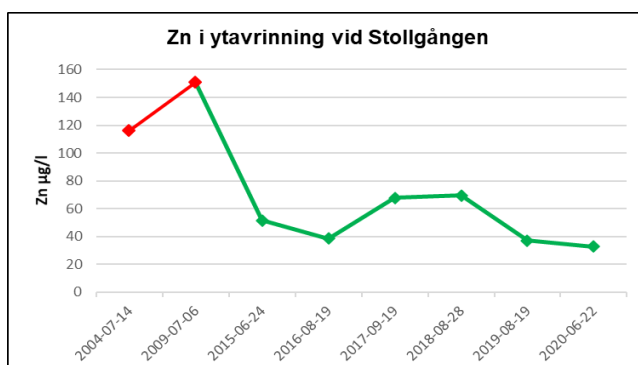


Diagram 6. Zink i ytavrinning vid Stollgången. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

Vid ytavrinningen vid Stollgången förefaller samtliga metaller utom arsenik ha en sjunkande trend jämfört med resultaten under Huvudstudie och Referensundersökningar. Arsenik fluktuerar mer men halterna är låga. Blyhalterna är fortfarande höga. Metallhalterna har fram till 2020 för arsenik sjunkit med 73 %, för kobolt med 88 %, för koppar med 66 %, för bly med 66 % och för zink med 75 % jämfört med medelvärdet för provtagningarna under Huvudstudie och referensundersökningar.

Tabell 3. Halter i ytavrinning vid GV 6, jämförelse mellan resultat från Huvudstudie och Referensundersökning (n=2) med resultat från Efterkontrollen (n=6).

Ytavrinning vid GV 6	Huvudstudie och Referensundersökning (µg/l)			Efterkontroll (µg/l)		
As	-	<5	1,09	0,235 ± 0,101	<0,2	0,306
Co	9600 ± 2404	7900	11 300	1302 ± 220	930	1550
Cu	20 900 ± 2687	19 000	22 800	9113 ± 984	6060	11 600
Pb	201 ± 88,4	138	263	66,2 ± 9,43	57,2	83,2
Zn	222 ± 17,0	210	234	82,9 ± 15,4	60	106



Diagram 7. Arsenik i ytavrinning vid GV 6. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

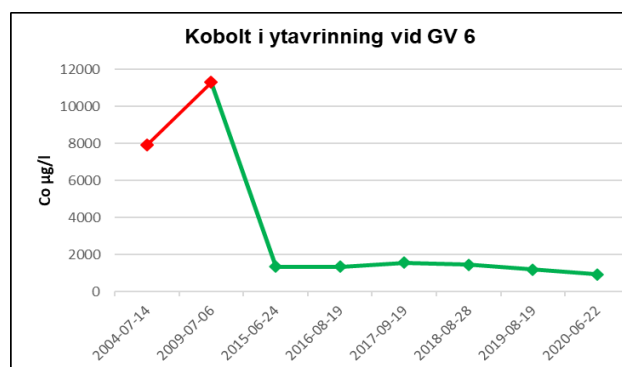


Diagram 8. Kobolt i ytavrinning vid GV 6. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

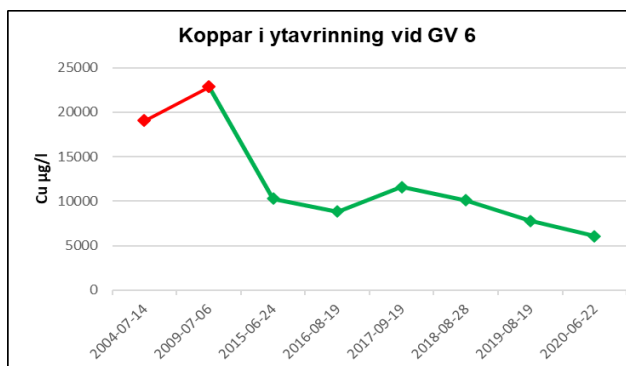


Diagram 9. Koppar i ytavrinning vid GV 6. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

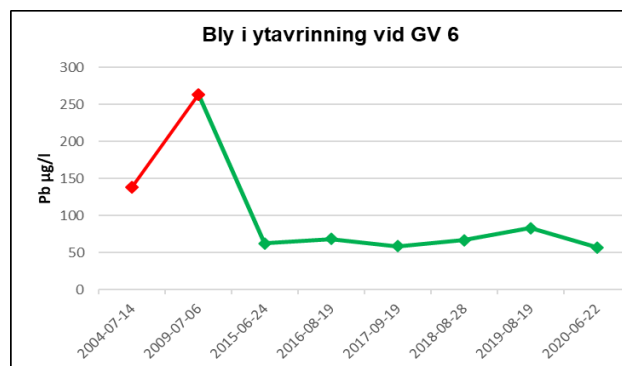


Diagram 10. Bly i ytavrinning vid GV 6. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

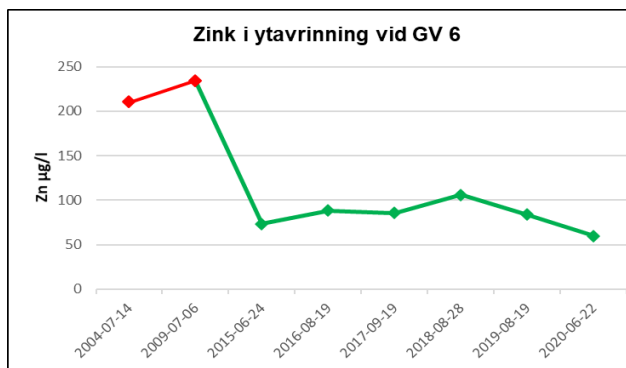


Diagram 11. Zink i ytavrinning vid GV 6. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

I den ytavrinning som provtas vid GV 6 har samtliga metallhalter sjunkit jämfört med resultaten från Huvudstudie och Referensundersökningar. Koppar- och blyhalterna måste fortfarande anses mycket höga. Kobolt- och blyhalterna förefaller ha planat ut något, annars är trenden fortsatt positiv. Metallhalterna har fram till 2019 (2020 var värdet under rapporteringsgräns, <math><0,2 \mu\text{g/l}</math>) för arsenik sjunkit med 72 %, och fram till 2020 för kobolt sjunkit med 88 %, för koppar med 63 %, för bly med 59 % och för zink med 62 % jämfört med medelvärdet för provtagningarna under Huvudstudie och referensundersökningar.

Tabell 4. Halter i ytavrinning vid GV 17, jämförelse mellan resultat från Huvudstudie och Referensundersökning (n=2) med resultat från Efterkontrollen (n=6).

Ytavrinning vid GV 17	Huvudstudie och Referensundersökning ($\mu\text{g/l}$)			Efterkontroll ($\mu\text{g/l}$)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
As	-	<math><1</math>	0,785	$0,15 \pm 0,036$	<math><0,1</math>	0,188
Co	2315 ± 587	1900	2730	604 ± 98	500	772
Cu	7485 ± 912	6840	8130	3557 ± 1110	2140	5540
Pb	$42,3 \pm 11,0$	34,5	50,1	$15,0 \pm 4,83$	8,21	20,7
Zn	$91,2 \pm 5,30$	87,4	94,9	$46,4 \pm 8,82$	33,0	58,2



Diagram 12. Arsenik i ytavrinning vid GV 17. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

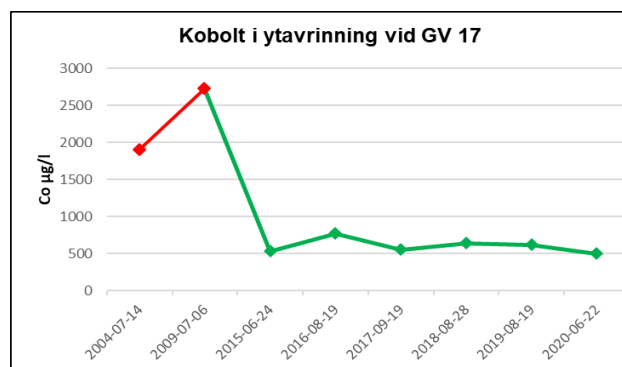


Diagram 13. Kobolt i ytavrinning vid GV 17. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

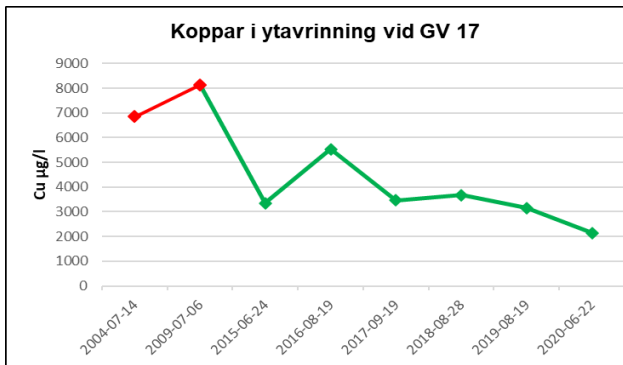


Diagram 14. Koppars i ytavrinning vid GV 17. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

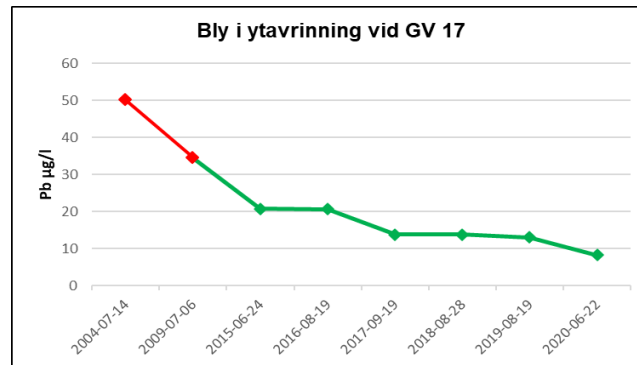


Diagram 15. Bly i ytavrinning vid GV 17. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

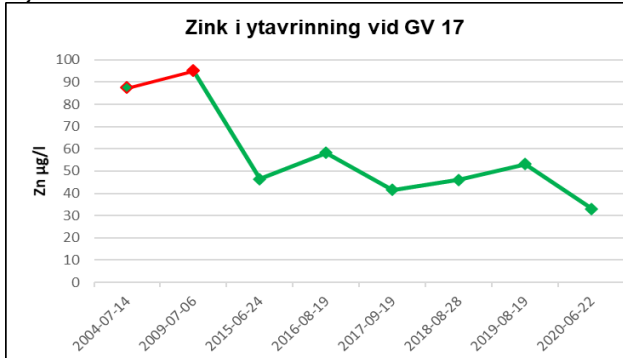


Diagram 16. Zink i ytavrinning vid GV 17. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

Även i ytavrinningen vid GV 17 har metallhalterna sjunkit jämfört med Huvudstudie och Referensundersökningar. Kobolthalterna förefaller ha planat ut medan trenden är positiv med minskande halter för de övriga metallerna. Metallhalterna har fram till 2019 (2020 var värdet under rapporteringsgräns, <math><0,2 \mu\text{g/l}</math>) för arsenik sjunkit med 76 %, och fram till 2020 för kobolt sjunkit med 78 %, för koppars med 71 %, för bly med 81 % och för zink med 64 % jämfört med medelvärdet för provtagningarna under Huvudstudie och referensundersökningar.

Eriks hög, den sparade varpen

Provtagning av lakvatten sker för att kontrollera belastningen av metaller som lakas ut från Eriks hög, den sparade varpen som kvarlämnades vid efterbehandlingen.

De inledande provtagningsresultaten visade att varpen i Eriks hög i förhållande till sin volym läckte väldigt mycket metaller. 2014 var det beräknade läckaget så högt att det ensamt var högre (45,8 kg Cu) än projektets åtgärds mål på max 43 kg Cu/år (en minskning med 90 % jämfört med beräknad utlakning före efterbehandlingen) i utlakning från gruvområdet till Tjursbosjön.

I början av juni 2017 injekterades Eriks hög med grönlutslam i ett försök att minska utlakningen. Detta lyckades mycket bra och sedan 2017 har utlakningen minskat kraftigt, utom för arsenik som har ökat.

Provtagning av lakvattnet har skett 1 gång/kvartal i utloppsbrunnen.

Resultat, lakvattenprovtagning vid Eriks hög

Injekteringen av grönslutslam i Eriks hög ledde efter en tid till dramatiskt minskade metallhalter i lakvattnet från Eriks hög, utom för arsenikhalten som ökade. Detta var inte oväntat med tanke på att arseniks rörlighet gynnas av högt pH.

Eftersom metallhalterna i lakvattnet från Eriks hög har förändrats så kraftigt över tid redovisas siffrorna år för år för denna provpunkt.

Tabell 5. Medelvärde i lakvatten från Eriks hög (µg/l)

Lakvatten från Eriks hög (µg/l)					
	As	Co	Cu	Pb	Zn
2013	<LOQ ¹	23 500 ± 8 475	96 125 ± 25 677	264 ± 85	1173 ± 392
2014	<LOQ ¹	23 375 ± 4 429	113 250 ± 9 323	347 ± 64	1273 ± 233
2015	<LOQ ¹	18 400 ± 7 070	93 550 ± 14 579	181 ± 71	883 ± 118
2016	<LOQ ¹	18 325 ± 8 788	92 975 ± 33 319	227 ± 112	974 ± 411
2017	166 ± 227	4 273 ± 2 894	27 498 ± 27 101	278 ± 425	228 ± 250
2018	27 ± 19	2 260 ± 1 284	3 980 ± 2 789	3,84 ± 3,38	65 ± 40
2019	32 ± 13	1 522 ± 807	1 940 ± 512	2,15 ± 1,27	45 ± 16
2020	27 ± 15	1 526 ± 549	1 955 ± 592	1,02 ± 0,30	40 ± 19

¹⁾ Kvantifieringsgränsen (LOQ) för arsenik varierade prov för prov mellan 0,3–7 µg/l under 2013–2016 då de mycket höga halterna av andra metaller gjorde proven svåranalyserade.

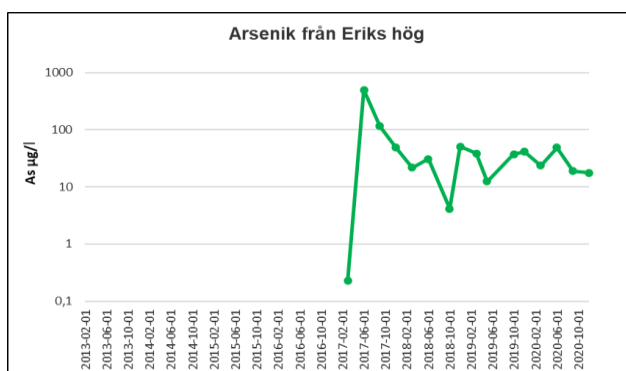


Diagram 17. Arsenik i lakvatten från Eriks hög. Observera att skalan är logaritmisk. Före 2017-03-24 låg As under rapporteringsgräns.

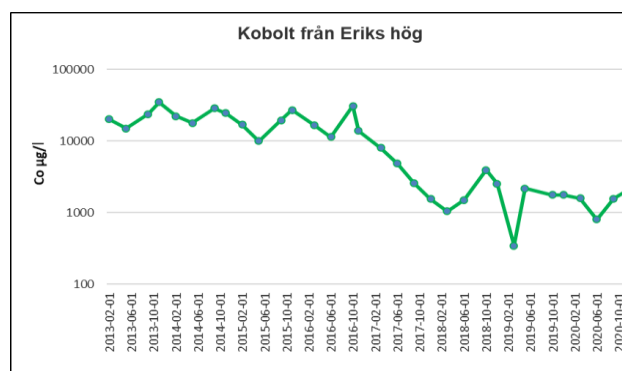


Diagram 18. Kobolt i lakvatten från Eriks hög. Observera att skalan är logaritmisk.

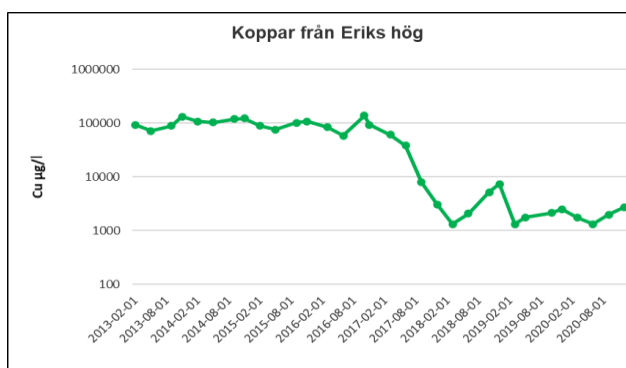


Diagram 19. Koppar i lakvatten från Eriks hög. Observera att skalan är logaritmisk.

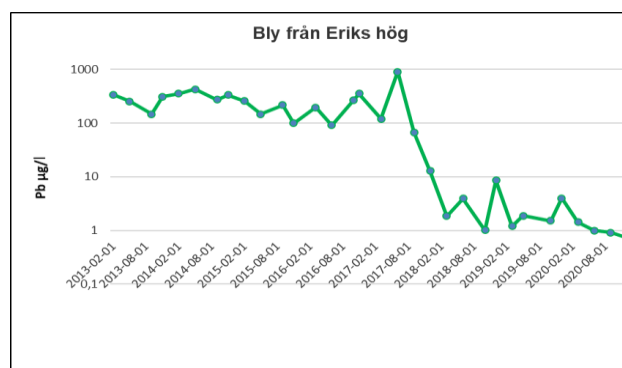


Diagram 20. Bly i lakvatten från Eriks hög. Observera att skalan är logaritmisk.

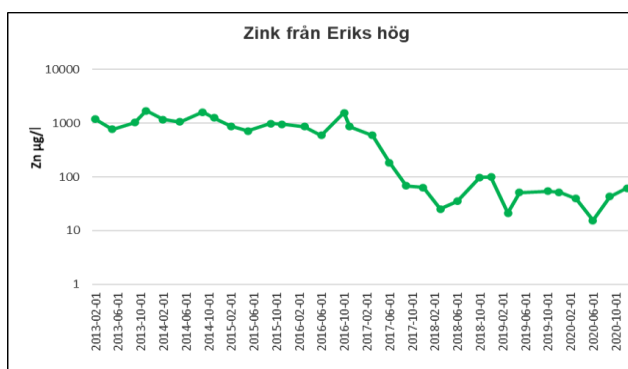


Diagram 21. Zink i lakvatten från Eriks hög. Observera att skalan är logaritmisk.

Den enda metallen som visar en ökning är arsenik, som före injekteringen av grönlutslam låg under (en förhöjd) kvantifieringsgräns vid alla provtagningar och som vid provtagningen i december 2020 låg på 18 µg/l. Kobolt har fram till 2020 minskat med 92 %, koppar med 98 %, bly med 99,6 % och zink med 96,2 % jämfört med uppmätta medelhalter 2013 – 2016.

Trenden är positiv för alla metaller, även arsenik minskar, och halterna kan förväntas sjunka ytterligare.

Så småningom kommer effekten av grönlutslammet att avta och då kommer metallhalterna åter att öka i lakvattnet. Bergskraft Sweden AB räknar med att detta inte inträffar förrän om ca 3–400 år.

Grundvattenprovtagning och Sohlbergsbäcken

Provtagning av grundvatten sker för att kontrollera grundvattennivån i området samt följa metallhalterna i grundvattnet för att se effekterna av efterbehandlingen och beräkna tillförseln av metaller från gruvområdet till Tjursbosjön denna väg.

Provtagning i Sohlbergsbäcken sker för att följa utvecklingen av metallhalterna i det ytligt avrinnande vattnet från Sohlbergsfältet sedan det efterbehandlades.

Grundvattenrören har installerats vid olika tidpunkter och har därför olika långa mätserier. GV 1–11 installerades hösten 2001 inför den Utökade förstudien, GV 14 – 17 hösten 2003 inför Huvudstudien och GV 26 – 29 efter efterbehandlingen 2012.

De grundvattenrör i vilka provtagning av metaller sker är på Holländarefältet GV 3, 6, 8, 9, 11, 17, 26, 28, 29 och 30 och på Sohlbergsfältet GV 14, 15 och 16. Vid Sohlbergsfältet provtas även Sohlbergsbäcken om den är vattenförande. Därutöver mäts endast grundvattenytans nivå i GV 1, 18 och 19. För provpunkternas placering se karta 6 och 7.

Inledningsvis, 2013–2015, gjordes två provtagningar per år på grundvattnet. De resultat som då framkom gjorde att provtagningsprogrammet reviderades till att endast en provtagning per år skulle ske och i stället skulle provtagningarna utsträckas längre i tid (från tidigare planerat 2022 till 2032). Anledningen till detta var att analyserna visade att förändringar i grundvattnets metallhalt verkade ske så långsamt att det inte bedömdes meningsfullt att följa haltutvecklingen var sjätte månad. Från och med 2016 har alltså endast en provtagning per år genomförts.

Resultat, mätningar av grundvattenyta

Antalet mätningar av grundvattenytan före efterbehandlingen är för GV 1, 3, 6, 8, 9 och 11 n=85, för GV 14, 15, 16 och 17 och 18 n=16, samt för GV 19 n=2. För GV 26–30 saknas jämfördata eftersom de inte etablerades förrän efter genomförd efterbehandling och inte står på platser som gör jämförelser med tidigare rör realistiska.

Antal mätningar efter efterbehandlingen är n=11 för alla rör utom för rören GV 15 (n=10), GV 16 (n=9) och GV 19 (n=1) då de var torra vid en del mätningar, GV 19 var som tidigare torrt vid i princip alla mätningar. Det lägre antalet mätningar vid efterkontrollen gör att resultaten bör tolkas med viss försiktighet, framförallt vid fluktuerande halter.

Holländarefältet

Det kan konstateras att det inte går att dra några generella slutsatser om förändringarna i grundvattenytans nivå över ytan vid Holländarefältet. GV 1, 6, 9 och 11 uppvisar alla en vattennivå ungefär som före efterbehandlingen. I GV 3 och 17 är vattennivån generellt lägre under efterkontrollen än tidigare. I GV 8 ser det ut att kunna finnas en tendens till ökande vattennivå men det är väl tidigt att säga än. Endast GV 18 uppvisar generellt en högre grundvattennivå än tidigare. Se diagram 22 – 33.

Sohlbergsfältet

Vid Sohlbergsfältet syns tydliga förändringar i avrinningen från området efter efterbehandlingen jämfört med Huvudstudien.

Det skedde en relativt stor avverkning av det tidigare trädbevuxna Sohlbergsfältet i samband med efterbehandlingen, se bild 1 och 2 nedan. Även vegetationstäckets måste till stor del avlägsnas då gruvavfallet omhändertogs. Det finns därmed numera betydligt färre träd och vegetation som kvarhåller och tar upp nederbörden. Detta ser ut att ha lett till att en större del av nederbörden avrinner mer direkt från Sohlbergsfältet i samband med nederbörd, förmodligen sker avrinningen även hastigare än tidigare. Detta har lett till större fluktuationer i grundvattenytans läge och snabbare uttorkning av de högre belägna delarna av fältet under torrperioder.



Bild 1 och 2. Jämförelse mellan Sohlbergsfältet 2007-04-20 före efterbehandlingen till vänster, samt

samma vy 2011-04-28 då efterbehandlingsåtgärderna var klara till höger.

GV 14 uppvisar en klart högre grundvattenyta och större grundvattenfluktuationer än före efterbehandlingen medan GV 15 och 16 som står högre upp mot gruvfältet uppvisar större fluktuationer av grundvattenytans läge än tidigare och oftare är torra. GV 14 är lägre beläget i förlängningen av den dalgång mot vilken vattnet från Sohlbergfältet avrinner och det är därför naturligt att grundvattenytan blir högre där om avrinningen ökat.

Se diagram 35 där jämförelse mellan grundvattennivå och nederbörd under 14 dagar före mätningen i GV 14 tydligt visar dels att grundvattennivån efter efterbehandlingen har höjts, dels att fluktuationerna ökat då vegetationens dämpande och utjämnande effekt på nederbördens transformation från yt- till grundvatten inte längre finns.

Se även jämförelsen mellan Ekenässjöns utlopp och Kyrksjöns inlopp, då det i samband med nederbörd avrinnande vattnet från Sohlbergfältet verkar ge ett tydligare påslag av metaller på Sundsholmsbäcken mellan sjöarna vilket ökat metallhalterna vid Kyrksjöns inlopp efter efterbehandlingen, se diagram 157 - 161.

Tabell 6. Mätresultat grundvattenyta

Grundvattenyta	Utökade förstudien och Huvudstudien			Efterkontroll		
	RH70 (m)			RH70 (m)		
GV-rör	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
GV 1	68,43 ± 0,37	67,70	69,27	68,70 ± 0,26	68,30	69,05
GV 3	52,56 ± 0,16	52,20	52,88	52,17 ± 0,26	51,77	52,56
GV 6	56,58 ± 0,45	54,85	57,06	56,56 ± 0,17	56,34	56,81
GV 8	54,94 ± 0,63	54,32	56,96	55,41 ± 0,87	54,55	57,05
GV 9	56,21 ± 1,18	54,42	58,34	56,25 ± 0,96	55,33	57,97
GV 11	54,76 ± 0,35	54,09	55,71	54,96 ± 0,32	54,50	55,57
GV 14	60,43 ± 0,10	60,23	60,69	61,12 ± 0,31	60,60	61,51
GV 15	65,55 ± 0,28	64,82	65,93	65,85 ± 0,37	torrt	66,28
GV 16	70,06 ± 0,27	69,64	70,47	70,92 ± 0,30	torrt	71,25
GV 17	59,10 ± 0,07	58,97	59,23	58,97 ± 0,18	58,57	59,19
GV 18	55,20 ± 0,15	55,10	55,71	55,66 ± 0,03	55,60	55,71
GV 19	62,49 ± 1,00	torrt	63,20	-	torrt	62,37
GV 26	Ej etablerat			55,05 ± 0,45	54,21	55,58
GV 28	Ej etablerat			52,59 ± 0,44	51,60	53,27
GV 29	Ej etablerat			52,29 ± 0,35	51,83	53,10
GV 30	Ej etablerat			52,25 ± 0,21	51,95	52,62

Grundvattenytans läge vid Holländarefältet

Se karta 6 för rörens placering.

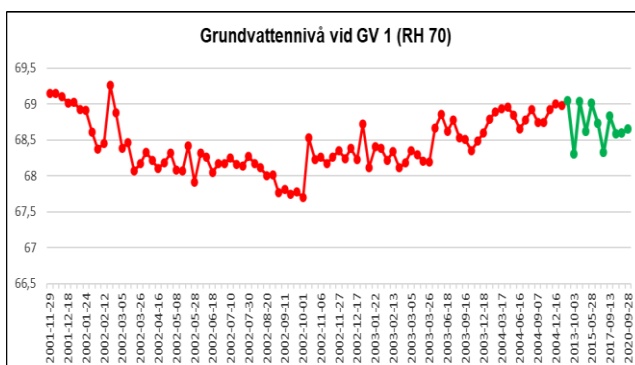


Diagram 22. Grundvattenytans läge, GV 1. Röd linje markerar grundvattenytans läge under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattenytans läge under Efterkontrollen.

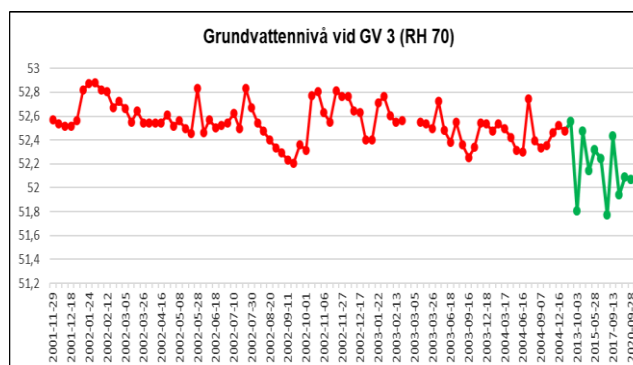


Diagram 23. Grundvattenytans läge, GV 3. Röd linje markerar grundvattenytans läge under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattenytans läge under Efterkontrollen.

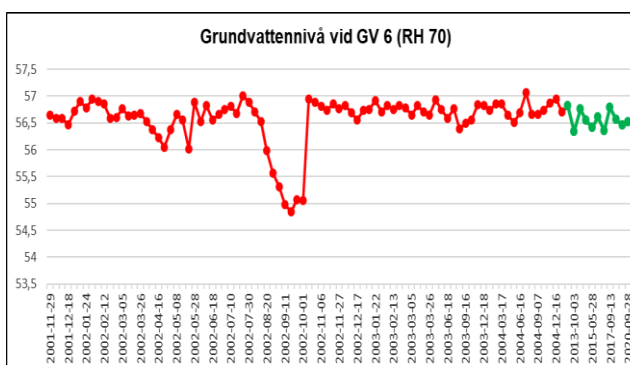


Diagram 24. Grundvattenytans läge, GV 6. Röd linje markerar grundvattenytans läge under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattenytans läge under Efterkontrollen.

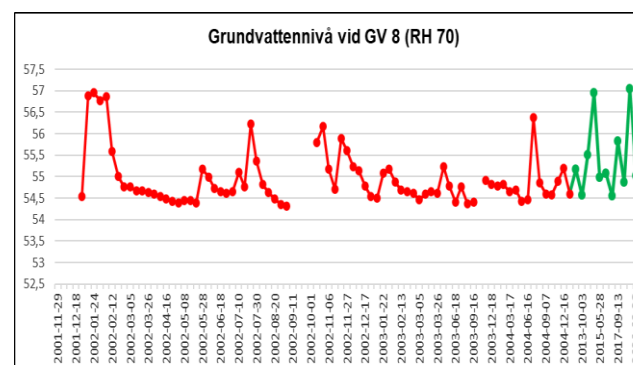


Diagram 25. Grundvattenytans läge, GV 8. Röd linje markerar grundvattenytans läge under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattenytans läge under Efterkontrollen.

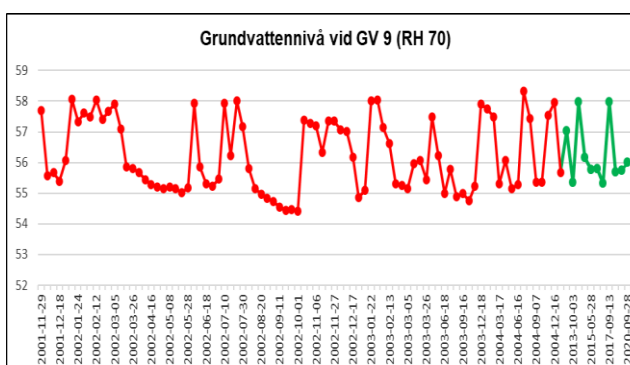


Diagram 26. Grundvattenytans läge, GV 9. Röd linje markerar grundvattenytans läge under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattenytans läge under Efterkontrollen.

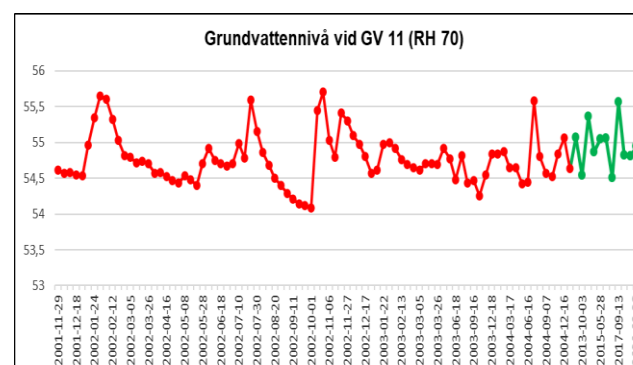


Diagram 27. Grundvattenytans läge, GV 11. Röd linje markerar grundvattenytans läge under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattenytans läge under Efterkontrollen.

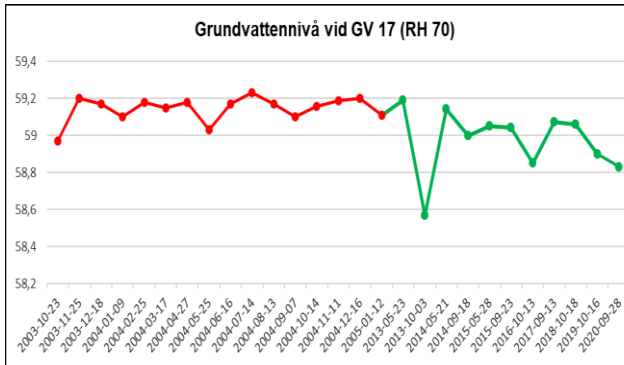


Diagram 28. Grundvattentytans läge, GV 17. Röd linje markerar grundvattennivå under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattennivå under Efterkontrollen.

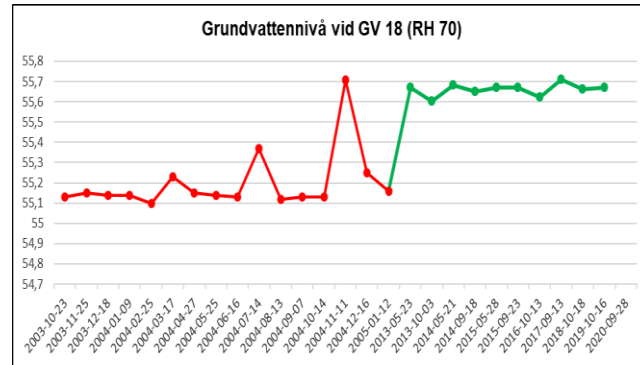


Diagram 29. Grundvattentytans läge, GV 18. Röd linje markerar grundvattennivå under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattennivå under Efterkontrollen.

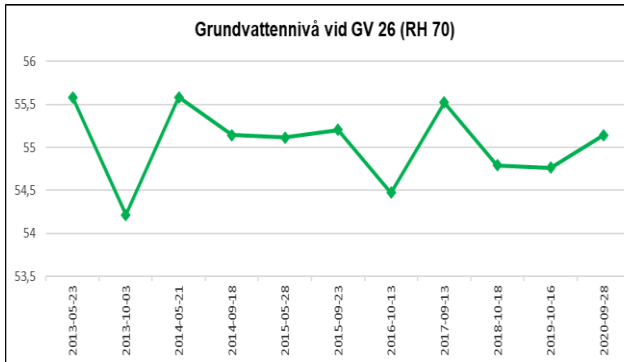


Diagram 30. Grundvattentytans läge, GV 26. Endast mätningar under Efterkontrollen.

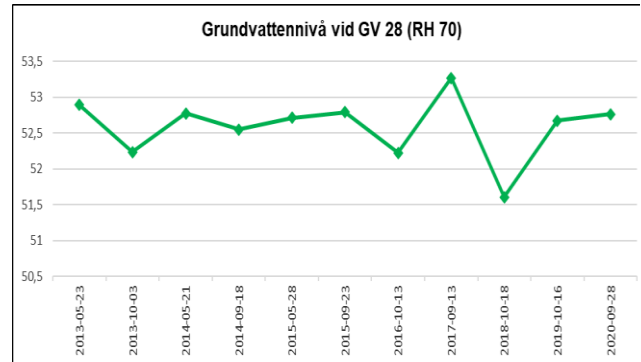


Diagram 31. Grundvattentytans läge, GV 28. Endast mätningar under Efterkontrollen.

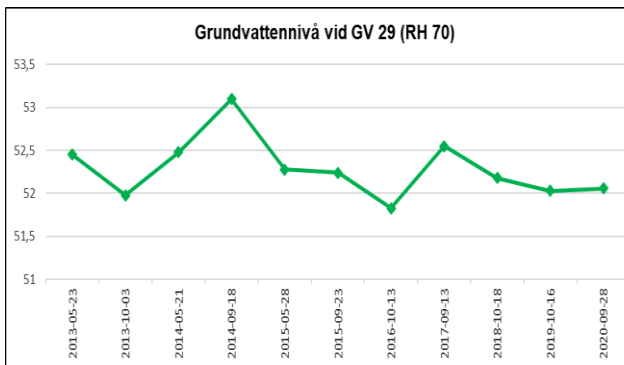


Diagram 32. Grundvattentytans läge, GV 29. Endast mätningar under Efterkontrollen.

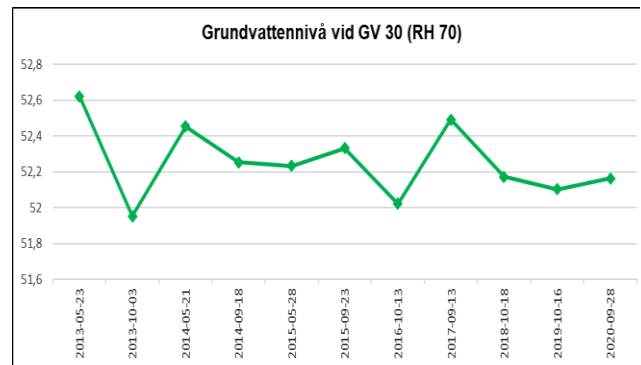


Diagram 33. Grundvattentytans läge, GV 30. Endast mätningar under Efterkontrollen.

Grundvattentytans läge vid Sohlbergsfältet

Se karta 7 för grundvattenrörens placering.

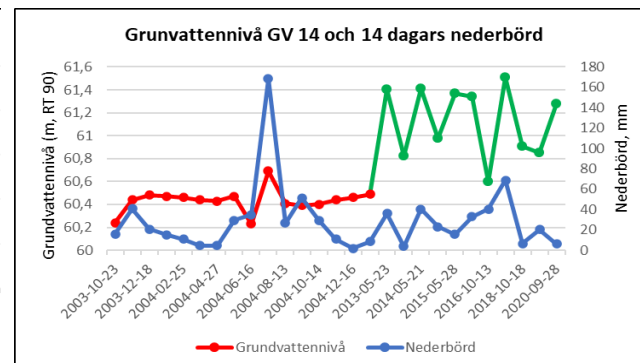
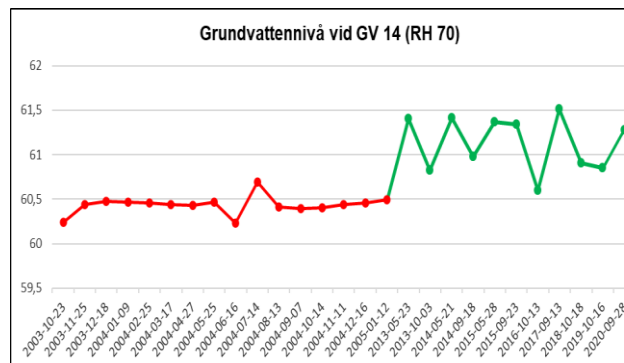


Diagram 34. Grundvattenytans läge, GV 14. Röd linje markerar grundvattennivå under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattennivå under Efterkontrollen.

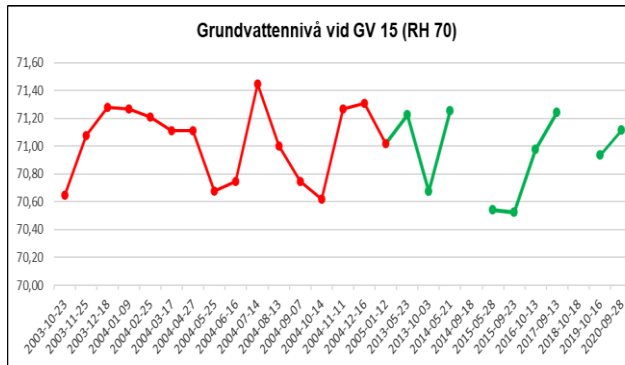


Diagram 36. Grundvattenytans läge, GV 15. Röd linje markerar grundvattennivå under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattennivå under Efterkontrollen.

Diagram 35. Grundvattenytans läge, GV 14 jämfört med nederbörd (mm) under de närmaste 14 dagarna före mätning. Röd linje markerar grundvattennivå under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattennivå under Efterkontrollen.

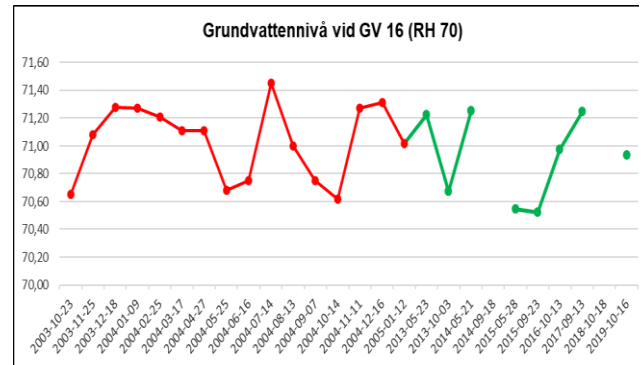


Diagram 37. Grundvattenytans läge, GV 16. Röd linje markerar grundvattennivå under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är grundvattennivå under Efterkontrollen.

Metallhalt i grundvattenrören och Sohlbergsbäcken

Grundvattenrören har installerats vid olika tidpunkter och har därför olika långa mätserier. GV 1–11 installerades inför den Utökade förstudien 2001, GV 14 – 17 inför Huvudstudien 2003 och GV 26 – 29 efter efterbehandlingen 2012.

Antalet prov före efterbehandlingen är för GV 6 och 9 n=14, för GV 8 n=13, för GV 3 och 11 n=15, för GV 14, 15, 16 och 17 n=5, samt för GV 19 n=2.

För GV 26–30 saknas jämfördata då de installerades efter efterbehandlingen. Dessa jämförs istället med halter i de rör de ersatt respektive Stollgången. Denna jämförelse är ganska grovhuggen men ger en viss fingervisning om vilka halter som tidigare analyserades i närliggande rör samt det ur Stollgången uttrinnande vattnet från gruvan.

SGU:s rapport 2013:01 innehåller tillståndsklassning och påverkansbedömning för grundvatten, från vilka följande värden är hämtade:

Tabell 7. SGU:s tillståndsklassning för grundvatten

Tillståndsklassning för metaller i grundvatten					
(µg/l)	Mycket låg halt	Låg halt	Måttlig halt	Hög halt	Mycket hög halt
Arsenik	<1	1–2	2–5	5–10	>10
Kobolt	Bedömning saknas				
Koppar	<20	20–200	200–1000	1000–2000	>2000
Bly	<0,5	0,5–1	1–2	2–10	>10
Zink	<5	5–10	10–100	100–1000	>1000

Det kan konstateras att metallhalterna generellt är avtagande i grundvattnet vid Holländarefältet medan resultaten är mer svårtolkade vid Sohlbergsfältet. Utvecklingen varierar mellan de olika grundvattenrören, se mer nedan.

Holländarefältet

Vid Holländarefältet har, jämfört med resultaten från före efterbehandlingen, som medelvärde för alla grundvattenrör arsenik sjunkit från en redan tidigare låg nivå och låg vid provtagningen 2020 under rapporteringsgräns i samtliga grundvattenrör. Halterna av kobolt har sjunkit med ca 60 %, koppar med ca 43 %, bly med ca 42 % och zink med ca 16 %. Halterna av arsenik, kobolt och koppar har sjunkit i alla grundvattenrör, medan bly- och zinkhalterna har ökat i vissa grundvattenrör.

För resultat från de enskilda grundvattenrören, se diagram 36–87.

Sohlbergsfältet

Vid Sohlbergsfältet har GV 14 och 15 varit torra vid flera provtagningar och färre analyser gör resultaten svårtolkade. Under Huvudstudien syntes en tydlig gradient med högst halter av koppar, bly och zink i GV 16 närmast gruvfältet och lägst halter i GV 14 längst från gruvfältet. Denna gradient ser likadan ut i resultaten fram till 2020. Den enda tydliga urskiljbara trenden är att arsenik- och zinkhalten har ökat i GV 16 närmast gruvfältet efter efterbehandlingen.

Sohlbergsbäcken har varit uttorkad vid flera provtagningstillfällen. I de fåtal prover som finns ses inga skillnader i metallhalter mot före efterbehandlingen. Se diagram 103–107.

För resultat från de enskilda grundvattenrören, se diagram 88–102.

Resultat, mätningar av metallhalt i grundvatten

Arsenik

Holländarefältet

Arsenik förekommer endast i mycket låga – låga halter i grundvatten i området utifrån SGU:s tillståndsklassning för grundvatten, se tabell 7. Vid många provtagningar har halten legat under rapporteringsgräns varför det i vissa grundvattenrör inte finns några medelvärden att presentera. De rör som installerades efter efterbehandlingen (GV 26 – 30) uppvisar med undantag för GV 30 högre arsenikhalter än de äldre rören. Se vidare kommentarer under respektive grundvattenrör nedan.

Sohlbergsfältet

Arsenik förekommer endast i mycket låga – låga halter i grundvatten vid Sohlbergsfältet utifrån SGU:s tillståndsklassning för grundvatten, se tabell 7. Se vidare kommentarer under respektive grundvattenrör nedan.

Tabell 8. Arsenikhalter i grundvatten

Arsenik i grundvattenrören						
Provpunkt	Huvudstudie (µg/l)			Efterkontroll (µg/l)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max

GV 3	0,277 ± 0,17	<0,05	0,694	0,340 ± 0,45	<0,05	1,02
GV 6	1,62 ± 1,77	<0,05	3,62	-	<0,05	0,21
GV 8	0,43 ± 0,30	<0,05	0,834	-	<0,05	0,108
GV 9	0,28 ± 0,20	<0,05	0,877	0,14 ± 0,06	<0,05	0,19
GV 11	0,458 ± 0,358	<0,05	1,06	-	<0,05	0,052
GV 14	0,241 ± 0,232	<0,05	0,50	0,07 ± 0,03	<0,05	0,10
GV 15	0,361 ± 0,344	<0,05	0,60	0,07 ± 0,001	<0,05	0,075
GV 16	0,056	<0,05	0,056	0,65 ± 0,51	0,11	1,36
GV 17	0,81 ± 0,64	<0,05	1,75	0,17 ± 0,08	<0,1	0,25
GV 26*	0,277 ± 0,17	<0,05	0,694	1,56 ± 0,48	0,84	2,11
GV 28*	0,225 ± 0,336	<0,05	1,63	1,41 ± 0,74	0,34	2,48
GV 29*	0,225 ± 0,336	<0,05	1,63	2,01 ± 1,42	0,16	3,94
GV 30*	0,64 ± 0,563	<0,05	2,05	0,13 ± 0,01	<0,05	0,14

*Anmärkning: GV 26 jämförs när det gäller metallhalter med GV 3 (n=15) som är det närmaste under efterbehandlingen avlägsnade röret. GV 28 och 29 jämförs när det gäller metallhalter med den vid efterbehandlingen igengjutna Stollgången (n=58). GV 30 jämförs när det gäller metallhalter med GV 5 (n=15) som avlägsnades under efterbehandlingen.

Kobolt

Kobolt är en metall som normalt förekommer i så låga halter i grundvatten att den saknar miljömässiga bedömningsgrunder. Under Huvudstudien sattes ett referensrör i kvartsitberggrunden utanför den mineraliserade zonen (GV 13) vars kobolthalt kan få anses representera lokal bakgrundshalt av kobolt i grundvatten. Medelhalten i GV 13 (n=5) var $0,915 \pm 0,43 \mu\text{g/l}$ med en högsta uppmätta halt på $1,59 \mu\text{g/l}$. Se vidare Huvudstudien delrapport 2004:05, Resultat från miljökontroll samt karta 8.

Holländarefältet

Kobolthalterna i de äldre rören på Holländarefältet (GV 3–11 samt 17) har sedan efterbehandlingen sjunkit i alla grundvattenrör utom GV 9, där de är relativt oförändrade. Se vidare kommentarer under respektive grundvattenrör nedan.

Sohlbergfältet

Kobolthalterna förefaller i grundvattenrören vid Sohlbergfältet överlag vara relativt oförändrade. En enstaka hög halt i GV 14 ger högt medelvärde. Vid flera provtagningar har GV 15 och 16 inte innehållit tillräckligt med vatten för provtagning vilket gör resultaten svårtolkade. Se vidare kommentarer under respektive grundvattenrör nedan.

Tabell 9. Kobolthalter i grundvatten

Provpunkt	Huvudstudie ($\mu\text{g/l}$)			Efterkontroll ($\mu\text{g/l}$)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
GV 3	1309 ± 121	1140	1500	549 ± 91	423	723
GV 6	6377 ± 1864	1380	9070	2133 ± 822	1240	3920
GV 8	$595 \pm 99,8$	337	707	668 ± 222	321	983
GV 9	720 ± 550	11,3	1990	645 ± 473	259	1570
GV 11	1848 ± 193	1510	2220	1207 ± 228	832	1470
GV 14	$8,74 \pm 2,47$	6,18	11,8	$22,6 \pm 30$	3,38	109
GV 15	$36,7 \pm 3,45$	34,4	42,7	$40,1 \pm 6,46$	30,1	47
GV 16	$16,8 \pm 13,4$	2,59	34,5	$21,9 \pm 2,59$	19,0	24,7
GV 17	2222 ± 330	1810	2660	1057 ± 445	606	1910
GV 26*	1309 ± 121	1140	1500	$10,0 \pm 24,6$	0,31	83,8
GV 28*	$1097 \pm 78,5$	917	1280	$282 \pm 73,4$	114	370
GV 29*	$1097 \pm 78,5$	917	1280	$84,2 \pm 100$	2,51	257
GV 30*	2140 ± 262	1720	2730	121 ± 80	22,6	236

*Anmärkning: GV 26 jämförs när det gäller metallhalter med GV 3 (n=15) som avlägsnades under efterbehandlingen. GV 28 och 29 jämförs när det gäller metallhalter med den vid efterbehandlingen igengjutna Stollgången (n=58). GV 30 jämförs när det gäller metallhalter med GV 5 (n=15) som avlägsnades under efterbehandlingen.

Koppar

Holländarefältet

Kopparhalten är generellt måttligt – mycket hög utifrån SGU:s tillståndsklassning för grundvatten, se tabell 7. Vad gäller koppar i de äldre rören på Holländarefältet (GV 3–11 samt GV 17) har halterna generellt minskat med tiden efter efterbehandlingen. Se vidare kommentarer för respektive grundvattenrör nedan.

Sohlbergsfältet

Kopparhalten är låg – måttlig halt utifrån SGU:s tillståndsklassning för grundvatten, se tabell 7. Vad gäller koppar ses inga egentliga skillnader i jämförelse med halterna före efterbehandlingen, mer än att halterna förefaller fluktuera något mer. En enstaka hög halt i GV 15 ger högt medelvärde under Efterkontrollen. Se vidare kommentarer för respektive grundvattenrör nedan.

Tabell 10. Kopparhalter i grundvatten

Koppar i grundvattenrören						
	Huvudstudie (µg/l)			Efterkontroll (µg/l)		
Provpunkt	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
GV 3	2555±195	2300	2900	1427 ± 387	826	1950
GV 6	13 037 ± 6337	4430	23 700	10 709 ± 4533	6600	21 500
GV 8	2481 ± 287	1730	2790	3139 ± 695	2130	4620
GV 9	662 ± 1091	16,6	4140	758 ± 1277	44	3510
GV 11	6793 ± 475	5940	7580	5455 ± 776	4150	6420
GV 14	149 ± 71,1	67,9	221	178 ± 206	25,1	755
GV 15	523 ± 32,4	475	563	504 ± 71,4	399	626
GV 16	713 ± 267	321	921	731 ± 200	438	985
GV 17	7148 ± 1666	5150	9240	4205 ± 1090	270	6220
GV 26*	2555 ± 195	2300	2900	26,5 ± 74,6	0,45	251
GV 28*	6566 ± 394	5480	7340	11,6 ± 10,9	1,58	32,7
GV 29*	6566 ± 394	5480	7340	26,8 ± 41,3	1,15	141
GV 30*	6749 ± 1845	1022	8930	26,7 ± 16,8	8,08	61,5

*Anmärkning: GV 26 jämförs när det gäller metallhalter med GV 3 (n=15) som är det närmaste röret. GV 28 och 29 jämförs när det gäller metallhalter med den vid efterbehandlingen igengjutna Stollgången (n=58). GV 30 jämförs när det gäller metallhalter med GV 5 (n=15) som avlägsnades under efterbehandlingen.

Bly

Holländarefältet

Blyhalterna håller generellt mycket låga – måttligt hög halt i grundvattnet i Holländarefältet utifrån SGU:s tillståndsklassning för grundvatten, se tabell 7. GV 8 och GV 17 håller hög halt. I de äldre rören på Holländarefältet (GV 3–11 samt 17) har halterna generellt sjunkit efter efterbehandlingen, utom för GV 8 där halterna ökat efter efterbehandlingen och GV 17 där de är relativt oförändrade. Se vidare kommentarer under respektive grundvattenrör nedan.

Sohlbergsfältet

Blyhalterna håller mycket låga halter i grundvattnet utifrån SGU:s tillståndsklassning för grundvatten, se tabell 7. Inga tydliga trender går att se jämfört med resultaten från före efterbehandlingen. Se vidare kommentarer under respektive grundvattenrör nedan

Tabell 11. Blyhalter i grundvatten

Bly i grundvattenrören						
	Huvudstudie (µg/l)			Efterkontroll (µg/l)		
Provpunkt	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
GV 3	2,34 ± 2,48	0,726	10,1	0,60 ± 0,28	0,26	1,05
GV 6	0,249 ± 0,360	<0,01	1,45	0,30 ± 0,19	0,09	0,76
GV 8	1,64 ± 0,65	0,87	2,84	2,84 ± 0,70	2,15	4,68
GV 9	0,11 ± 0,17	0,013	0,587	0,04 ± 0,03	<0,01	0,08
GV 11	0,56 ± 0,46	0,136	1,97	0,18 ± 0,15	0,04	0,52
GV 14	0,085 ± 0,079	0,028	0,221	0,31 ± 0,56	0,02	1,92
GV 15	0,088 ± 0,073	0,035	0,216	0,12 ± 0,07	0,036	0,27
GV 16	0,30 ± 0,212	0,123	0,583	0,23 ± 0,16	0,109	0,512
GV 17	7,71 ± 9,07	1,1	21,3	6,82 ± 4,88	1,62	18,6
GV 26*	2,34 ± 2,48	0,726	10,1	0,031 ± 0,03	<0,01	0,102
GV 28*	388 ± 29,8	302	447	0,476 ± 0,47	0,027	1,19
GV 29*	388 ± 29,8	302	447	0,123 ± 0,16	<0,01	0,527
GV 30*	12,1 ± 6,85	1,99	24,4	0,053 ± 0,04	<0,01	0,112

*Anmärkning: GV 26 jämförs när det gäller metallhalter med GV 3 (n=15) som är det närmaste röret. GV 28 och 29 jämförs när det gäller metallhalter med den vid efterbehandlingen igengjutna Stollgången (n=58). GV 30 jämförs när det gäller metallhalter med GV 5 (n=15) som avlägsnades under efterbehandlingen.

Zink

Holländarefältet

Zinkhalterna i området håller måttlig – hög halt utifrån SGU:s tillståndsklassning för grundvatten, se tabell 7. Halterna av zink har både minskat, ökat och är oförändrade i de olika grundvattenrören efter efterbehandlingen jämfört med resultaten från Huvudstudien. Se vidare kommentarer under respektive grundvattenrör nedan.

Sohlbergsfältet

Zinkhalterna i området håller måttlig – hög halt utifrån SGU:s tillståndsklassning för grundvatten, se tabell 7. I alla tre grundvattenrören vid Sohlbergsfältet har zinkhalterna ökat efter efterbehandlingen jämfört med resultaten från Huvudstudien, mest i GV 16 närmast Sohlbergsfältet. Se vidare kommentarer under respektive grundvattenrör nedan.

Tabell 12. Zinkhalter i grundvatten

Zink i grundvattenrören						
	Huvudstudie (µg/l)			Efterkontroll (µg/l)		
Provpunkt	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
GV 3	94,1 ± 14,4	69,9	133	81,8 ± 49,5	33,4	206
GV 6	185,5 ± 67,6	9,4	310	99,9 ± 29,3	77,2	163
GV 8	68,2 ± 8,9	54,8	81,3	85,7 ± 21,7	49,8	126
GV 9	32,3 ± 27,3	3,3	113	31,9 ± 31,5	5,91	95,5
GV 11	118,1 ± 14,5	97,3	143	120 ± 22,6	87	153
GV 14	22 ± 9,8	12,3	34,9	50,5 ± 78,8	9,40	286
GV 15	39,7 ± 1,4	37,9	41	49,3 ± 11,4	32,8	70,4
GV 16	105 ± 56,4	21,3	145	322 ± 175	50,6	480
GV 17	99,3 ± 23,5	73,9	129	72,5 ± 23,9	50,0	120,0
GV 26*	94,1 ± 14,4	69,9	133	105 ± 266	0,70	900
GV 28*	237 ± 28,1	53,3	267	30,0 ± 26,2	4,15	79,2
GV 29*	237 ± 28,1	53,3	267	193 ± 314	1,51	890
GV 30*	96 ± 12	81,7	127	24,2 ± 13,7	8,25	58,8

*Anmärkning: GV 26 jämförs när det gäller metallhalter med GV 3 (n=15) som är det närmaste röret. GV 28 och 29 jämförs när det gäller metallhalter med den vid efterbehandlingen igengjutna Stollgången (n=58). GV 30 jämförs när det gäller metallhalter med GV 5 (n=15) som avlägsnades under efterbehandlingen.

Grundvattenrör vid Holländarefältet

Se karta 6 för rörens placering.

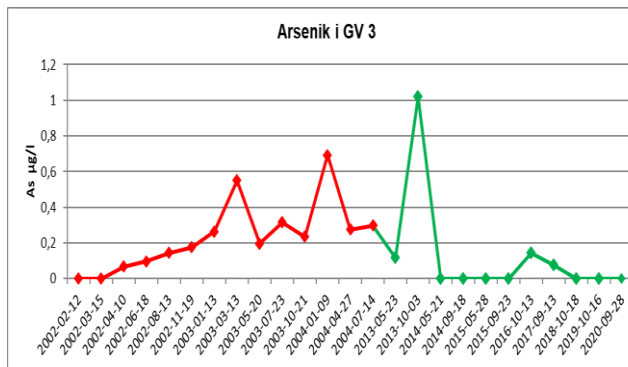


Diagram 38. Arsenikhalt i GV 3. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

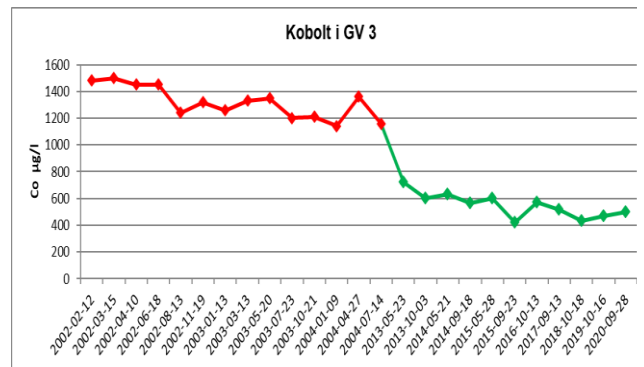


Diagram 39. Kobolthalt i GV 3. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

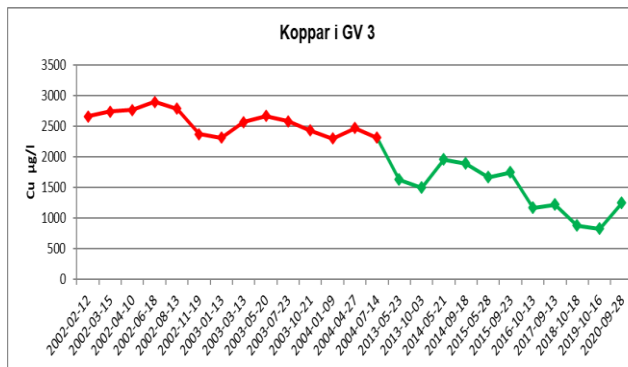


Diagram 40. Kopparhalt i GV 3. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

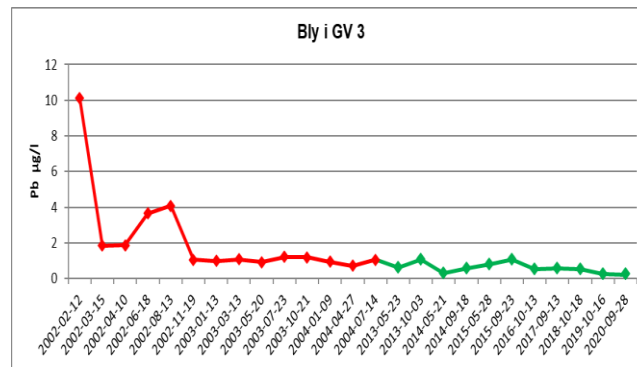


Diagram 41. Blyhalt i GV 3. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

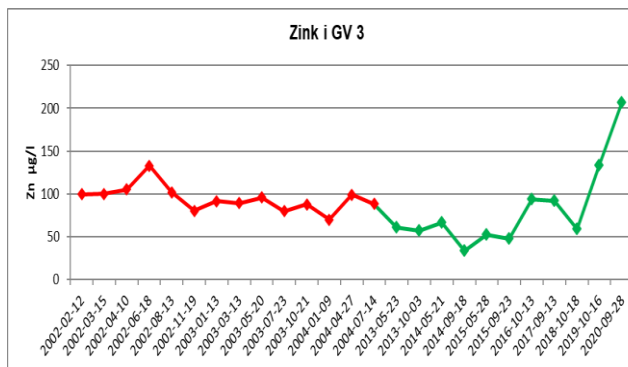


Diagram 42. Zinkhalt i GV 3. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

I GV 3 har alla metallhalter utom zink sjunkit sedan provtagningarna inleddes efter efterbehandlingen. Varför just zink ökat – från runt måttlig halt till hög halt – sedan 2016 är oklart.

Arsenikhalterna har alltid varit mycket låga-låga och har efter efterbehandlingen legat under rapporteringsgräns vid majoriteten av provtagningarna. Kobolthalten har som medelvärde av genomförda provtagningar fram till och med 2020 minskat med 58 %, kopparhalten med 44 %, blyhalten med 74 % och zinkhalten med 13 % jämfört med resultaten från efterbehandlingen.

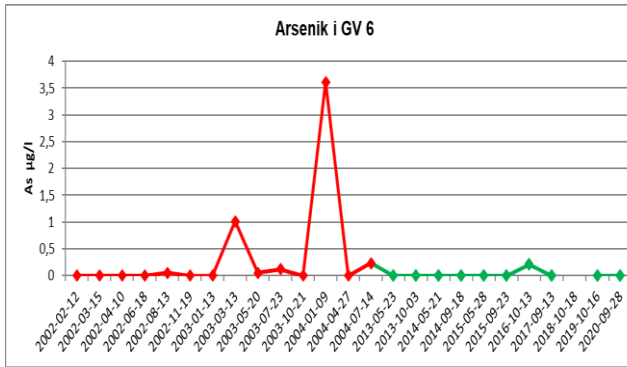


Diagram 43. Arsenikhalt i GV 6. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

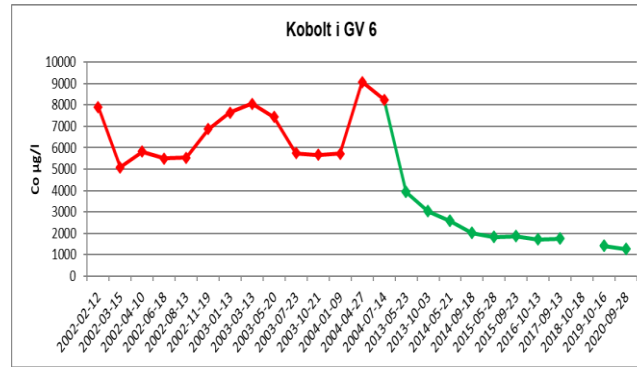


Diagram 44. Kobolthalt i GV 6. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

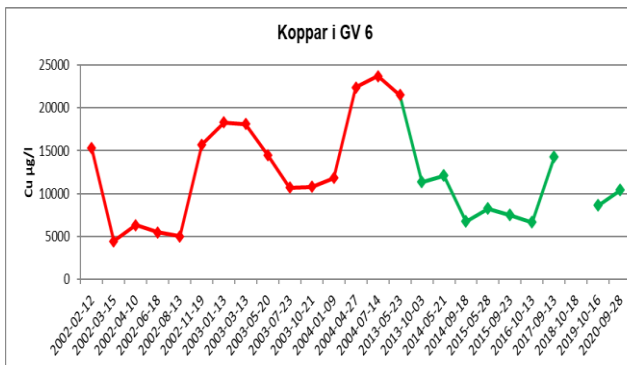


Diagram 45. Kopparhalt i GV 6. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

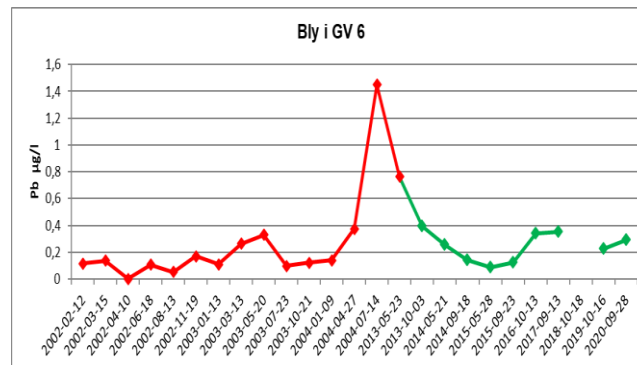


Diagram 46. Blyhalt i GV 6. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

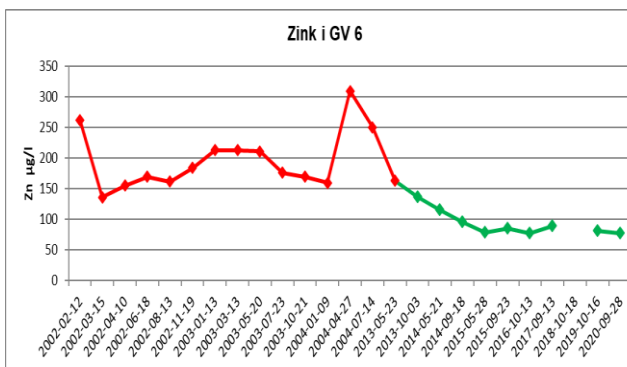


Diagram 47. Zinkhalt i GV 6. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

I GV 6 har halterna av kobolt och zink sjunkit sedan provtagningarna inleddes efter efterbehandlingen. Arsenik har alltid varit lågt med undantag för vid en provtagning i januari 2004 då halten var måttligt hög. Halterna av koppar har inte uppvisat någon riktig trend, de ligger i snitt ungefär som tidigare. Halterna av bly är låga men har ändå ökat något sedan efterbehandlingen.

Arsenikhalterna efter efterbehandlingen legat under rapporteringsgräns vid alla provtagningar utom en. Kobolthalten har som medelvärde av genomförda provtagningar fram till och med 2020 minskat med 66 %, kopparhalten med 12 %, blyhalten har ökat med 20 % och zinkhalten minskat med 46 % jämfört med resultaten från efterbehandlingen.

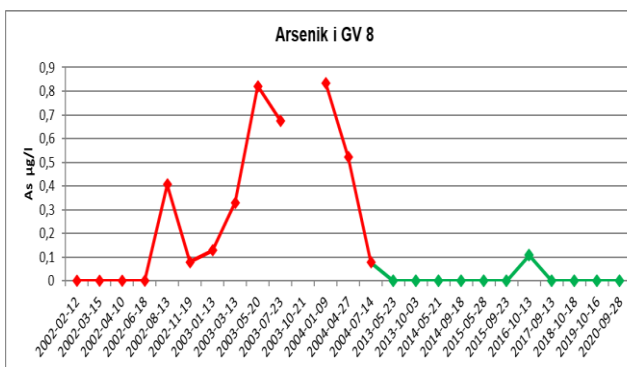


Diagram 48. Arsenikhalt i GV 8. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

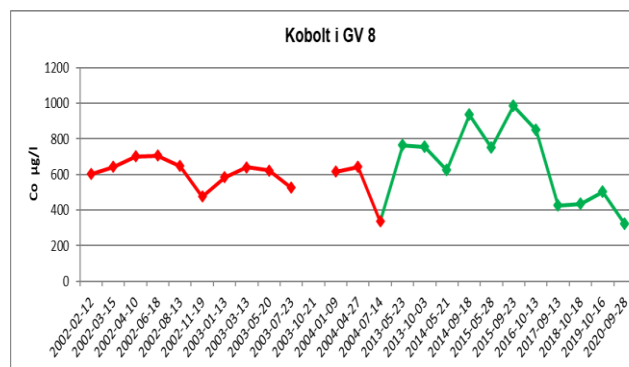


Diagram 49. Kobolthalt i GV 8. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

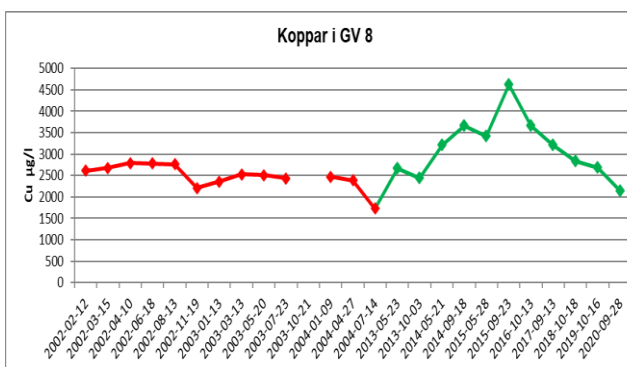


Diagram 50. Kopparhalt i GV 8. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

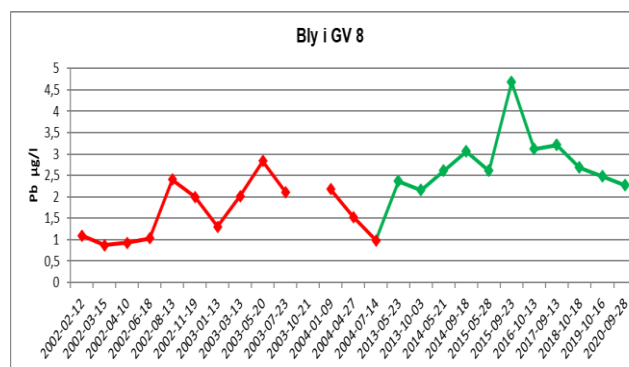


Diagram 51. Blyhalt i GV 8. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

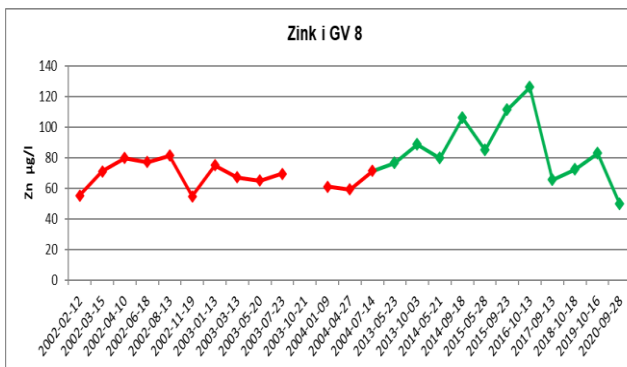


Diagram 52. Zinkhalt i GV 8. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

GV 8 uppvisade efter efterbehandlingen inledningsvis (2013–2015) en ökning av alla metallhalter utom arsenik men från 2016 har halterna avtagit och var hösten 2020 i nivå med eller lägre än ursprungshalterna. Det skulle kunna bero på att den höjda vattennivån i gruvan då stollgången gjöts igen gav upphov till nya flöden genom tidigare torra sprickor i berget som förändrade metallhalterna i GV 8. De flödena kan så småningom ha tätats av partiklar i vattnet i gruvan, vilket gjort att metallpåslaget minskat. Arsenikhalterna har efter efterbehandlingen legat under rapporteringsgräns vid alla provtagningar utom en. På grund av den inledande haltökningen har kobolthalten som medelvärde av genomförda provtagningar fram till och med 2020 ökat med 12 %, kopparhalten med 27 %, blyhalten har ökat med 73 % och zinkhalten med 25 % jämfört med resultaten från efterbehandlingen. Det ser dock nu ut som att trenden är att metallhalterna avtar igen.

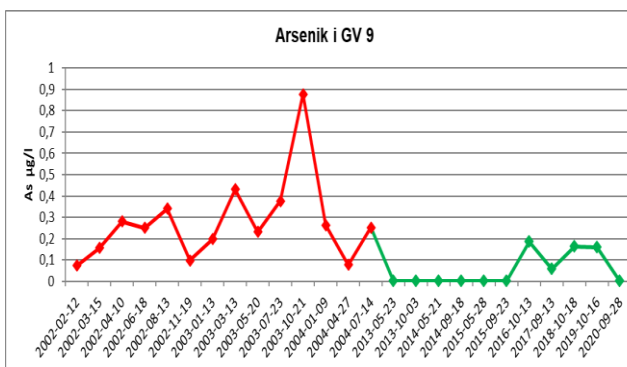


Diagram 53. Arsenikhalt i GV 9. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

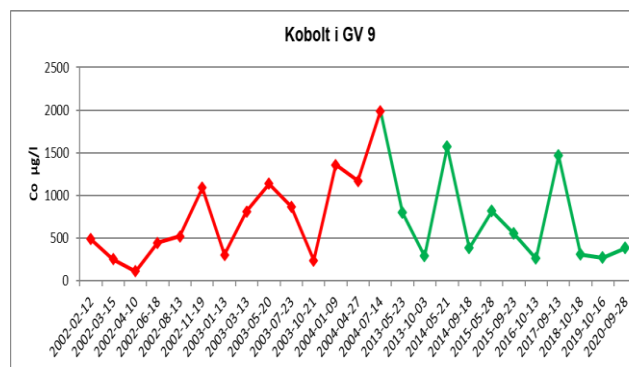


Diagram 54. Kobolthalt i GV 9. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

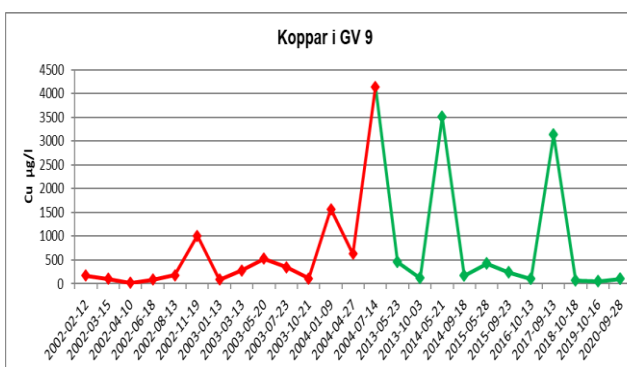


Diagram 55. Kopparhalt i GV 9. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

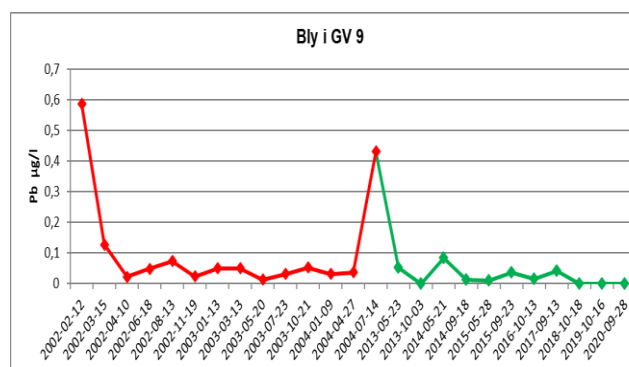


Diagram 56. Blyhalt i GV 9. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

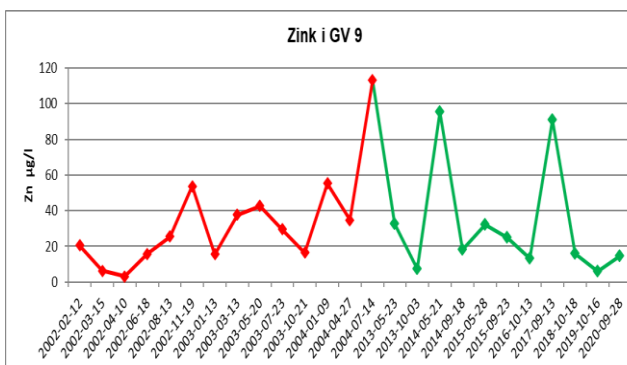


Diagram 57. Zinkhalt i GV 9. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

GV 9 har alltid varit ett rör med stora fluktuationer. Arsenik- och blyhalterna har alltid varit mycket låga - låga på denna provpunkt. Halterna av övriga metaller ligger ungefär som tidigare och fluktuerar mycket mellan provtagningarna precis som tidigare.

Arsenikhalten har som medelvärde av genomförda provtagningar fram till och med 2020 minskat med 49 %, kobolthalten med 11 %, kopparhalten har ökat med 23 %, blyhalten har minskat med 68 % och zinkhalten med 1,3 % jämfört med resultaten från efterbehandlingen. Det är ännu för tidigt att peka ut några klara trender för GV 9.

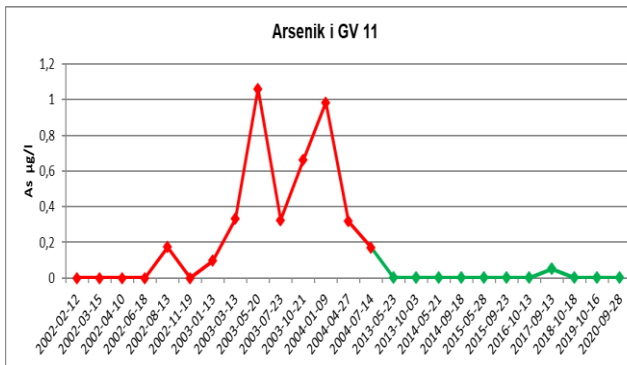


Diagram 58. Arsenikhalt i GV 11. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

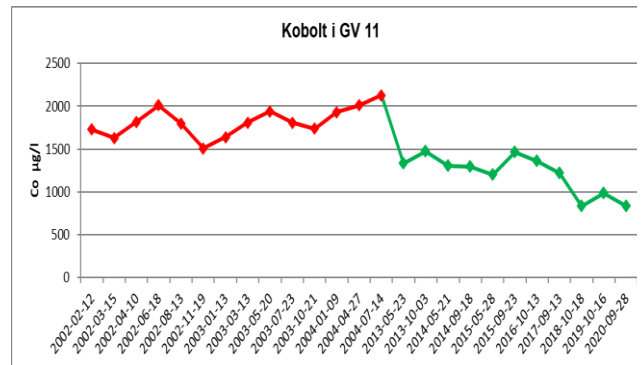


Diagram 59. Kobolthalt i GV 11. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

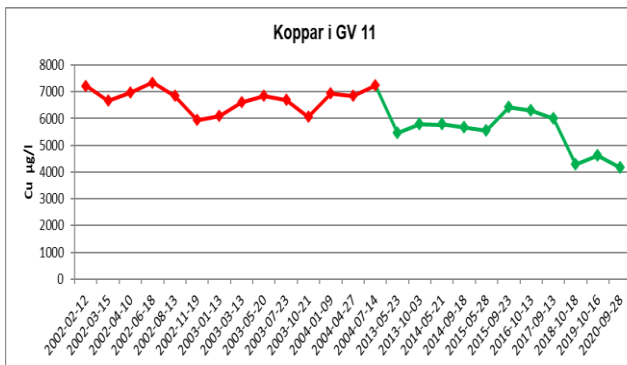


Diagram 60. Kopparhalt i GV 11. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

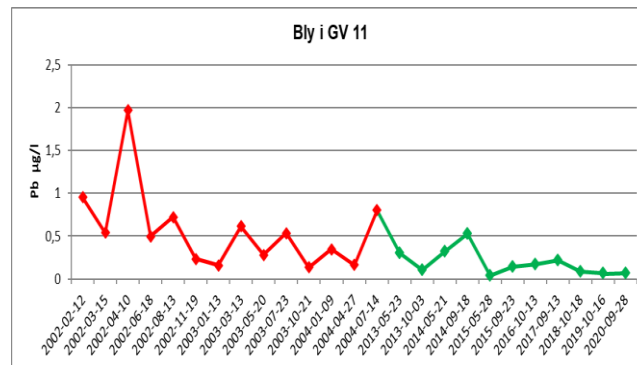


Diagram 61. Blyhalt i GV 11. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

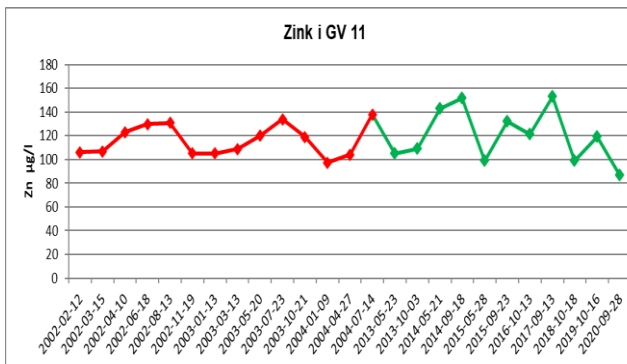


Diagram 62. Zinkhalt i GV 11. Röd linje markerar resultat under Utökad förstudie och Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

I GV 11 har alla metallhalter en minskande trend. Zink har en svag ökning om man jämför medelhalterna före och efter efterbehandlingen beroende på några högre uppmätta halter 2013–2016. Arsenikhalten har vid alla provtagningstillfällen utom ett legat under rapporteringsgräns efter efterbehandlingen.

Arsenikhalten har som medelvärde av genomförda provtagningar fram till och med 2020 minskat med 89 %, kobolthalten med 35 %, kopparhalten med 20 %, blyhalten med 67 % och zinkhalten har en svag ökning med 1,6 % jämfört med resultaten från efterbehandlingen. Zink har uppvisat större fluktuationer än de andra metallerna efter efterbehandlingen.

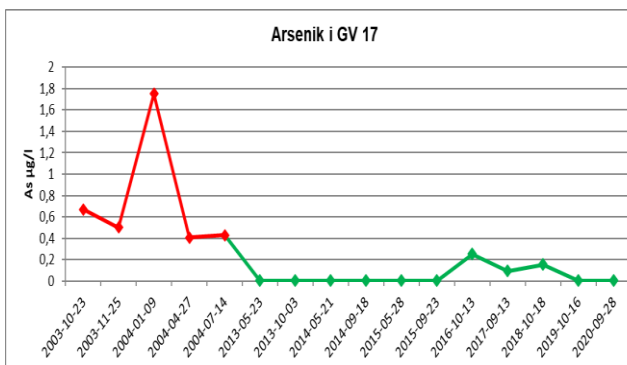


Diagram 63. Arsenikhalt i GV 17. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

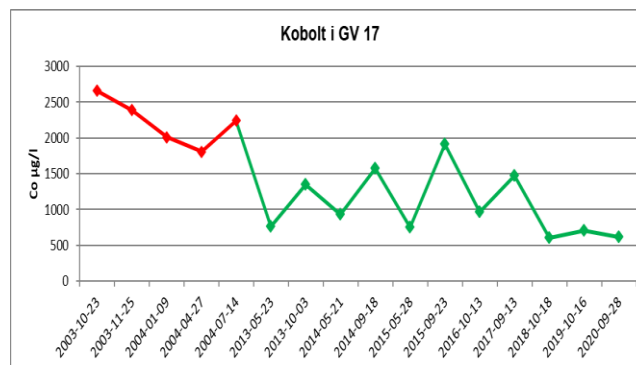


Diagram 64. Kobolthalt i GV 17. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

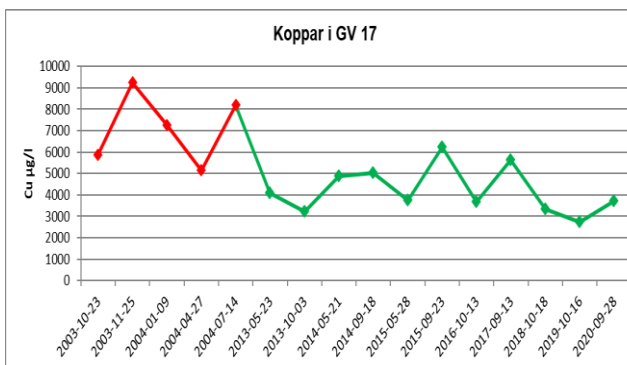


Diagram 65. Kopparhalt i GV 17. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

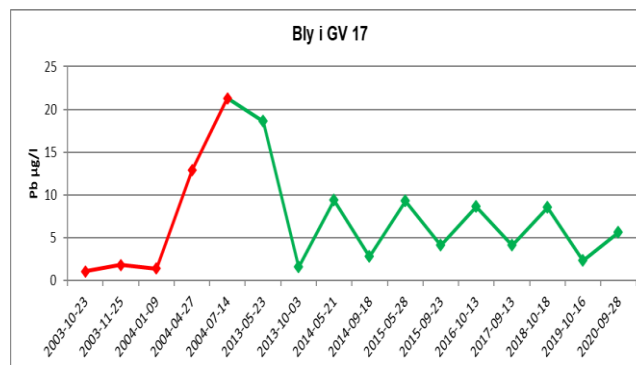


Diagram 66. Blyhalt i GV 17. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

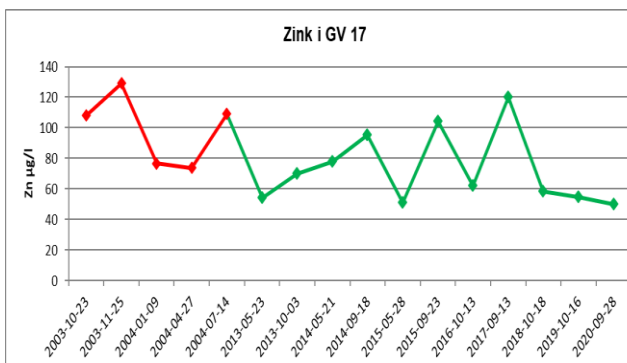


Diagram 67. Zinkhalt i GV 17. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

Också i GV 17 har alla metallhalter en minskande trend. GV 17 ligger i en sluttning där det vid nederbörd avrinner mycket ytvatten (och där ytavrinningsprovet vid GV 17 tas), marken är genomsläpplig sand/morän vilket sannolikt kan påverka resultaten ibland, tydligast ses tendens till detta på blyhalterna som annars generellt är låga – måttligt höga i grundvatten på Holländarefältet men som vid flera tillfällen varit höga, vid ett tillfälle mycket hög halt, utifrån SGU:s tillståndsbedömning för grundvatten, se tabell 7. Arsenikhalten har som medelvärde av genomförda provtagningar fram till och med 2020 minskat med 80 %, kobolthalten med 52 %, kopparhalten med 41 %, blyhalten med 11 % och zinkhalten med 26 % jämfört med resultaten från efterbehandlingen.

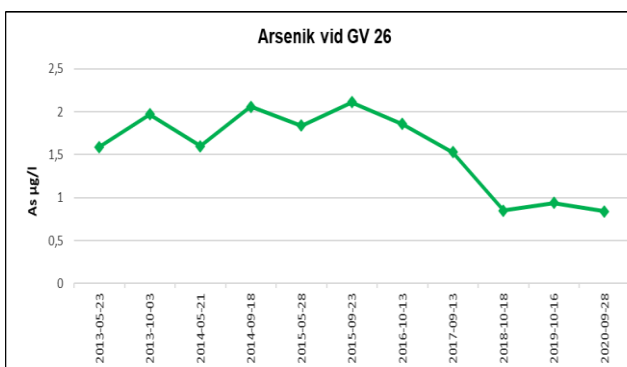


Diagram 68. Arsenikhalt i GV 26. Endast resultat från Efterkontrollen.

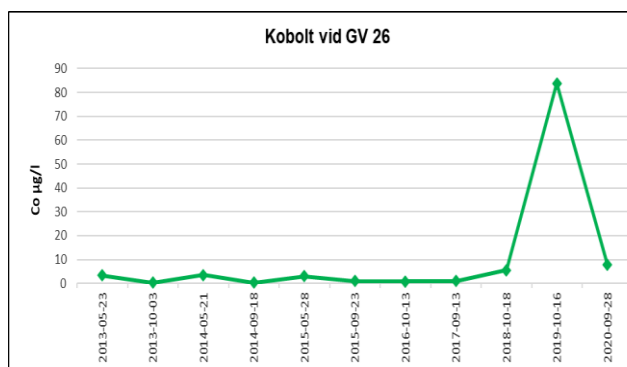


Diagram 69. Kobolthalt i GV 26. Endast resultat från Efterkontrollen.

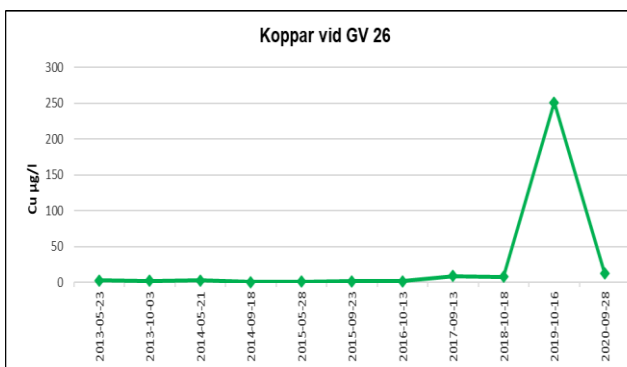


Diagram 70. Kopparhalt i GV 26. Endast resultat från Efterkontrollen.

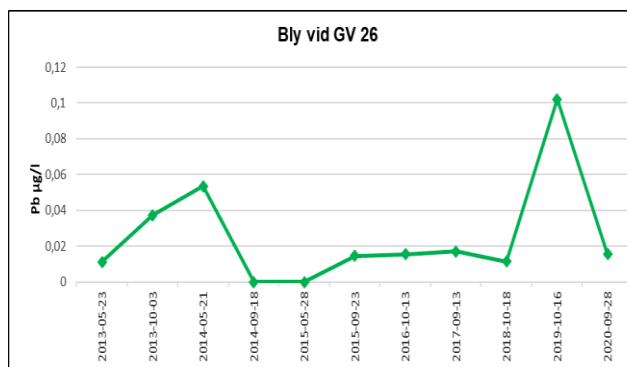


Diagram 71. Blyhalt i GV 26. Endast resultat från Efterkontrollen.

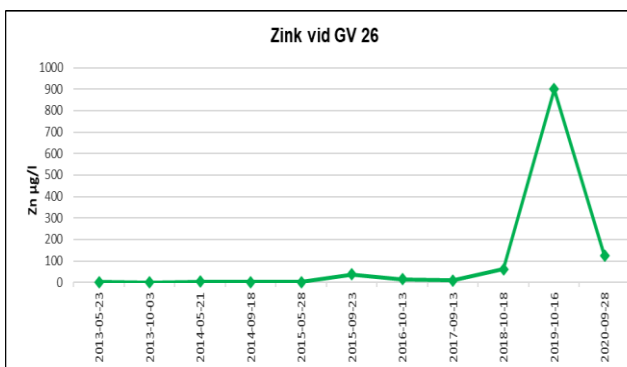


Diagram 72. Zinkhalt i GV 26. Endast resultat från Efterkontrollen.

GV 26 har ännu inte visat några trender vad gäller metallhalt. Halterna i detta grundvattenrör har med ett undantag - 2019 – varit låga. Metallhalterna var vid det provtagningstillfället klart högre än tidigare men de var betydligt lägre igen 2020. Arsenikhalterna är i regel låga – mycket låga och blyhalterna mycket låga.

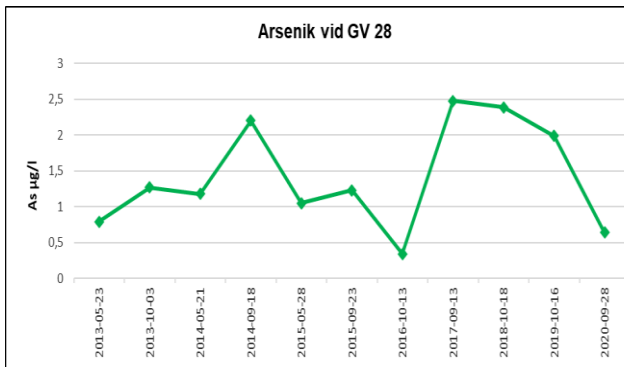


Diagram 73. Arsenikhalt i GV 28. Endast resultat från Efterkontrollen.

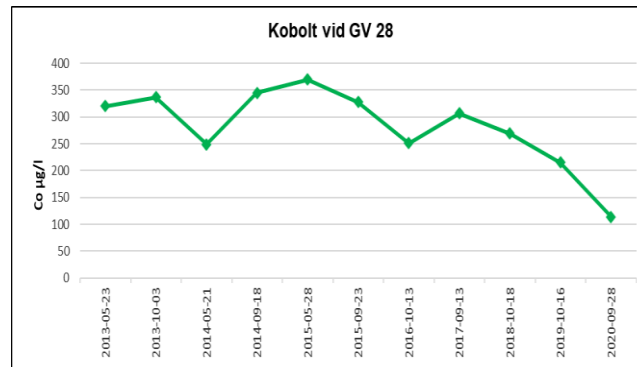


Diagram 74. Kobolthalt i GV 28. Endast resultat från Efterkontrollen.

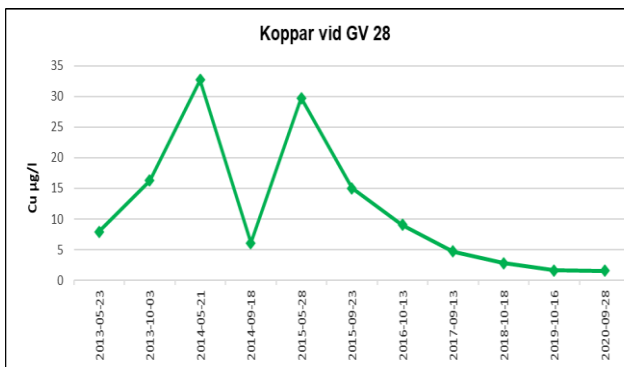


Diagram 75. Kopparhalt i GV 28. Endast resultat från Efterkontrollen.

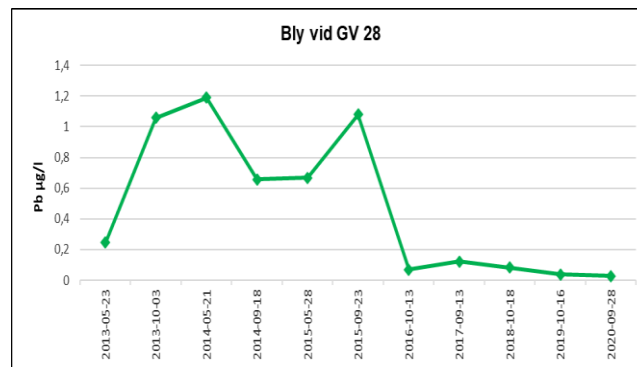


Diagram 76. Blyhalt i GV 28. Endast resultat från Efterkontrollen.

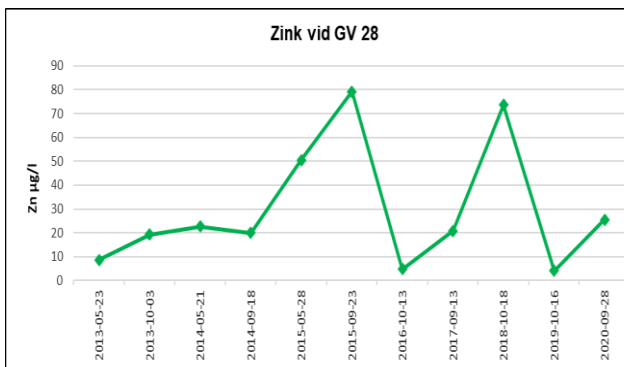


Diagram 77. Zinkhalt i GV 28. Endast resultat från Efterkontrollen.

GV 28 uppvisar när det gäller koppar, kobolt och bly avtagande metallhalter jämfört med de inledande provtagningarna. Arsenik och zink, som båda ligger på låg – måttligt hög halt utifrån SGU:s tillståndsbedömning för grundvatten, se tabell 7, har lite otydliga tendenser. Vid provtagningen 2020 var halterna av alla metaller mycket låga-låga.

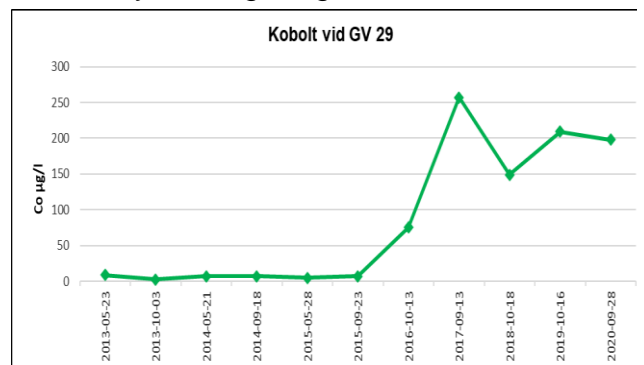
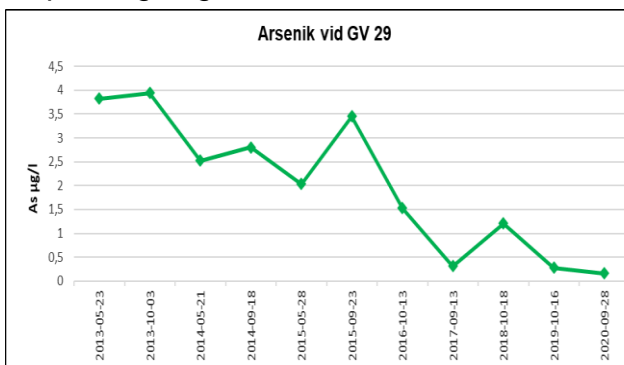


Diagram 78. Arsenikhalt i GV 29. Endast resultat från Efterkontrollen.

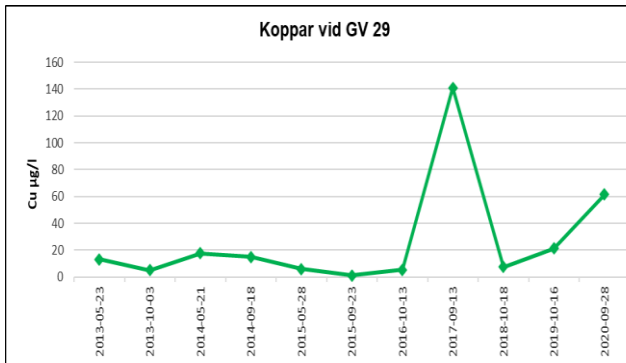


Diagram 80. Kopparhalt i GV 29. Endast resultat från Efterkontrollen.

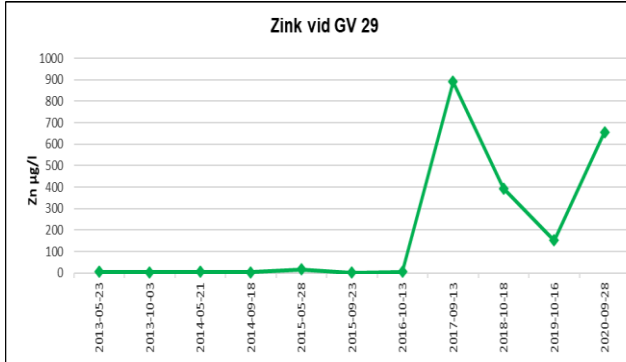


Diagram 82. Zinkhalt i GV 29. Endast resultat från Efterkontrollen.

Diagram 79. Kobolthalt i GV 29. Endast resultat från Efterkontrollen.

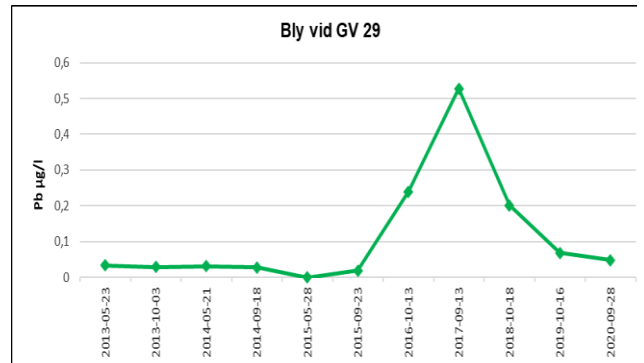


Diagram 81. Blyhalt i GV 29. Endast resultat från Efterkontrollen.

GV 29 uppvisar avtagande halter av arsenik, medan kobolthalten ökar och koppar och zink ser också ut att vara på väg att göra det. Bly uppvisade en topp – på låg halt – 2017, då även koppar, kobolt och zink ökade rejält jämfört med tidigare. Det är endast zink som uppvisar en hög halt utifrån SGU:s tillståndsbedömning för grundvatten, se tabell 7, övriga metaller förekommer endast i mycket låga-låga halter.

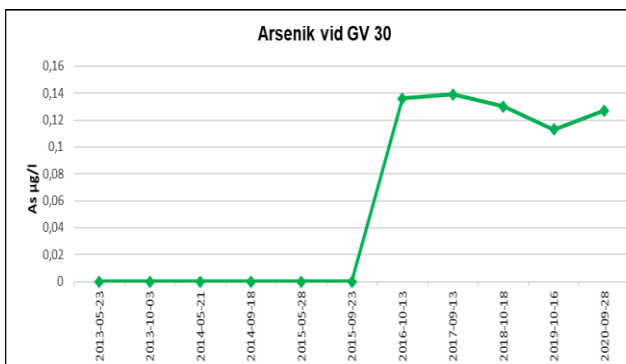


Diagram 83. Arsenikhalt i GV 30. Endast resultat från Efterkontrollen.

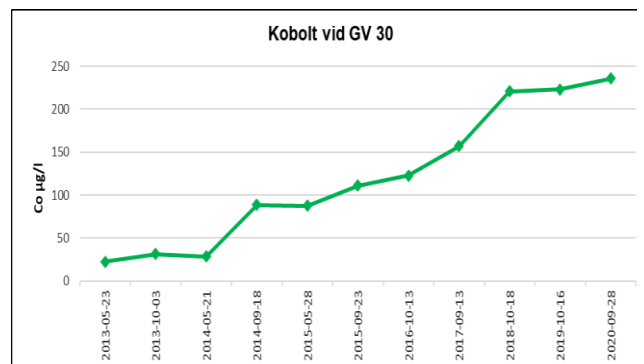


Diagram 84. Kobolthalt i GV 30. Endast resultat från Efterkontrollen.

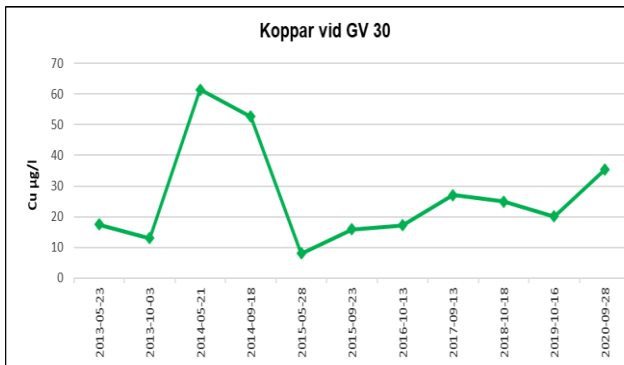


Diagram 85. Kopparhalt i GV 30. Endast resultat från Efterkontrollen.

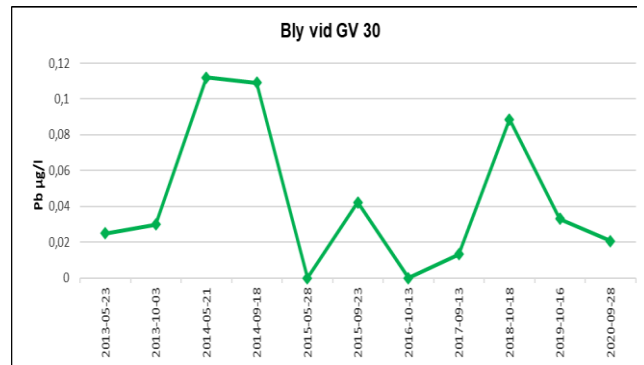


Diagram 86. Blyhalt i GV 30. Endast resultat från Efterkontrollen.

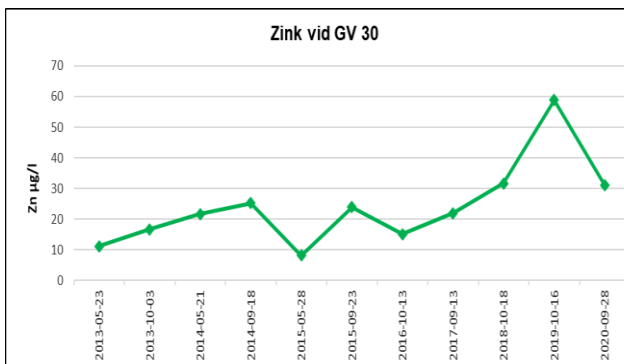


Diagram 87. Zinkhalt i GV 30. Endast resultat från Efterkontrollen.

GV 30 uppvisar ökande halter av arsenik och kobolt och möjligen även koppar och zink. Blyhalterna har varierat en del men är hela tiden mycket låga utifrån SGU:s tillståndsbedömning för grundvatten, se tabell 7. Ökningen av arsenik ser dramatiskt ut i diagram 83 men ligger hela tiden inom mycket låg halt utifrån ovanstående bedömningsgrunder.

Grundvattenrör vid Sohlbergsfältet samt Sohlbergsbäcken

Se karta 7 för grundvattenrörens placering.

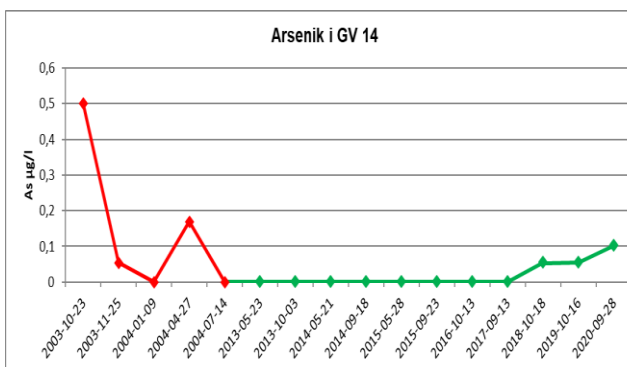


Diagram 88. Arsenikhalt i GV 14. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

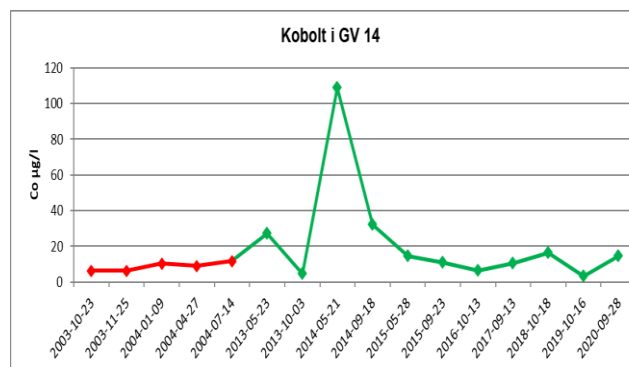


Diagram 89. Kobolthalt i GV 14. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

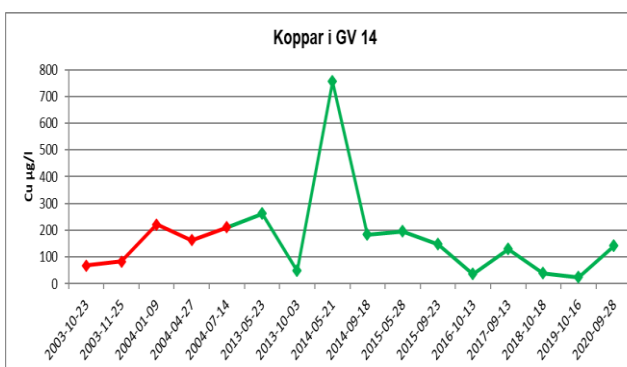


Diagram 90. Kopparhalt i GV 14. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

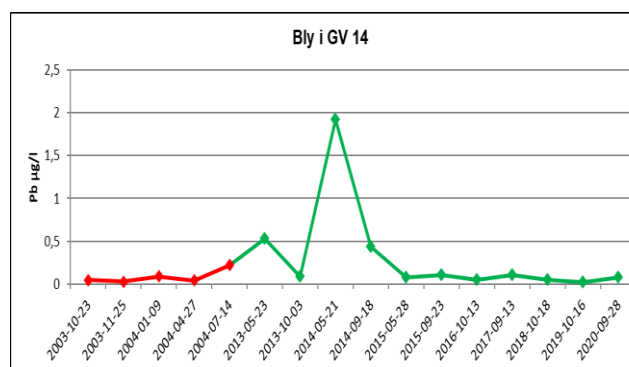


Diagram 91. Blyhalt i GV 14. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

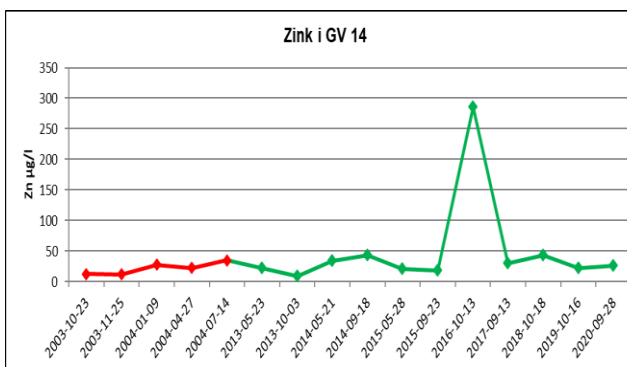


Diagram 92. Zinkhalt i GV 14. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

GV 14 har vid ett enstaka provtagningstillfälle uppvisat rejält förhöjd halt av koppar, kobolt och bly (2014-05-21) och vid ett tillfälle av zink (2016-10-13). Det finns ingen enkel bra förklaring till detta. 7–11 maj 2014 regnade det i och för sig mycket (totalt 64 mm) vilket möjligen skulle kunna vara en förklaring till höjda halter av kobolt, koppar och bly i GV 14 knappt tre veckor senare. 7–10 oktober 2016 kom det 40 mm regn, vilket möjligen skulle kunna förklara den höga zinkhalten. Det förklarar dock inte varför regnandet i maj 2014 inte påverkade även zinkhalten och varför regnandet i oktober 2016 inte även ökade kobolt-, zink- och blyhalterna, inte heller stämmer tidsskillnaden i de båda fallen mellan regn och provtagning särskilt bra för att påvisa ett möjligt samband.

Dessa toppar påverkar medelvärdet och medför att halterna i GV 14 ser ut att ha ökat sedan efterbehandlingen. Arsenikhalten har som medelvärde av genomförda provtagningar fram till och med 2020 minskat med 71 % medan kobolthalten ökat med 159 %, kopparhalten med 20 %, blyhalten med 269 % och zinkhalten med 129 % jämfört med resultaten från Huvudstudien.

Diagrammen visar dock att halterna över tid är relativt likartade vad som uppmättes under Huvudstudien om man bortser från de enstaka höga värdena. Halterna av alla metaller är låga – mycket låga utifrån SGU:s tillståndsbedömning för grundvatten, se tabell 7.

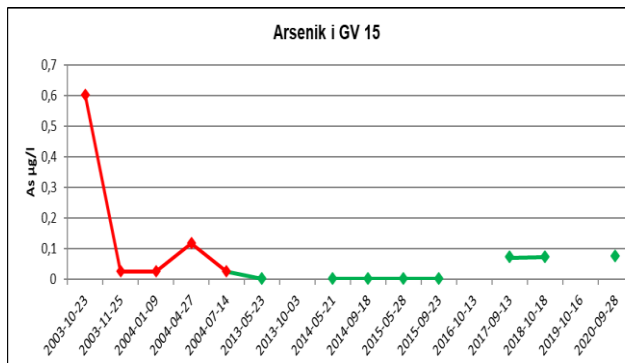


Diagram 93. Arsenikhalt i GV 15. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

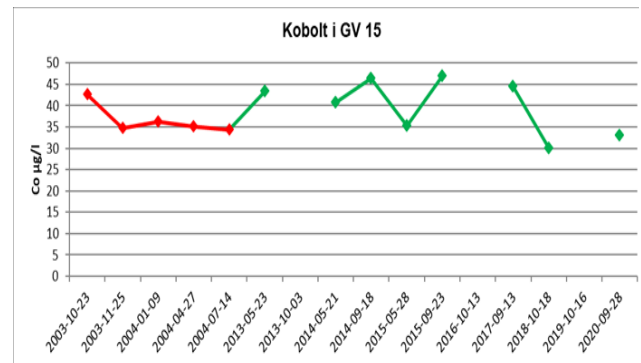


Diagram 94. Kobolthalt i GV 15. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

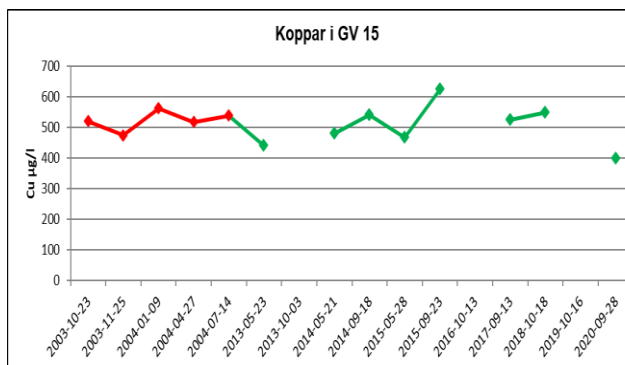


Diagram 95. Kopparhalt i GV 15. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

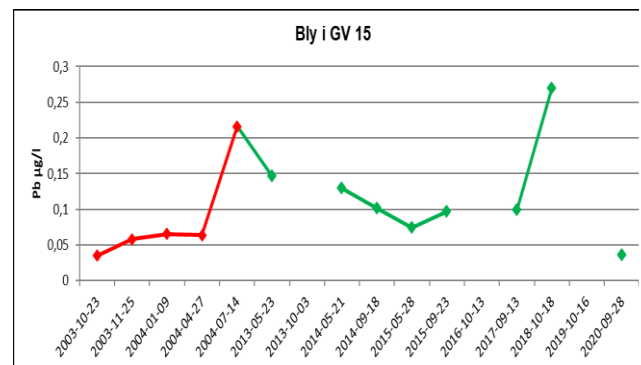


Diagram 96. Blyhalt i GV 15. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

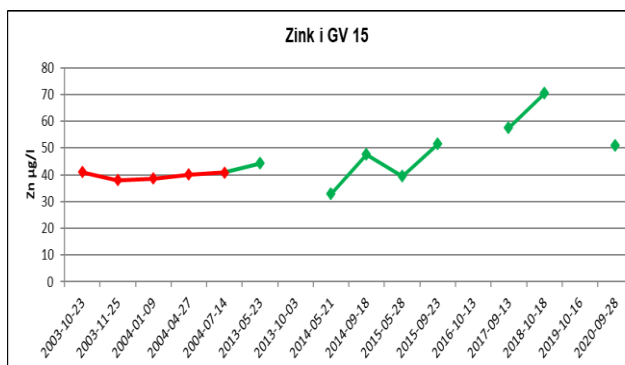


Diagram 97. Zinkhalt i GV 15. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

GV 15 uppvisar inga tydliga trender av vare sig haltökning eller haltminskning. Halterna av alla metaller uppvisar högre fluktuationer efter efterbehandlingen än under Huvudstudien. Detta har sannolikt samband med den avverkning och borttagning av vegetation som gjordes i samband med efterbehandlingen, se tidigare resonemang inledningsvis om grundvattenprovtagningarna. Halterna av arsenik och bly är mycket låga och för koppar och zink måttligt höga utifrån SGU:s tillståndsbedömning för grundvatten, se tabell 7.

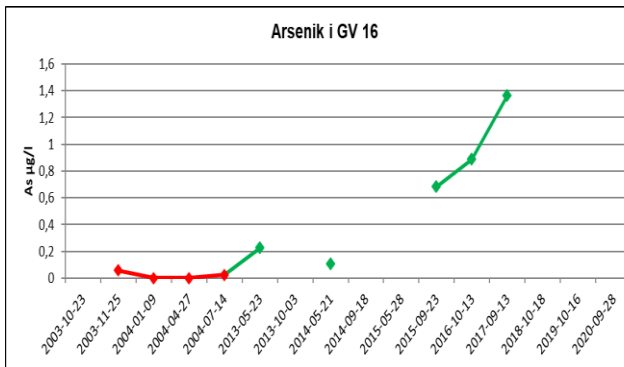


Diagram 98. Arsenikhalt i GV 16. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

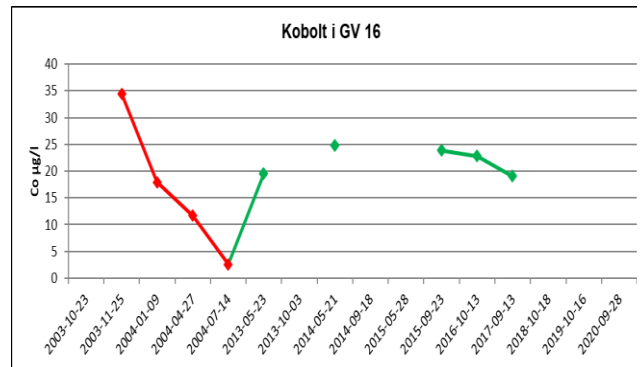


Diagram 99. Kobolthalt i GV 16. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

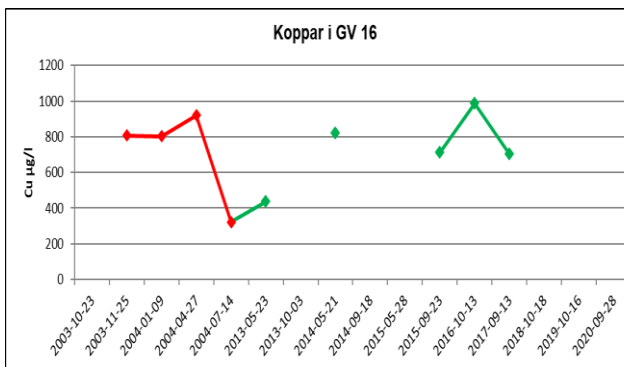


Diagram 100. Kopparhalt i GV 16. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

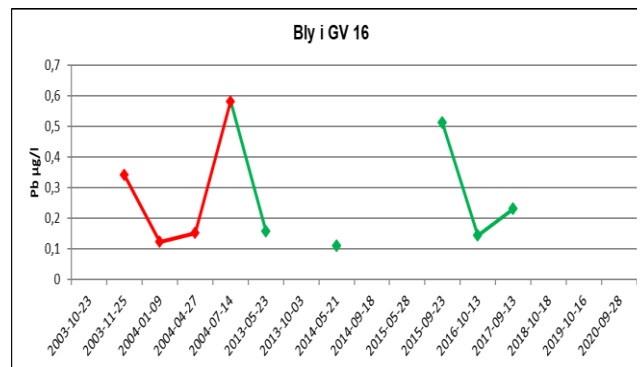


Diagram 101. Blyhalt i GV 16. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

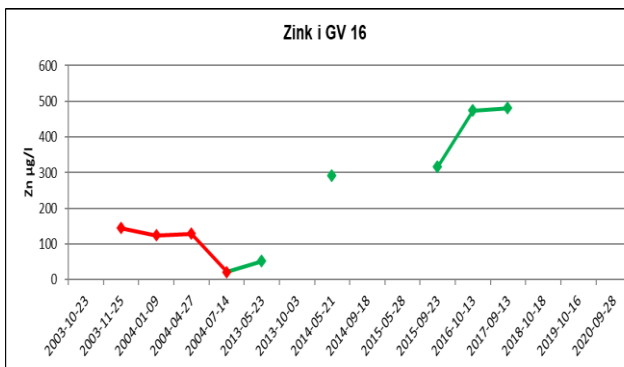


Diagram 102. Zinkhalt i GV 16. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

GV 16 hade endast ett värde över rapporteringsgräns för arsenik under huvudstudien medan det låg över rapporteringsgräns vid samtliga provtagningar under Efterkontrollen 2013–2020. Arsenikhalterna är låga, halterna av bly är mycket låga, kopparhalterna är måttligt höga och zinkhalterna höga utifrån SGU:s tillståndsbedömning för grundvatten, se tabell 7. De trender som möjligen går att uttyda är att både arsenik- och zinkhalterna ser ut att kunna vara på väg att öka.

Tabell 13. Metallhalt i Sohlbergsbäcken

Metaller i Sohlbergsbäcken	
Huvudstudie (µg/l)	Efterkontroll (µg/l)

	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
As	<0,05			0,0156 ±0,07	0,064	0,216
Co	30,7 ± 8,44	23,1	39,8	28,8 ± 2,13	26,8	31,4
Cu	516 ± 63	452	578	476 ± 63,4	404	565
Pb	13,2 ± 5,84	9,0	19,9	9,71 ± 2,24	7,0	12,1
Zn	43,4 ± 3,52	39,7	46,7	36,5 ± 4,44	31,3	42,3

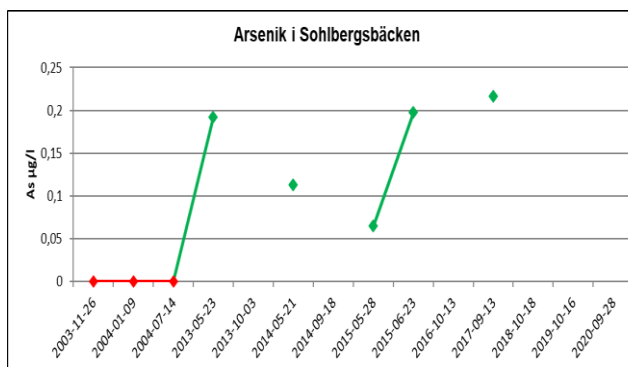


Diagram 103. Arsenikhalt i Sohlbergsbäcken. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

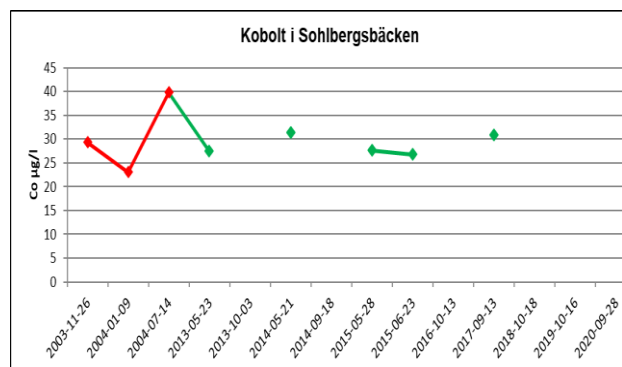


Diagram 104. Kobolthalt i Sohlbergsbäcken. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

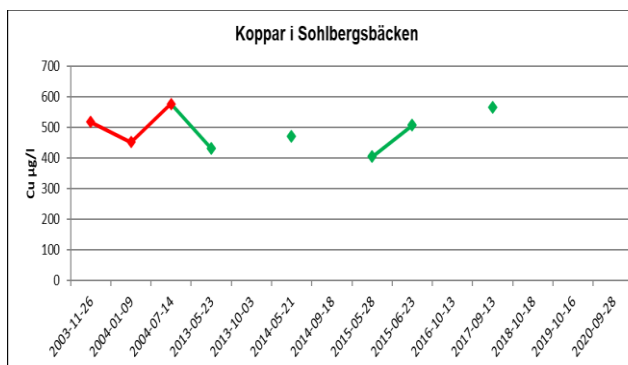


Diagram 105. Kopparhalt i Sohlbergsbäcken. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

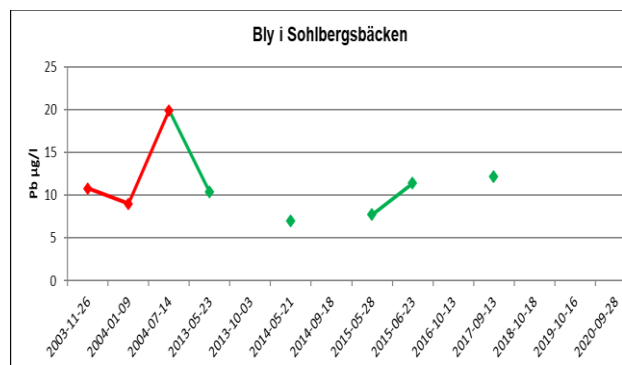


Diagram 106. Blyhalt i Sohlbergsbäcken. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

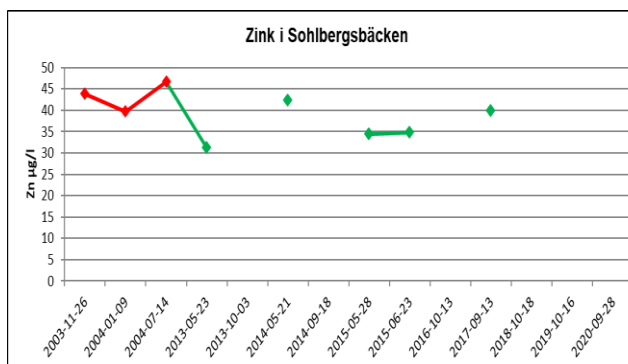


Diagram 107. Zinkhalt i Sohlbergsbäcken. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

Sohlbergsbäcken avrinner från Sohlbergsfältet och uppvisar ungefär samma beteende som ytavrinningen från berget vid Holländarefältet; den blir snabbt vattenförande vid åtminstone lite större regnmängder och torkar sedan snabbt ut däremellan.

Detta fenomen har blivit ännu tydligare efter efterbehandlingen då avrinningen fluktuerar mer på grund av att träd och vegetation togs bort i samband med efterbehandlingen, se tidigare resonemang samt bild 1 och 2. Vid de tillfällen prov har gått att ta uppvisar samtliga metaller ungefär samma halter som före efterbehandlingen utom arsenik som efter efterbehandlingen förekommer i halter över rapporteringsgräns vid varje provtagning.

Ytvattenprovtagning i Tjursbosjön

Resultat, hela Tjursbosjön

Under Huvudstudien togs prover på två punkter i Tjursbosjön, Tjursbosjön Mitt (TJM) och Tjursbosjön Södra (TJS). Under Referensundersökningarna utökades provtagningarna med ytterligare en provpunkt, Tjursbosjön Norr (TJN).

Under efterkontrollen har provtagning skett vid alla tre provpunkterna. Provtagning under Efterkontrollen har skett vartannat år 2013 - 2020 d v s 2013, 2015, 2017 och 2019. Se karta 2 för provpunkternas placering.

Nedan redovisade resultat visar medelvärde för alla prover per provtagningssamling i hela Tjursbosjön. Provantalet i varje omgång är för Huvudstudien (n=8), för Referensundersökningarna (n=12) samt under Efterkontrollen (n=12). Totala antalet prov under Huvudstudie och Referensundersökningarna är (n=162) samt under efterkontrollen 2013 - 2019 (n=48).

Med undantag för arsenik har alla metaller en sjunkande trend efter efterbehandlingen.

Tabell 14. Metallhalter i Tjursbosjön

	Huvudstudie och Referensundersökning (µg/l)			Efterkontroll (µg/l)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
As	0,391 ± 0,144	<0,05	0,610	0,402 ± 0,052	0,337	0,520
Co	10,9 ± 2,94	7,34	26,5	2,33 ± 3,66	0,605	13,5
Cu	72,6 ± 3,63	67,4	81,5	43,4 ± 4,99	35,8	52,1
Pb	1,48 ± 0,237	0,984	2,00	0,730 ± 0,311	0,404	1,215
Zn	8,52 ± 3,19	5,70	25,8	2,86 ± 0,41	2,44	3,77

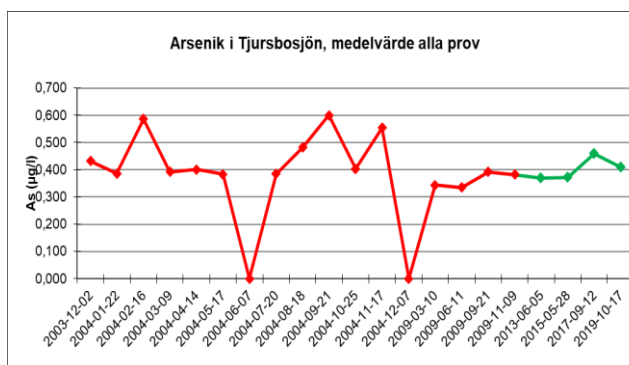


Diagram 108. Medelvärde av arsenik i Tjursbosjön. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

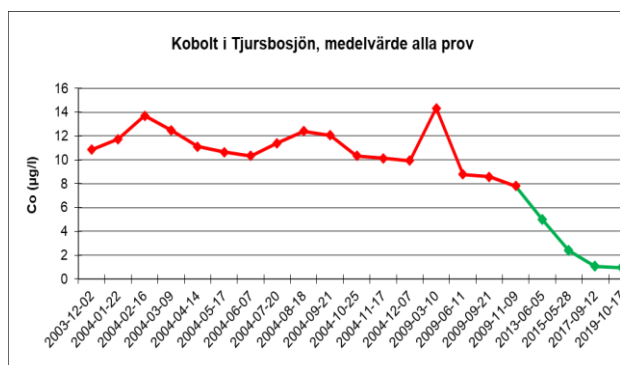


Diagram 109. Medelvärde av kobolt i Tjursbosjön. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

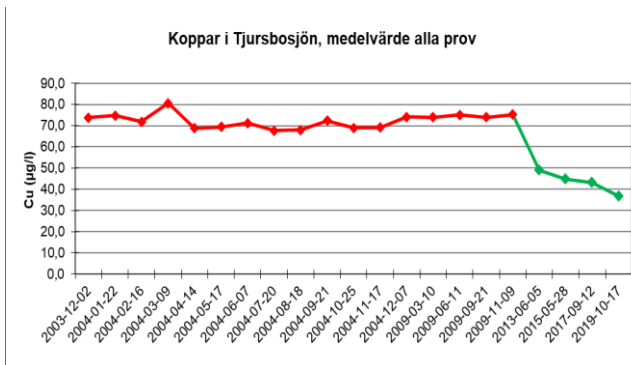


Diagram 110. Medelvärde av koppar i Tjursbosjön. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

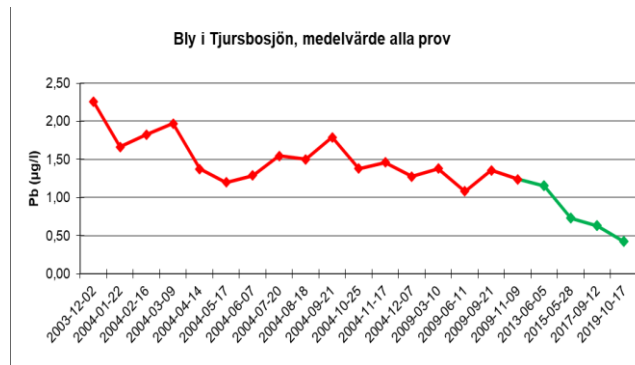


Diagram 111. Medelvärde av bly i Tjursbosjön. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

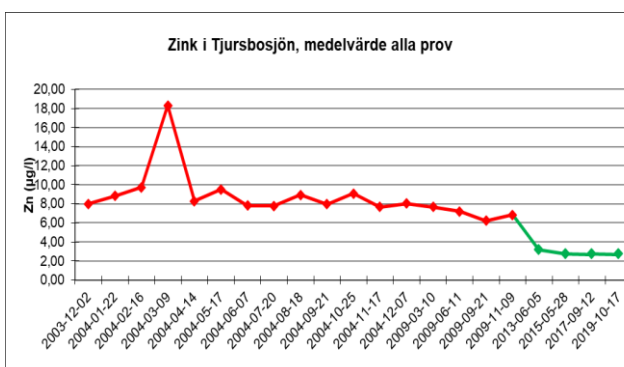


Diagram 112. Medelvärde av zink i Tjursbosjön. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

För arsenik syns ingen större skillnad mot halterna före efterbehandlingen, mer än att halterna förefaller att fluktuera mindre medan halterna av kobolt, koppar, bly och zink har sjunkit. Den mest dramatiska minskningen står kobolthalten för.

Minskningen fram till 2019 jämfört med medelhalterna före efterbehandlingen är för kobolt ca 92 %, för koppar ca 50 %, för bly ca 72 % och för zink ca 68 %. Arsenikhalten ser ut att har ökat med ca 5 % sett till medelvärde, men av diagram 108 framgår att halten i praktiken ligger ungefär som före efterbehandlingen.

Tjursbosjön Norr

Tjursbosjön Norr (TJN) etablerades som provpunkt för ytvattenprovtagning först i och med Referensundersökningarna 2009, då alternativet att använda Gruvviken som förvaringsplats för varp utkristalliserats. Två profilmätningar på pH, konduktivitet, redox och syrgas gjordes redan under Huvudstudien 2004 och dessa värden är inkluderade nedan.

Resultat, Tjursbosjön Norr

Tjursbosjön Norr provtas vid yta, 5 meter, 10 meter och 15 meter djup.

pH, konduktivitet, redox och syrgas

(n=59) för pH, konduktivitet och redox samt (n=24) för syrgas under Referensundersökningarna och (n=16) för samtliga parametrar under Efterkontrollen.

pH varierade under Efterkontrollen från 6,9 till 7,4, medelvärde för pH i hela vattenpelaren var $7,2 \pm 0,1$. Under Referensundersökningarna var medelvärdet för pH $6,8 \pm 0,2$.

Konduktivitetsvariationerna var små, från 91 $\mu\text{S}/\text{cm}$ till 121 $\mu\text{S}/\text{cm}$ och varierade väldigt lite mot djupet inom varje provtagning. Medelvärde i hela vattenpelaren för konduktivitetsmätningarna var $100,5 \pm 4,3 \mu\text{S}/\text{cm}$. Medelvärde för konduktivitetsmätningarna under Referensundersökningarna var $78,9 \pm 0,89 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Redox varierade från 137 mV till 304 mV. Medelvärde i hela vattenpelaren för redoxmätningarna var $226 \pm 58 \text{ mV}$, Under Referensundersökningarna var medelvärdet $418 \pm 86 \text{ mV}$. Det bör noteras att ett nytt mätinstrument för redox användes under Efterkontrollen jämfört med Referensundersökningarna.

Syrgashalterna varierade från 6,9 mg/l till 10 mg/l. Syrgas förbrukas väldigt långsamt på grund av de små mängderna organiskt material i sjön och syrebrist uppstår aldrig. Medelvärde för syrgashalt var $8,8 \pm 0,8 \text{ mg/l}$ och under Referensundersökningarna var motsvarande värde $9,4 \pm 1,4 \text{ mg/l}$. Den lägre uppmätta medelsyrgashalten under Efterkontrollen kan förklaras av att provtagningarna inte skett under den del av året man kan förvänta sig den högsta syrgashalten (efter vår- och höstomblandningen).

Metaller

(n=16) för Referensundersökningarna och (n=16) för Efterkontrollen.

Med undantag av arsenik har alla metaller i provpunkten en sjunkande trend. Den mest dramatiska nedgången står kobolthalterna för.

Tabell 15. Metallhalter i Tjursbosjön Norr.

Metaller i Tjursbosjön Norr						
	Referensundersökning ($\mu\text{g/l}$)			Efterkontroll ($\mu\text{g/l}$)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
As	$0,363 \pm 0,036$	0,323	0,405	$0,396 \pm 0,337$	0,054	0,459
Co	$8,37 \pm 0,17$	7,8	8,9	$0,98 \pm 0,23$	0,79	1,31
Cu	$74,9 \pm 1,2$	71,9	77,1	$43,6 \pm 6,7$	35,8	52,1
Pb	$1,27 \pm 0,103$	1,16	1,36	$0,79 \pm 0,39$	0,404	1,22
Zn	$7,05 \pm 0,66$	6,07	7,82	$2,87 \pm 0,41$	2,45	3,26

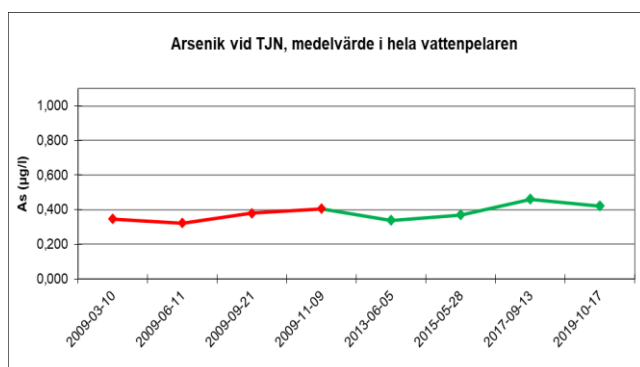


Diagram 113. Medelvärde av arsenik i Tjursbosjön Norr. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningarna, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

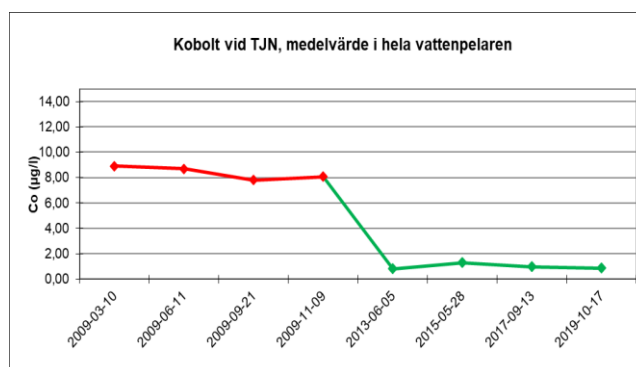


Diagram 114. Medelvärde av kobolt i Tjursbosjön Norr. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningarna, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

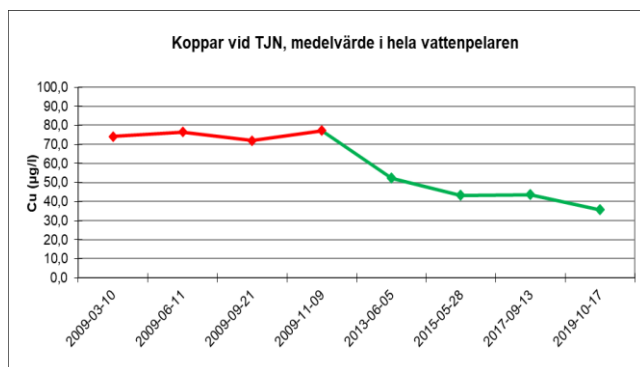


Diagram 115. Medelvärde av koppar i Tjursbosjön Norr. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningarna, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

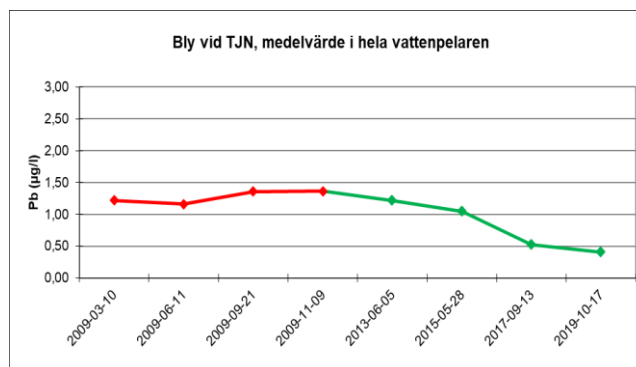


Diagram 116. Medelvärde av bly i Tjursbosjön Norr. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningarna, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

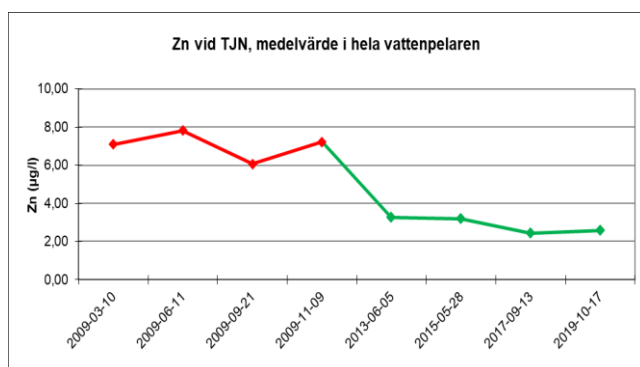


Diagram 117. Medelvärde av zink i Tjursbosjön Norr. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningarna, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

resultat under Efterkontrollen.

Arsenikhalten i provpunkten har som medelvärde fram till 2019 ökat med ca 16 % sedan efterbehandlingen, vilket låter dramatiskt men halten av arsenik i provpunkten är fortfarande låg. Av diagram 113 framgår att halterna i praktiken är ungefär desamma som före efterbehandlingen.

Kobolthalten i provpunkten har som medelvärde fram till 2019 sjunkit med ca 90 %, kopparhalten med ca 52 %, blyhalten ca 68 % och zinkhalten med ca 64 % sedan efterbehandlingen.

Tjursbosjön Mitt

Vid Tjursbosjöns Mitt (TJM) togs ett antal prover för metallanalys under Huvudstudien 2004 och något färre under Referensundersökningarna 2009. Det betydligt högre antalet mätningar av pH, konduktivitet, syrgas och redox vid TJM beror på att hela profilerna i vattenpelaren under Huvudstudien mättes med 1 m intervall från yta till botten, medan endast de djup på vilka metallprovtagning utfördes mättes under Referensundersökningarna 2009 och Efterkontrollen (d v s yta och därefter var 5:e meter ned till botten).

Resultat, Tjursbosjön Mitt

Tjursbosjön Mitt provtas vid yta, 5 meter, 10 meter, 15 meter, 20 och 25 meter djup.

pH, konduktivitet, redox och syrgas

(n=59) för pH, konduktivitet och redox samt (n=24) för syrgas under Referensundersökningarna och (n=16) för samtliga parametrar under Efterkontrollen

pH varierade under Efterkontrollen mellan 6,7 och 7,5, medelvärdet var $7,2 \pm 0,2$. Under Huvudstudien och Referensundersökningarna varierade pH mellan 6,2 och 7,3, med medelvärdet $6,7 \pm 0,2$.

Konduktiviteten varierade från 93 $\mu\text{S}/\text{cm}$ till 104 $\mu\text{S}/\text{cm}$, medelvärdet var $98 \pm 4,1 \mu\text{S}/\text{cm}$. Under Huvudstudien och Referensundersökningarna varierade konduktiviteten från 66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ till 101 $\mu\text{S}/\text{cm}$, med medelvärdet $79 \pm 3,8 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Redox varierade från 176 mV till 446 mV. Under Huvudstudien och Referensundersökningarna varierade redox från 220 mV till 610 mV. Medelvärdet var $258 \pm 65 \text{ mV}$, under Referensundersökningarna och Huvudstudien var medelvärdet $462 \pm 58 \text{ mV}$. Det bör noteras att ett nytt mätinstrument för redox användes under Efterkontrollen jämfört med Huvudstudien och Referensundersökningarna.

Syrgashalterna varierade från 6,7 mg/l till 10,2 mg/l. Under Huvudstudien och Referensundersökningarna varierade halterna från 5,5 mg/l till 12,3 mg/l. Medelvärdet var $8,8 \pm 1,2 \text{ mg/l}$, under Referensundersökningarna och Huvudstudien var medelvärdet $9,3 \pm 1,5 \text{ mg/l}$. Syrgas förbrukas på grund av de små mängderna organiskt material i sjön väldigt långsamt och syrebrist uppstår aldrig. Den något lägre uppmätta syrgashalten under Efterkontrollen kan förklaras av att provtagningarna inte skett under den del av året

man kan förvänta sig den högsta syrgashalten (efter vår- och höstomblandningen).

Metaller

(n=102) för Huvudstudien och Referensundersökningarna (n=89 för arsenik) och (n=24) för Efterkontrollen.

Samtliga metallhalter har en sjunkande trend sedan efterbehandlingen. Precis som vid TJN står kobolt för den mest dramatiska nedgången.

Tabell 16. Metallhalter i Tjursbosjön Mitt.

Metaller i Tjursbosjön Mitt						
	Huvudstudie och Referensundersökning (µg/l)			Efterkontroll (µg/l)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
As	0,417 ± 0,08	0,323	0,591	0,389 ± 0,029	0,357	0,423
Co	10,4 ± 1,21	7,72	12,5	1,62 ± 0,94	0,83	2,87 ¹⁾
Cu	72,5 ± 3,63	67,8	79,8	42,3 ± 4,24	36,2	45,8 ¹⁾
Pb	1,58 ± 0,39	1,11	2,59	0,71 ± 0,34	0,42	1,21
Zn	9,22 ± 4,36	6,87	25,8	3,13 ± 0,45	2,74	3,77

1) Orimligt högt resultat ej noterat som maximal halt, se diagram 123 och 124.

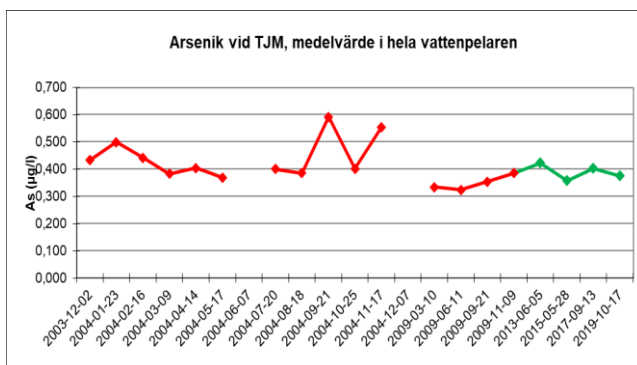


Diagram 118. Medelvärde av arsenik i Tjursbosjön Mitt. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

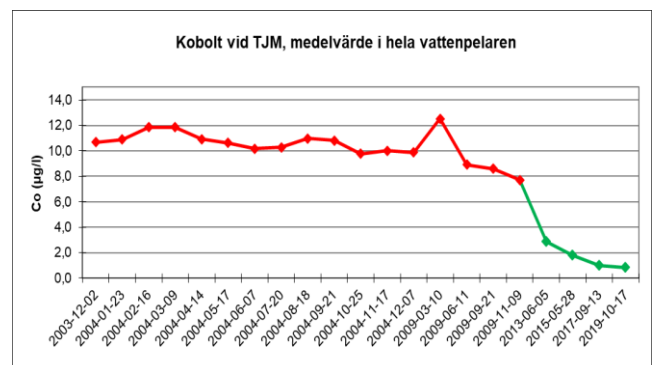


Diagram 119. Medelvärde av kobolt i Tjursbosjön Mitt. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

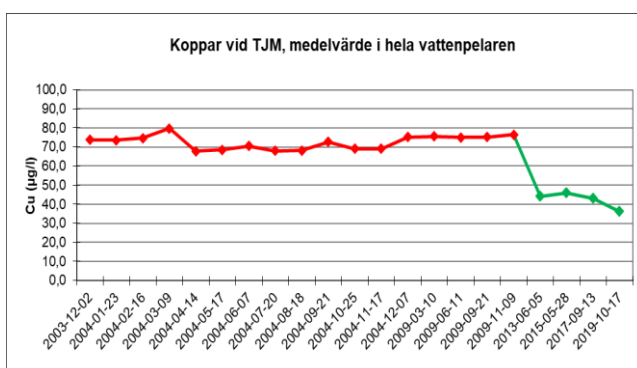


Diagram 120. Medelvärde av koppar i Tjursbosjön Mitt. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

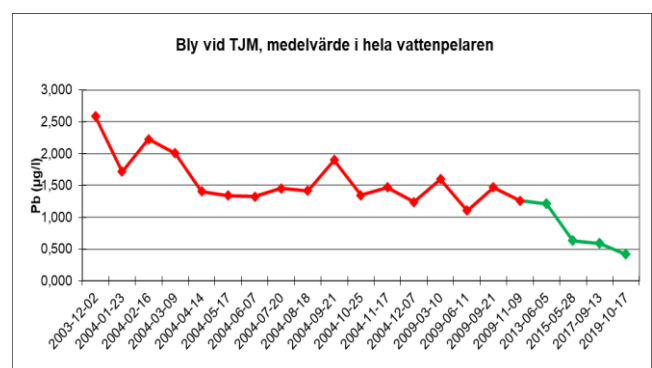


Diagram 121. Medelvärde av bly i Tjursbosjön Mitt. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

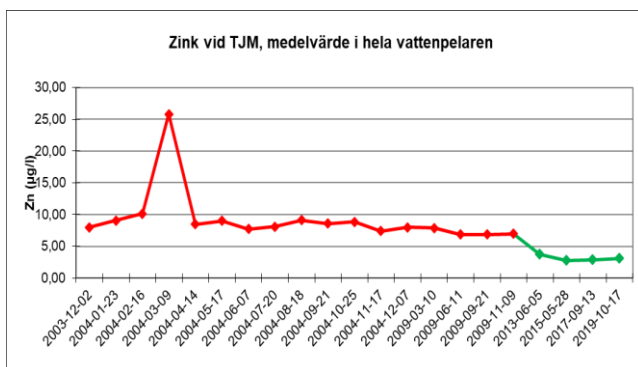


Diagram 122. Medelvärde av zink i Tjursbosjön Mitt. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

Arsenikhalten i provpunkten har som medelvärde fram till 2019 sjunkit med ca 10 %, kobolthalten med ca 92 %, kopparhalten med ca 50 %, blyhalten med ca 74 % och zinkhalten med ca 67 % sedan efterbehandlingen.

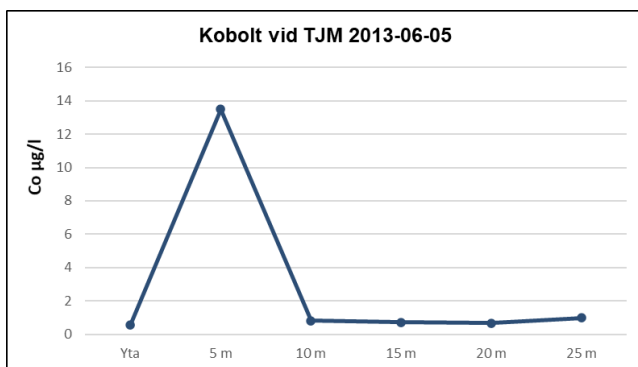


Diagram 123. Kobolthalten i vattenpelaren vid provtagningen 2013-06-05.

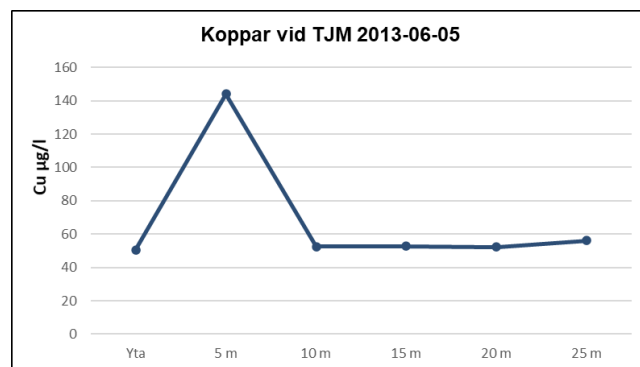


Diagram 124. Kopparhalten i vattenpelaren vid provtagningen 2013-06-05.

Diagram 123 och 124 visar att de kobolt- och kopparhalter som rapporterades på 5 m djup i provpunkten 2013-06-05 inte är rimliga. Halten i ytvattnet både över- och underliggande nivåer har betydligt lägre och jämnare nivåer varför det inte får anses särskilt troligt att just provet på 5 m djup skulle sticka ut på detta sätt. Därför är dessa resultat inte angivna som max-halter i tabell 16.

Tjursbosjön Södra

Vid Tjursbosjön Södra (TJS) togs ett antal prover för metallanalys under Huvudstudien 2004 och något färre under Referensundersökningarna 2009. Det betydligt högre antalet mätningar av pH, konduktivitet, syrgas och redox vid TJS beror på att hela profilerna i vattenpelaren under Huvudstudien mättes med 1 m intervall från yta till botten, medan endast de djup på vilka metallprovtagning utfördes mättes under Referensundersökningarna 2009 och Efterkontrollen (d v s yta och därefter var 5:e meter ned till botten). Inga prover tagits under syrefattiga förhållanden.

Resultat, Tjursbosjön Södra

Tjursbosjön Södra provtas vid yta och 3 meter djup.

pH, konduktivitet, redox och syrgas

(n=34) för pH, konduktivitet, redox och syrgas under Huvudstudien och Referensundersökningarna och (n=8) under Efterkontrollen

pH varierade under Efterkontrollen mellan 7,0 och 7,4. Under Huvudstudien och Referensundersökningarna varierade pH från 6,4 till 7,2. Medelvärdet var $7,2 \pm 0,1$, under Referensundersökningarna och Huvudstudien var medelvärdet $6,8 \pm 0,2$.

Konduktiviteten varierade mellan $95 \mu\text{S/cm}$ till $163 \mu\text{S/cm}$. Under Huvudstudien och Referensundersökningarna varierade konduktiviteten mellan $74 \mu\text{S/cm}$ till $87 \mu\text{S/cm}$. Medelvärdet var $107 \pm 23 \mu\text{S/cm}$, under Referensundersökningarna och Huvudstudien var medelvärdet $79 \pm 3,6 \mu\text{S/cm}$.

Redox varierade från 180 mV till 464 mV. Under Huvudstudien och Referensundersökningarna varierade redox från 122 mV till 361 mV. Medelvärde för redox var $288 \pm 112 \text{ mV}$, under Huvudstudien och Referensundersökningarna var medelvärdet $221 \pm 65 \text{ mV}$. Det bör noteras att ett nytt mätinstrument för redox användes under Efterkontrollen jämfört med Huvudstudien och Referensundersökningarna.

Syrgashalterna varierade mellan 8,6 mg/l till 9,6 mg/l ytan. Medelvärde för syrgasmätningarna var $9,2 \pm 0,4 \text{ mg/l}$, under Huvudstudien och Referensundersökningen låg medelvärdet på $9,8 \pm 1,6 \text{ mg/l}$. Syrgas förbrukas på grund av de små mängderna organiskt material i sjön väldigt långsamt och syrebrist uppstår aldrig.

Metaller

(n=34) för Huvudstudien och Referensundersökningarna (n=28 för arsenik, övriga resultat var under detektionsgräns) och (n=8) för Efterkontrollen.

Samtliga metallhalter utom för arsenik har en tydligt sjunkande trend i provpunkten. Arsenik fluktuerar en del och det är svårt att se någon tydlig trend än. Även i TJS står kobolt för den mest dramatiska nedgången.

Tabell 17. Metallhalter i Tjursbosjön Södra.

Metaller i Tjursbosjön Södra						
	Huvudstudie och Referensundersökning (µg/l)			Efterkontroll (µg/l)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
As	0,445 ± 0,130	0,262	0,762	0,422 ± 0,07	0,341	0,534
Co	10,1 ± 1,45	7,34	12,5	1,05 ± 2,44	0,605	1,92
Cu	70,5 ± 4,0	62,1	85,1	43,6 ± 5,24	35,4	50,4
Pb	1,43 ± 0,32	0,78	2,14	0,684 ± 0,354	0,338	1,20
Zn	8,16 ± 1,48	5,65	12,1	2,59 ± 0,41	1,92	3,21

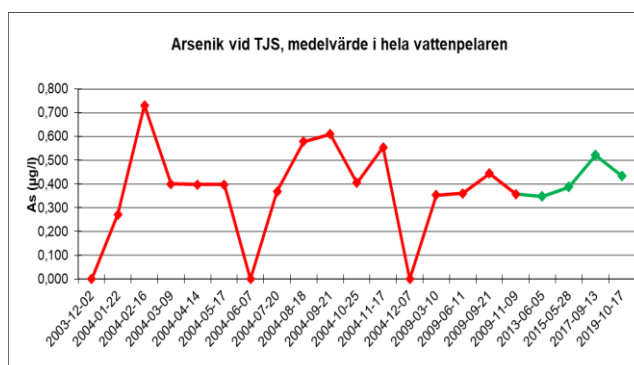


Diagram 125. Medelvärde av arsenik i Tjursbosjön Södra. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

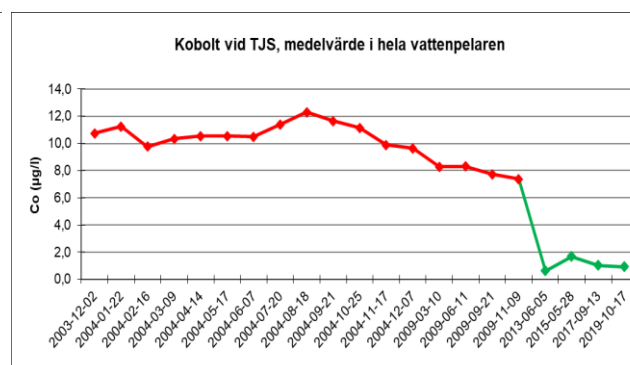


Diagram 126. Medelvärde av kobolt i Tjursbosjön Södra. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

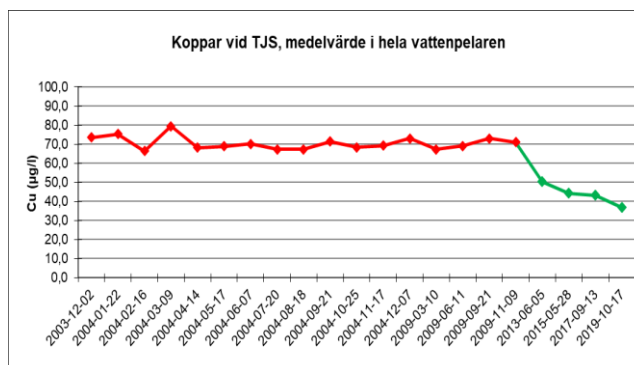


Diagram 127. Medelvärde av koppar i Tjursbosjön Södra. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

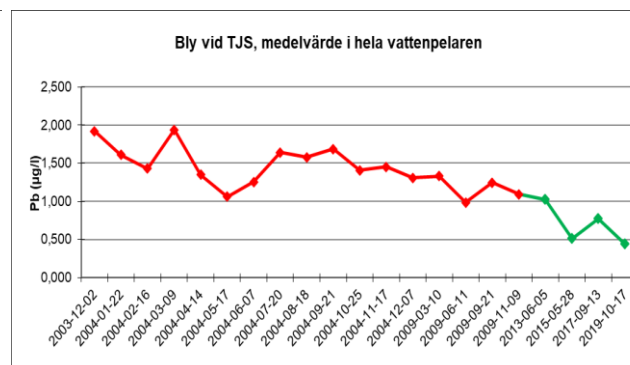


Diagram 128. Medelvärde av bly i Tjursbosjön Södra. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

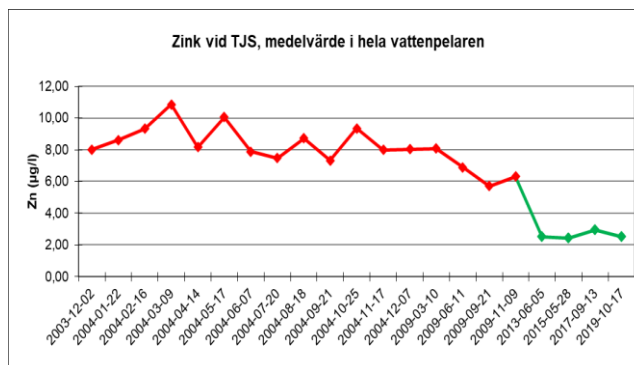


Diagram 129. Medelvärde av zink i Tjursbosjön Södra. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

Arsenikhalten i provpunkten har som medelvärde sjunkit med 5 % (men diagram X visar att halterna i stort är desamma som före efterbehandlingen), kobolthalten med ca 90 %, kopparhalten med ca 38 %, blyhalten med ca 52 % och zinkhalten med ca 68 % sedan efterbehandlingen.

Porvattenprovtagning i Tjursbosjön

Porvattenprovtagning skedde 2016 vid Tjursbosjöns mitt (TJM) för att undersöka om sedimenten ännu utgör en sänka för metaller eller om metaller börjat läcka från dem. Proven jämförs med två prover (n=2) tagna på samma plats under Huvudstudien.

Provtagning 2004-05-13: i bottenvattnet 2 cm över sedimentytan uppmättes pH 6,8, konduktivitet 144 $\mu\text{S}/\text{cm}$, redox 185 mV och syrgas 9,11 mg/l. pH i sediment låg på 6,14 i ytsediment och mellan 6,06–6,72 djupare i sedimentproppen.

Provtagning 2004-08-31: i bottenvattnet 2 cm över sedimentytan uppmättes pH 6,3, konduktivitet 76 $\mu\text{S}/\text{cm}$, redox 165 mV och syrgas 8,4 mg/l. pH i sediment låg på 6,09 i ytsediment och mellan 5,99–6,65 djupare i sedimentproppen.

Provtagning 2016-06-08: i bottenvattnet 2 cm över sedimentytan uppmättes pH 7,3, konduktivitet 97 $\mu\text{S}/\text{cm}$, redox 124 mV och syrgas 7,12 mg/l. pH i sediment låg på 6,52 i ytsediment och mellan 6,36–6,72 djupare i sedimentproppen.

Halterna av metaller har för kobolt, koppar och zink minskat i både vattnet precis ovanför sedimentytan samt i det översta porvattnet, medan halterna av dessa metaller i ytligt sediment ökat. För arsenik och bly ses inga skillnader.

Mätdata tolkas som att en ökad inbindning av framförallt arsenik, kobolt och zink i de ytliga sedimenten sker och de minskade halterna av kobolt, koppar och zink i bottenvattnet visar att inget läckage till vattenmassan från sedimenten för närvarande sker av dessa metaller. För arsenik och bly syns inte motsvarande minskning.

Endast resultaten från de översta 5 cm vad gäller porvatten- och sedimenthalter av metaller redovisas i tabellform i tabellerna 19–28 nedan. Diagrammen 130–141 redovisar halterna ner till 25–30 cm djup.

Tabell 18. Metallhalter i bottenvattnet 2 cm över sedimentytan vid Tjursbosjöns Mitt

TJM – metallhalt i bottenvattnet 2 cm över sedimentytan				
(µg/l)	Huvudstudie			Efterkontroll
	Medel	Min	Max	
Arsenik	0,76 ± 0,608	0,33	1,19	0,57
Kobolt	12,0 ± 0,283	11,8	12,2	4,48
Koppar	81,6 ± 11,4	73,6	89,7	43,5

Bly	1,52 ± 0,24	1,35	1,69	1,55
Zink	9,14 ± 1,11	8,35	9,92	4,01

Tabell 19. Metallhalter i porvatten 0–1 cm nivå vid Tjursbosjöns Mitt

TJM – metallhalt i porvatten 0–1 cm				
	Huvudstudie			Efterkontroll
(µg/l)	Medel	Min	Max	
Arsenik	0,956 ± 0,883	0,331	0,58	0,503
Kobolt	24,3 ± 2,90	22,2	26,3	4,56
Koppar	82,3 ± 8,91	76	88,6	63,1
Bly	18,2 ± 19,5	4,39	32	3,46
Zink	11,0 ± 1,43	9,98	12,0	14,5

Tabell 20. Metallhalter i sediment 0–1 cm nivå vid Tjursbosjöns Mitt

TJM – metallhalt i sediment 0–1 cm				
	Huvudstudie			Efterkontroll
(mg/kg TS)	Medel	Min	Max	
Arsenik ¹	-		26,8	70,3
Kobolt	542 ± 160	429	655	1410
Koppar	2985 ± 49,5	2950	3020	2590
Bly	779 ± 44,6	747	810	816
Zink	147 ± 0	147	147	228

¹) Endast en arsenikanalys lyckades på sediment 0–1 cm nivå under Huvudstudien

Tabell 21. Metallhalter i porvatten 0–1 cm nivå vid Tjursbosjöns Mitt

TJM – metallhalt i porvatten 1–2 cm				
	Huvudstudie			Efterkontroll
(µg/l)	Medel	Min	Max	
Arsenik	1,30 ± 0,735	0,781	1,82	1,98
Kobolt	42,9 ± 23,3	26,4	59,3	29,8
Koppar	65,0 ± 21,4	49,8	80,1	41,3
Bly	20,9 ± 22,1	5,22	36,5	9,1
Zink	14,0 ± 3,68	11,4	16,6	11,1

Tabell 22. Metallhalter i sediment 1–2 cm nivå vid Tjursbosjöns Mitt

TJM – metallhalt i sediment 1–2 cm				
	Huvudstudie			Efterkontroll
(mg/kg TS)	Medel	Min	Max	
Arsenik	27,1 ± 2,05	26	28,5	81,4
Kobolt	394 ± 30,4	372	415	587
Koppar	2990 ± 198	2850	3130	2730

Bly	827 ± 21,9	811	842	940
Zink	143 ± 1,4	142	144	210

Tabell 23. Metallhalter i porvatten 2–3 cm nivå vid Tjursbosjöns Mitt

TJM – metallhalt i porvatten 2–3 cm				
	Huvudstudie			Efterkontroll
(µg/l)	Medel	Min	Max	
Arsenik	1,08 ± 0,546	0,698	1,47	8,72
Kobolt	25,6 ± 2,76	23,6	27,5	37,4
Koppar	54,1 ± 15,7	43	65,2	54,9
Bly	23,7 ± 24,9	6,09	41,2	11,7
Zink	8,63 ± 2,93	6,56	10,7	8,52

Tabell 24. Metallhalter i sediment 2–3 cm nivå vid Tjursbosjöns Mitt

TJM – metallhalt i sediment 2–3 cm				
	Huvudstudie			Efterkontroll
(mg/kg TS)	Medel	Min	Max	
Arsenik	30,8 ± 6,72	26,4	35,5	47,4
Kobolt	327 ± 75,0	274	380	284
Koppar	3105 ± 219	2950	3260	3100
Bly	905 ± 84,9	845	965	963
Zink	143 ± 14	133	153	231

Tabell 25. Metallhalter i porvatten 3–4 cm nivå vid Tjursbosjöns Mitt

TJM – metallhalt i porvatten 3–4 cm				
	Huvudstudie			Efterkontroll
(µg/l)	Medel	Min	Max	
Arsenik	13,2 ± 12,3	4,57	21,9	33,1
Kobolt	25,9 ± 1,84	24,6	27,2	24,6
Koppar	72,8 ± 38,4	45,6	99,9	66,1
Bly	26,8 ± 25,0	9,13	44,5	12,2
Zink	10,8 ± 1,89	9,43	12,1	8,2

Tabell 26. Metallhalter i sediment 3–4 cm nivå vid Tjursbosjöns Mitt

TJM – metallhalt i sediment 3–4 cm				
	Huvudstudie			Efterkontroll
(mg/kg TS)	Medel	Min	Max	
Arsenik	29,0 ± 3,61	25,4	31,5	38,9
Kobolt	233 ± 15,6	222	244	324
Koppar	3630 ± 1358	2670	4590	4240
Bly	1097 ± 429	794	1400	1130
Zink	194 ± 101	122	266	272

Tabell 27. Metallhalter i porvatten 4–5 cm nivå vid Tjursbosjöns Mitt

TJM – metallhalt i porvatten 4–5 cm				
	Huvudstudie			Efterkontroll
($\mu\text{g/l}$)	Medel	Min	Max	
Arsenik	37,1 \pm 33,4	13,5	60,7	33,4
Kobolt	19,2 \pm 1,13	18,4	20	17,1
Koppar	43,8 \pm 1,98	42,4	45,2	39,5
Bly	31,6 \pm 25,3	13,7	49,5	9,04
Zink	6,81 \pm 2,37	5,13	8,48	4,44

Tabell 28. Metallhalter i sediment 4–5 cm nivå vid Tjursbosjöns Mitt

TJM – metallhalt i sediment 4–5 cm				
	Huvudstudie			Efterkontroll
(mg/kg TS)	Medel	Min	Max	
Arsenik	34,9 \pm 13,4	39	44,4	46,5
Kobolt	256 \pm 56,6	216	296	311
Koppar	4505 \pm 1322	3570	5440	4780
Bly	1240 \pm 269	1050	1430	1350
Zink	317 \pm 197	178	456	385

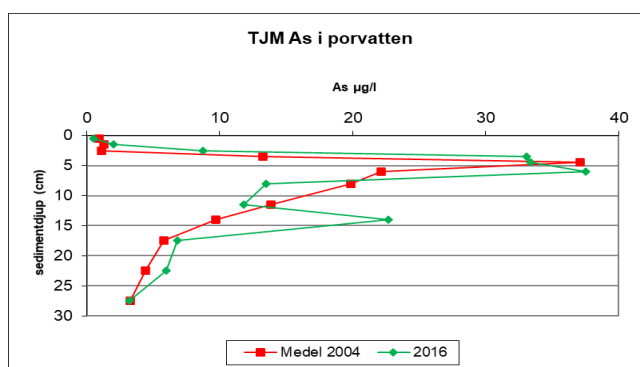


Diagram 130. Halter av arsenik i porvatten vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien.

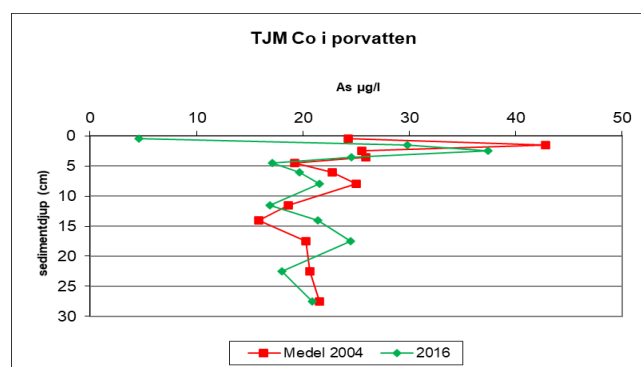


Diagram 131. Halter av kobolt i porvatten vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien.

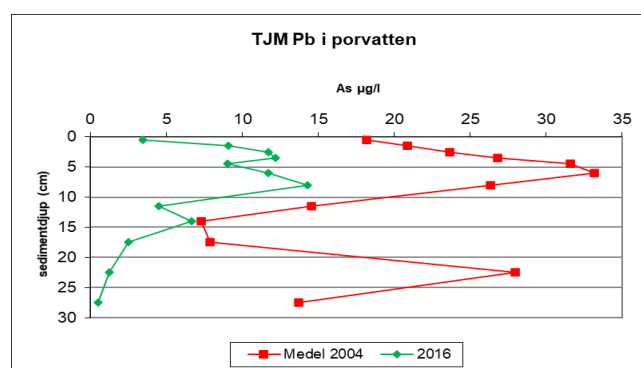
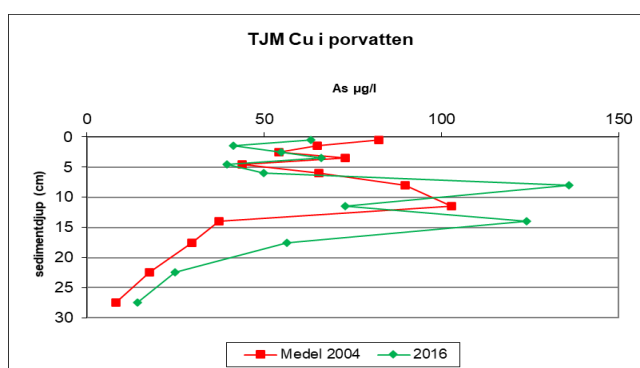


Diagram 132. Halter av koppar i porvatten vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien.

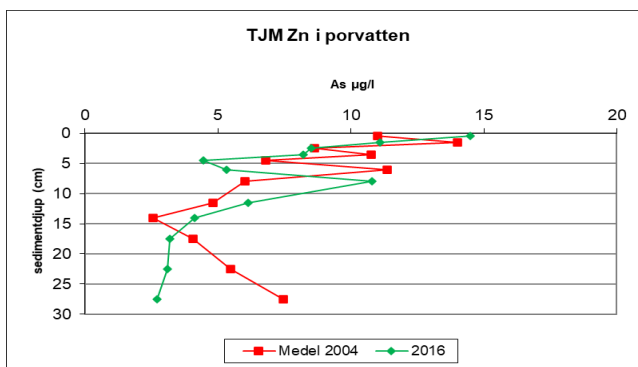


Diagram 133. Halter av bly i porvatten vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien.

Diagram 134. Halter av zink i porvatten vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien.

Halterna i bottenvattnet 2 cm över sedimentytan uppvisar rejäla minskningar när det gäller halterna av kobolt, koppar och zink, -62, -47 och -56 % jämfört med medelvärdena från Huvudstudien (se tabell 18). För arsenik och bly går inga skillnader att se. Dessa resultat (med undantag för bly) stämmer relativt bra med haltutvecklingen i Tjursbosjöns utlopp.

Även porvattenhalterna i det översta botten sedimentet (0–1 cm) uppvisar haltminskningar av framförallt kobolt och koppar, med 81 respektive 23 % jämfört med medelvärdena från Huvudstudien. Arsenik uppvisar ingen minskning. För bly är variationen väldigt stor mellan de två provtagningarna i Huvudstudien varför inget säkert kan sägas om utvecklingen där. För zink ligger halterna ca 32 % över de provtagningar som skedde före efterbehandlingen, detta avspeglas dock inte i vattenmassan där zink har en sjunkande trend.

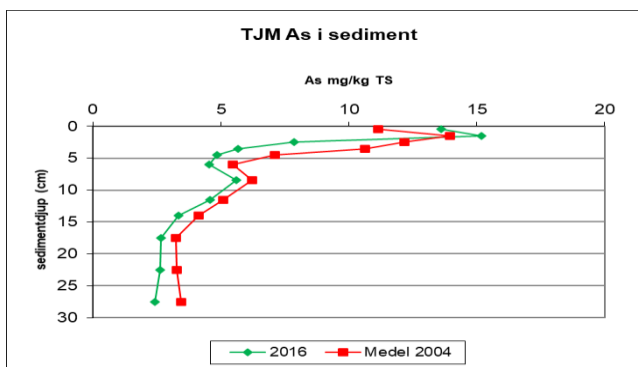


Diagram 135. Halter av arsenik i sediment vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien.

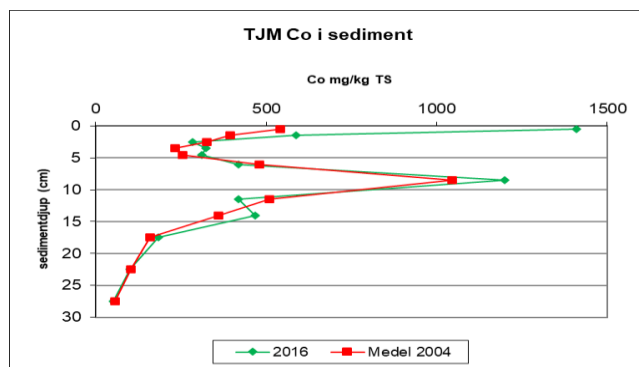


Diagram 136. Halter av kobolt i sediment vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien.

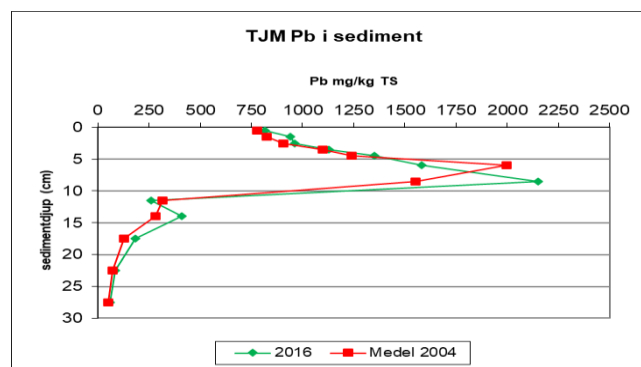
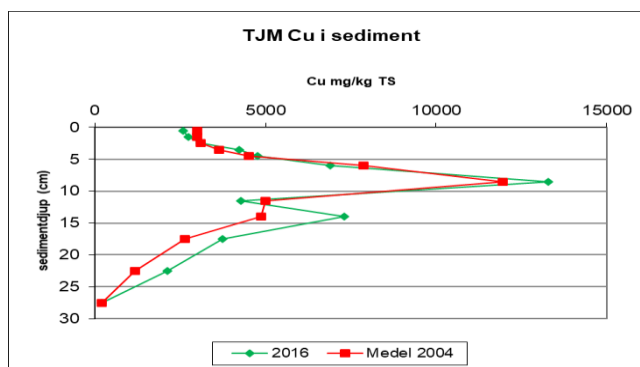


Diagram 137. Halter av koppar i sediment vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien.

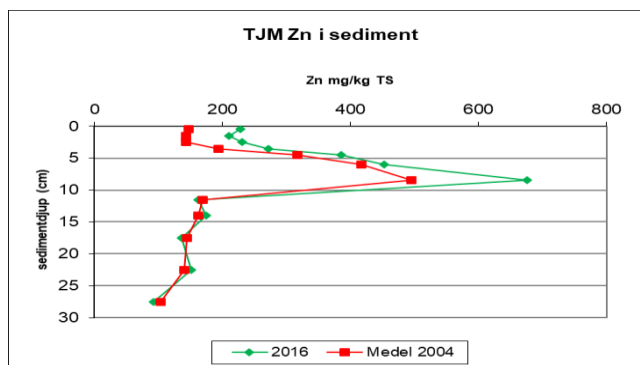


Diagram 138. Halter av bly i sediment vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien.

Diagram 139. Halter av zink i sediment vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien.

Halterna i ytsediment har ökat för arsenik med 262 %, kobolt med 260 % och zink med 155 % jämfört med resultaten från Huvudstudien medan halterna av koppar och bly kan anses relativt oförändrade. Koppar och bly är framförallt inbundna i sedimenten på ca 8–9 cm djup.

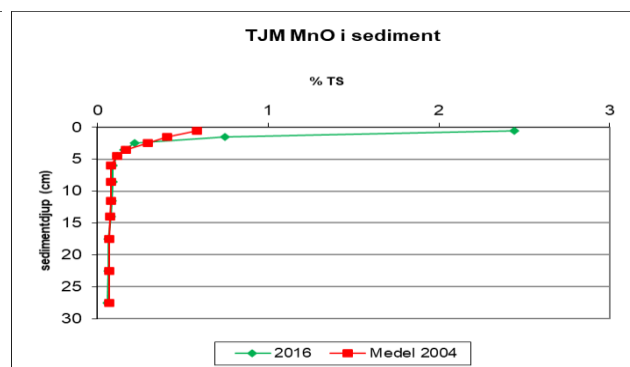
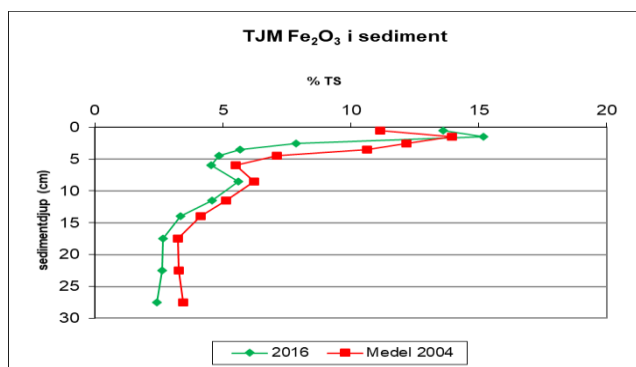


Diagram 140. Halter av järnoxid i sediment vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien

Diagram 141. Halter av manganoxid i sediment vid provtagningen 2016 jämfört med medelvärdet för de två proverna som togs under Huvudstudien

Analyser av järn- och manganoxidhydroxider i sedimentet, se diagram 140 och 141, visar att halterna av järnoxidhydroxider ligger på samma nivå som vid Huvudstudien medan halten av manganoxidhydroxid har ökat med ca 3 ggr. Järn- och manganoxidhydroxider har en metallbindande förmåga så länge som oxiderade förhållanden råder. Som tidigare nämnts är syrebrist inte ett problem i Tjursbosjön.

Spridning från Tjursbosjön till nedströms liggande sjösystem

Tjursbosjöns utlopp provtogs under Utökade förstudien, Huvudstudien och Referensundersökningarna. Provantal är (n= 65), utom för arsenik, där (n= 58) då halten vid sju provtagningar låg under rapporteringsgräns.

De värden som anges för respektive årtal 2013 – 2020 är medelvärdet av två årliga provtagningar. Provantal under Efterkontrollen är alltså (n= 17), då provtagningarna inleddes i november 2012.

Vid Tjursbosjöns utlopp har alla metaller utom arsenik sjunkit sedan efterbehandlingen. Ett av projektets åtgärds mål är att minska spridningen av koppar från Tjursbosjön till nedströms liggande sjösystem med 75 % efter genomförda efterbehandlingsåtgärder vid gruvområdet och med 90 % om även sedimenten i Tjursbosjön åtgärdas. Kopparhalten har fram till 2020 hittills sjunkit med lite drygt 50 % i Tjursbosjöns utlopp jämfört med halterna före efterbehandlingen.

Resultat, Tjursbosjöns utlopp

Tabell 29. Metallhalter i Tjursbosjöns utlopp.

Metaller vid Tjursbosjöns utlopp						
	Utökad förstudie, Huvudstudie och Referensundersökningar (µg/l)			Efterkontroll (µg/l)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Arsenik	0,401 ± 0,154*	<0,05	1,18	0,510 ± 0,198	0,364	0,763
Kobolt	11,4 ± 3,49	7,36	21,1	3,29 ± 4,48	1,37	20,4
Koppar	73,5 ± 6,7	58,8	87,8	44,2 ± 6,31	36	61,7
Bly	1,60 ± 0,67	0,95	5,51	0,947 ± 0,412	0,62	2,16
Zink	7,80 ± 1,91	4,9	13,2	3,32 ± 3,24	1,59	15,6

¹⁾ (n=58) för As, resterande värden under rapporteringsgräns

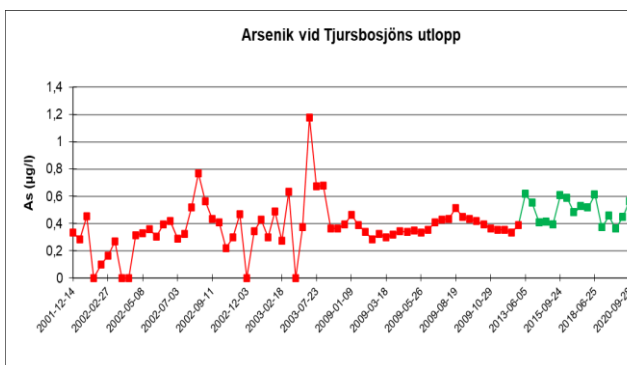


Diagram 142. Halter av arsenik i Tjursbosjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

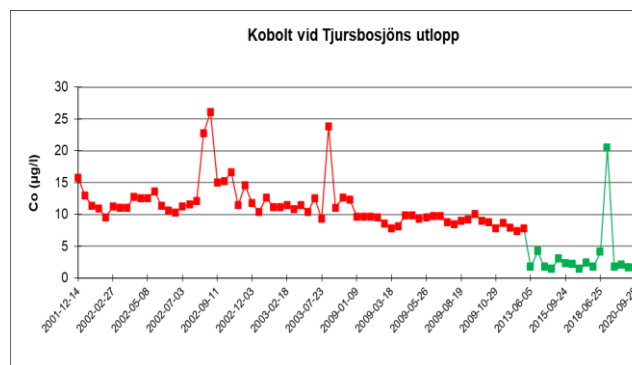


Diagram 143. Halter av kobolt i Tjursbosjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

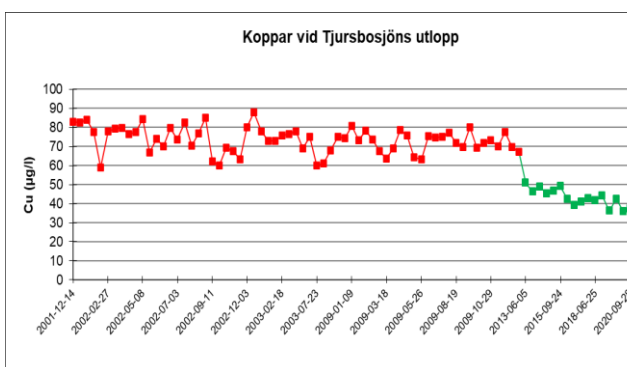


Diagram 144. Halter av koppar i Tjursbosjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

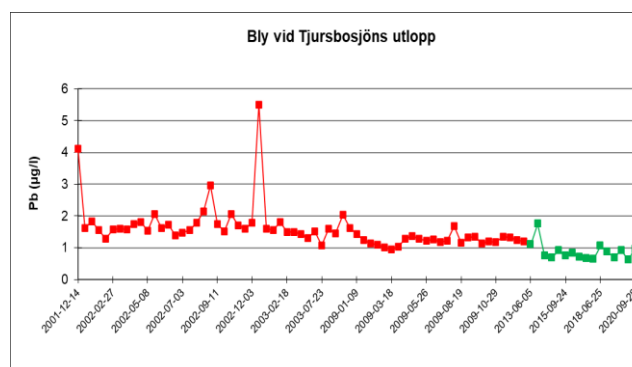


Diagram 145. Halter av bly i Tjursbosjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

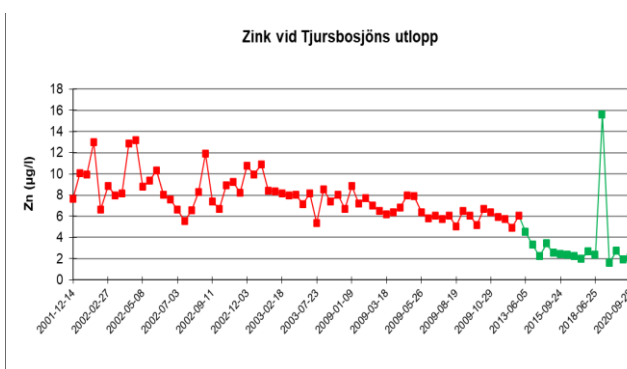


Diagram 146. Halter av zink i Tjursbosjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

Förutom arsenik har alla metallhalter sjunkit i Tjursbosjöns utlopp efter efterbehandlingen. Zinkhalten uppvisar en enstaka oförklarlig hög halt i december 2018 som även förekommer i Kyrksjöns inlopp vid samma tidpunkt men märkligt nog inte i de andra provpunkterna.

Kobolt uppvisar också en enstaka oförklarlig hög halt i december 2018 som inte går att se i någon av de andra provpunkterna. Dessa högre anomalier kan bero på att någon partikel med adsorberade metaller kommit med i analysen.

Fram till hösten 2020 har arsenikhalterna ökat med 26 %, kobolt har minskat med 86 %, koppar med ca 50 %, bly med ca 50 % och zink med ca 74 %. Ökningen av arsenik låter väldigt hög, men av diagram 142 framgår att halten efter efterbehandlingen pendlar mellan 0,4 och 0,6 µg/l vilket fortfarande får anses vara en relativt låg halt (Torsfallsån uppströms, som kan betraktas som lokal bakgrundshalt har arsenikmedelhalter på ca 0,37 µg/l, se tabell 34).

Provtagning av Ekenässjöns utlopp, Kyrksjöns in- och utlopp samt Perstorpsjöens utlopp.

Provtagning har skett i sjösystemet nedströms om Tjursbosjön för att följa återhämtningen efter efterbehandlingen. Provtagningarna gjordes var 14:e dag under Referenskontrollen och då är (n=25). Under Efterkontrollen har provtagning skett 2 gånger/år och (n=17) då provtagningarna inleddes i november 2012.

På grund av att de flesta metallhalter fluktuerar relativt mycket under Efterkontrollen har minskning eller ökning räknats på medelvärdet av analyserna under Efterkontrollen i stället för mot halterna vid provtagningarna 2020. Jämfört med resultaten från Referensundersökningen kan följande konstateras under Efterkontrollen:

Arsenikhalterna är ganska likartade i hela sjösystemet. På samtliga provpunkter har medelhalten ökat något.

Kobolthalterna är i praktiken som medelhalt oförändrad i Ekenässjöns utlopp och har ökat i Kyrksjöns in- och utlopp samt Perstorpsjöens utlopp.

Kopparhalterna har som medelhalt minskat något i Ekenässjöns utlopp, Kyrksjöns utlopp och Perstorpsjöens utlopp men ökat något i Kyrksjöns inlopp.

Blyhalterna har som medelhalt minskat i Ekenässjöns utlopp och Kyrksjöns utlopp, medan den ökat något i Kyrksjöns inlopp och Perstorpsjöens utlopp.

Zinkhalterna har som medelhalt ökat på alla provpunkter utom Kyrksjöns utlopp.

Den tydligaste skillnaden är att påslaget av metaller från Sohlbergsfältet ökat metallhalterna i Kyrksjöns inlopp samt att metallhalterna (utom koppar) i Perstorpsjöens utlopp har ökat trots att metallhalterna till Perstorpsjöen har minskat. Se mer nedan.

Resultat, Ekenässjöns utlopp

Ekenässjöns utlopp ser ut att uppvisa en trend med sjunkande halter av koppar efter efterbehandlingen, se diagram 149. För övriga metaller syns ingen egentlig skillnad.

Tabell 30. Metallhalter vid Ekenässjöns utlopp.

	Referensundersökningar ($\mu\text{g/l}$)			Efterkontroll ($\mu\text{g/l}$)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Arsenik	0,318 \pm 0,059	0,251	0,549	0,369 \pm 0,069	0,293	0,503
Kobolt	1,27 \pm 0,69	0,461	2,81	1,24 \pm 0,65	0,649	3,27
Koppar	19,5 \pm 6,38	11,8	33	15,3 \pm 2,96	10,9	21,4
Bly	0,217 \pm 0,12	0,087	0,574	0,228 \pm 0,12	0,086	0,607
Zink	2,92 \pm 1,84	0,634	6,68	6,07 \pm 13,0	0,864	54,8

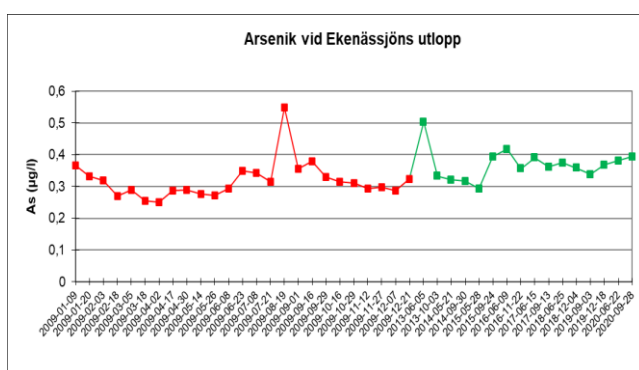


Diagram 147. Halter av arsenik i Ekenässjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

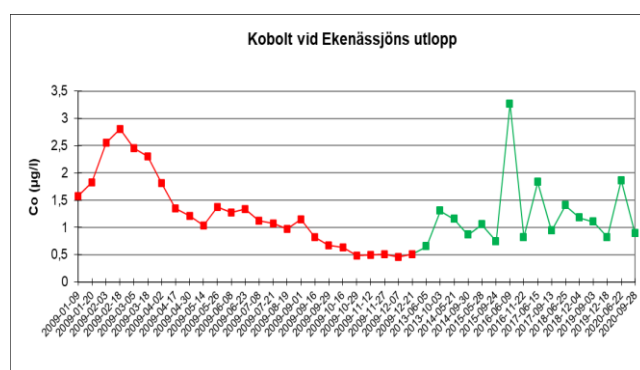


Diagram 148. Halter av kobolt i Ekenässjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

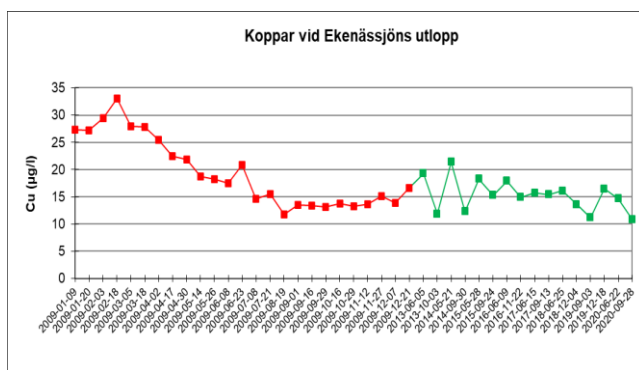


Diagram 149. Halter av koppar i Ekenässjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

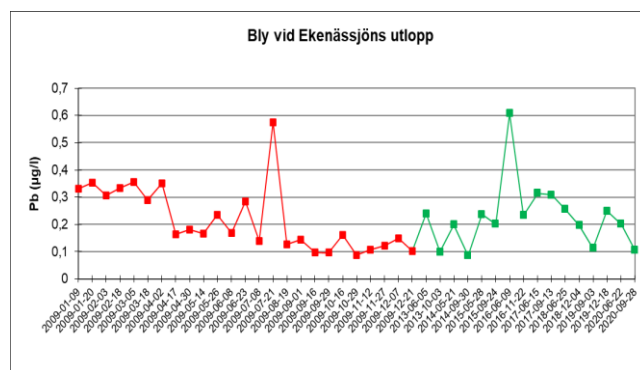


Diagram 150. Halter av bly i Ekenässjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

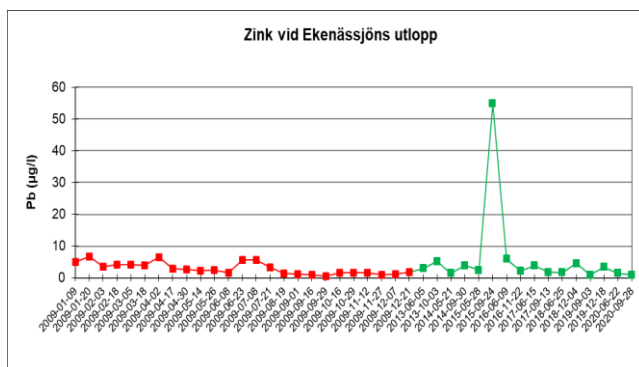


Diagram 151. Halter av zink i Ekenässjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

Före efterbehandlingen låg halterna i Ekenässjöns utlopp som medelvärde ca 20 % lägre för arsenik, ca 90 % lägre för kobolt, ca 75 % lägre för koppar, ca 85 % lägre för bly och ca 60 % lägre för zink jämfört med motsvarande halter i Tjursbosjöns utlopp. Större delen av metalltransporten från Tjursbosjön till Ekenässjön fastlades alltså i Ekenässjön.

Efter efterbehandlingen har halterna i Ekenässjöns utlopp som medelvärde varit ca 25 % lägre för arsenik, ca 63 % lägre för kobolt, ca 64 % lägre för koppar, ca 75 % lägre för bly och en ökning med ca 80 % för zink jämfört med motsvarande halter i Tjursbosjöns utlopp. Ökningen får helt tillskrivas det orimligt höga resultatet för zink i september 2015, som kan bero på att en partikel med adsorberad zink kommit med vid analysen. Räkner man bort det ligger zinkhalten ca 15 % lägre i Ekenässjöns utlopp än i Tjursbosjöns utlopp.

Jämfört med halterna före efterbehandlingen har medelhalterna i Ekenässjöns utlopp för arsenik ökat med 16 %, bly med 5 % och zink med hela 107 %. Räkner man bort det orimligt höga resultatet för zink i september 2015 blir resultatet i stället en minskning med 2 %. Halterna av kobolt har minskat med 2 % och koppar med 20 %.

Den enda helt säkerställda haltminskningen i Ekenässjöns utlopp har alltså skett för koppar.

Förutom arsenik (och zink, om man räknar med analysresultatet från september 2015) har skillnaderna i halter mellan Tjursbosjöns utlopp och Ekenässjöns utlopp minskat. Detta beror sannolikt på en tröghet i systemet och att metallhalterna i Tjursbosjön generellt minskat väldigt mycket jämfört med före efterbehandlingen än att Ekenässjön skulle ha gått från fastläggning till frigörelse av metaller.

Resultat, Kyrksjöns inlopp

I Kyrksjöns inlopp har alla metaller utom kopparhalten, som är i praktiken likadan som tidigare, ökat i halt sedan efterbehandlingen. De stora fluktuationerna i halter, som inte ses någon annanstans i sjösystemet, antas bero på tillfällena med större tillförsel av metaller från Sohlbergsfältet i samband med större mängder nederbörd, se tidigare resonemang under Grundvatten vid Sohlbergsfältet, bild 1 och 2 samt diagram 162–166.

Tabell 31. Metallhalter vid Kyrksjöns inlopp.

Metaller i Kyrksjöns inlopp						
	Referensundersökningar			Efterkontroll		
	(µg/l)			(µg/l)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Arsenik	0,313 ± 0,075	0,233	0,54	0,389 ± 0,099	0,243	0,584
Kobolt	1,40 ± 0,61	0,659	2,87	2,40 ± 1,73	0,254	7,23
Koppar	19,1 ± 5,67	10,4	30	20 ± 8,32	5,76	39,3
Bly	0,319 ± 0,13	0,154	0,742	0,460 ± 0,335	0,0916	1,43

Zink	2,94 ± 0,86	1,46	4,74	4,02 ± 2,97	1,36	13,4
------	-------------	------	------	-------------	------	------

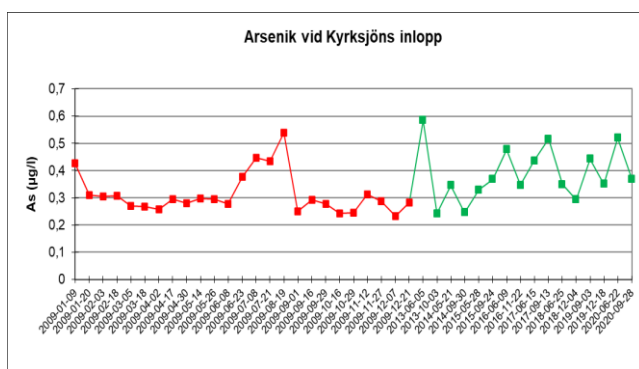


Diagram 152. Halter av arsenik i Kyrksjöns inlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

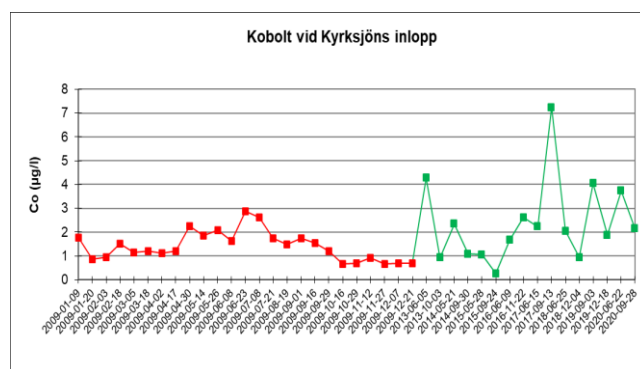


Diagram 153. Halter av kobolt i Kyrksjöns inlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

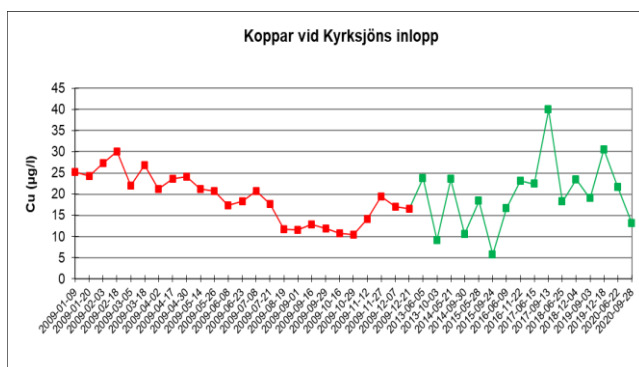


Diagram 154. Halter av koppar i Kyrksjöns inlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

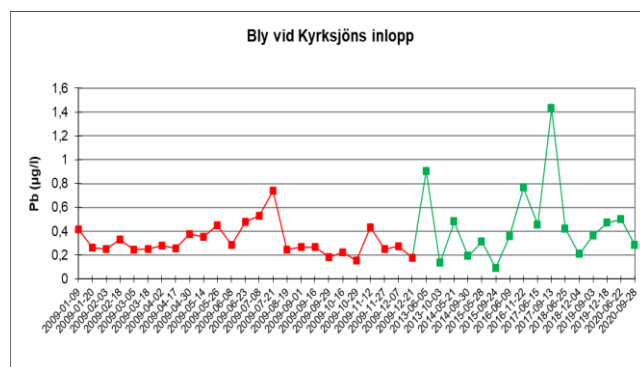


Diagram 155. Halter av bly i Kyrksjöns inlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

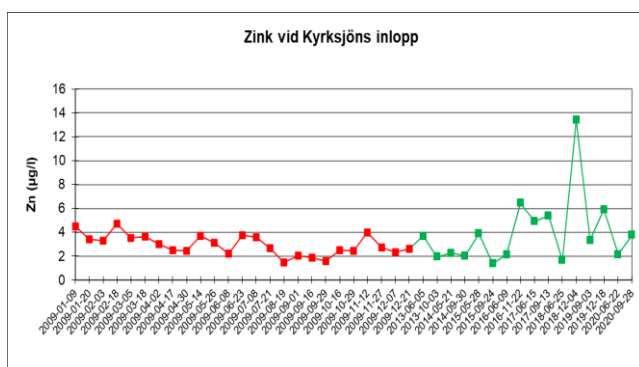


Diagram 156. Halter av zink i Kyrksjöns inlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

Halterna av metaller i Kyrksjöns inlopp har under Efterkontrollen som medelvärde varit 25 % högre för arsenik, 71 % för kobolt, 4 % för koppar, 44 % för bly och 37 % för zink jämfört med Referensundersökningarna.

Samtidigt framgår det tydligt av diagram 157–161 nedan att fluktuationerna är avsevärt större under Efterkontrollen än tidigare, samtliga metaller utom arsenik uppvisar såväl högre som lägre halter än under Referenskontrollen.

Jämförelse mellan Ekenässjöns utlopp och Kyrksjöns inlopp

Under Referenskontrollen konstaterades det att metallhalterna generellt var något högre vid Kyrksjöns inlopp än vid Ekenässjöns utlopp. Detta bedömdes bero på att Sohlbergsfältets avrinning sker mot Sundsholmsbäcken mellan Ekenässjön och Kyrksjön. Samtliga metaller visar som tidigare nämnts tydligare och större fluktuationer i halt vid Kyrksjöns inlopp efter efterbehandlingen än innan densamma.

Detta bedöms som tidigare nämnts bero på att avverkningen av träd och bortschaktande av vegetation vid Sohlbergsfältet lett till mer omedelbar avrinning från Sohlbergsfältet mot Sundsholmsbäcken än tidigare, se tidigare resonemang under Grundvatten på Sohlbergsfältet och bild 1 och 2.

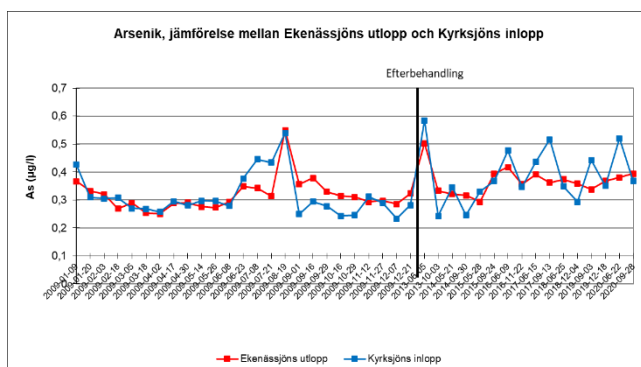


Diagram 157. Halter av arsenik i Ekenässjöns utlopp jämfört med Kyrksjöns inlopp. Röd linje är Ekenässjöns utlopp och blå linje är Kyrksjöns inlopp.

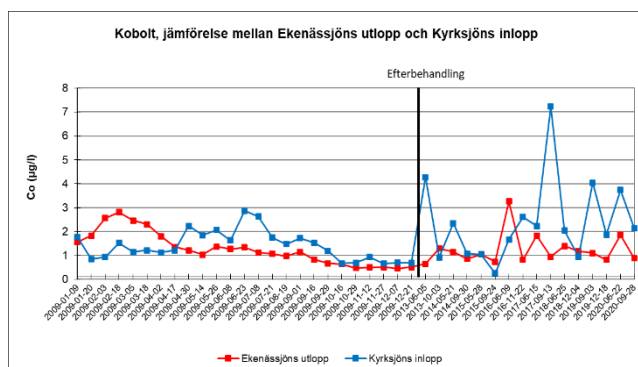


Diagram 158. Halter av kobolt i Ekenässjöns utlopp jämfört med Kyrksjöns inlopp. Röd linje är Ekenässjöns utlopp och blå linje är Kyrksjöns inlopp.

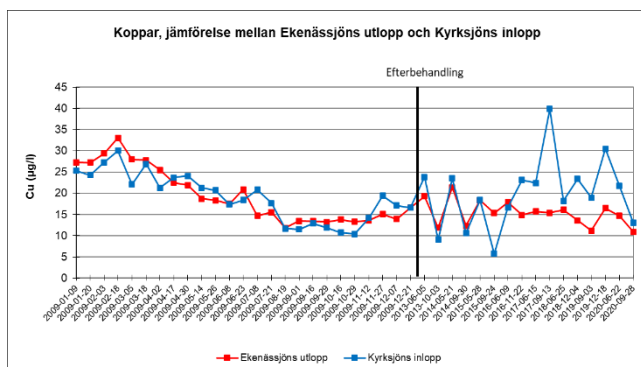


Diagram 159. Halter av koppar i Ekenässjöns utlopp jämfört med Kyrksjöns inlopp. Röd linje är Ekenässjöns utlopp och blå linje är Kyrksjöns inlopp.

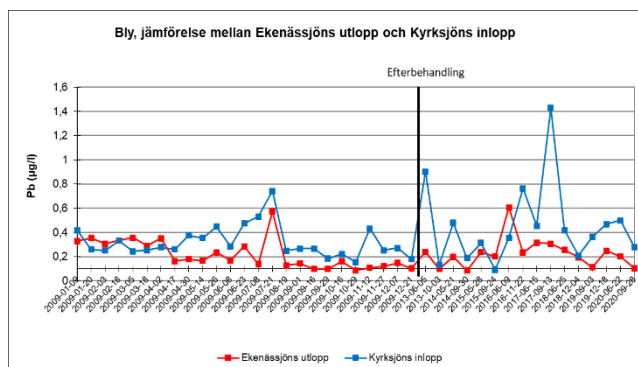


Diagram 160. Halter av bly i Ekenässjöns utlopp jämfört med Kyrksjöns inlopp. Röd linje är Ekenässjöns utlopp och blå linje är Kyrksjöns inlopp.

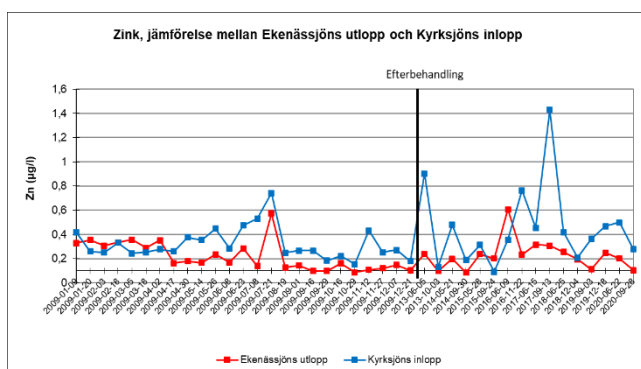


Diagram 161. Halter av zink i Ekenässjöns utlopp jämfört med Kyrksjöns inlopp. Röd linje är Ekenässjöns utlopp och blå linje är Kyrksjöns inlopp.

Kyrksjöns inlopp.

Före efterbehandlingen låg halterna i Kyrksjöns inlopp som medelvärden ca 10 % högre för kobolt och 47 % högre för bly jämfört med motsvarande halter i Ekenässjöns utlopp. För övriga metaller sågs inga egentliga skillnader sett till medelvärden (minskning eller ökning med 1–2 %). Vid ett antal provtagningar var ändå halterna av även de andra metallerna förutom kobolt och bly högre vid Kyrksjöns inlopp än vid Ekenässjöns utlopp.

Efter efterbehandlingen ligger arsenikhalten som medelvärde ca 5 %, kobolt ca 94 %, koppar ca 30 % och bly ca 102 % högre i Kyrksjöns inlopp jämfört med motsvarande halter i Ekenässjöns utlopp. Zink har som medelvärde minskat med ca 34 %, vilket beror på den orimligt höga analyserade halten i Ekenässjöns utlopp i december 2015. Räkningar bort den har även zink ökat med ca 40 %.

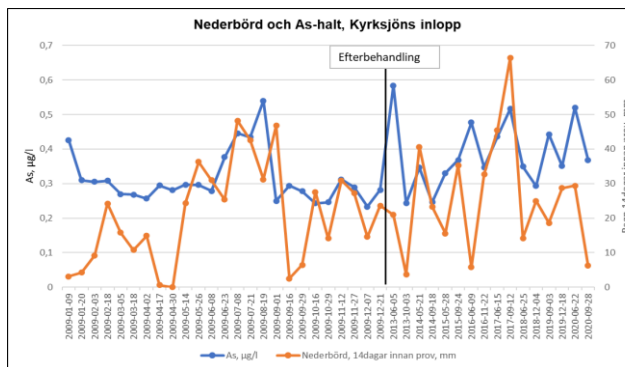


Diagram 162. Halter av arsenik i Kyrksjöns inlopp jämfört med ackumulerad nederbörd under 14 dagar före provtagning. Blå linje är arsenikhalt och orange linje är nederbörd.

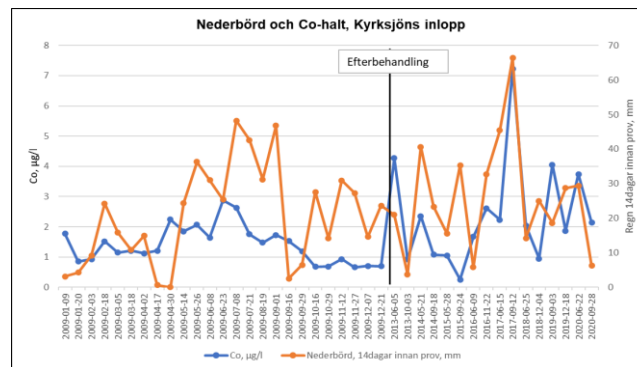


Diagram 163. Halter av kobolt i Kyrksjöns inlopp jämfört med ackumulerad nederbörd under 14 dagar före provtagning. Blå linje är kobolthalt och orange linje är nederbörd.

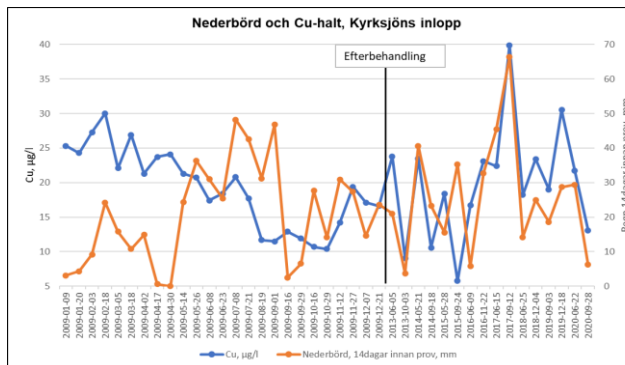


Diagram 164. Halter av koppar i Kyrksjöns inlopp jämfört med ackumulerad nederbörd under 14 dagar före provtagning. Blå linje är kopparhalt och orange linje är nederbörd.

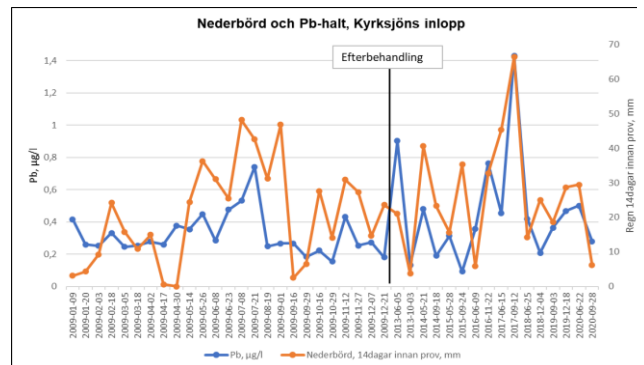


Diagram 165. Halter av bly i Kyrksjöns inlopp jämfört med ackumulerad nederbörd under 14 dagar före provtagning. Blå linje är blyhalt och orange linje är nederbörd.

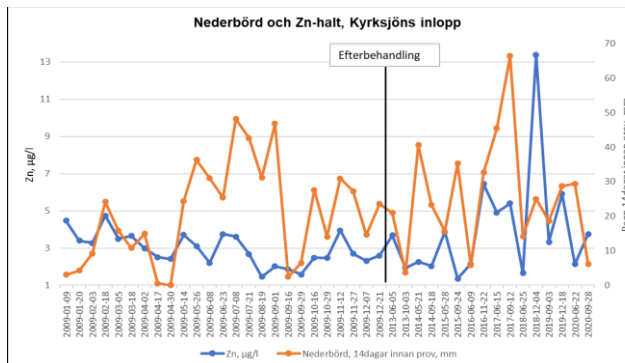


Diagram 166. Halter av zink i Kyrksjöns inlopp jämfört med ackumulerad nederbörd under 14 dagar före provtagning. Blå linje är zinkhalt och orange linje är nederbörd.

I diagram 162–166 jämförs halterna av metaller i Kyrksjöns inlopp med nederbörden under perioden 14 dagar före provtagningsdatum. För arsenik och zink syns inga korrelationer mellan nederbörd och metallhalt i Kyrksjöns inlopp (de för ögat nästan sammanfallande pikarna av nederbörd och zinkhalt under Efterkontrollen skiljer det 2,5 månader i tid på).

Under Referenskontrollen syns ingen tydlig korrelation mellan nederbörd och kobolt- och kopparhalt, medan en tidvis ganska tydlig samvariation syns efter efterbehandlingen. Detta styrker tidigare resonemang om att åtgärderna i samband med efterbehandlingen av Sohlbergsfältet lett till en utlakning av kobolt och koppar som tydligare har samband med nederbörden än före efterbehandlingen. För arsenik och zink syns ingen påvisbar samvariation medan bly ser ut att ha haft en viss, ibland ganska tydlig samvariation, redan innan efterbehandlingen.

En svaghet i jämförelsen är att det är den totala nederbördsmängden under 14 dagar som beräknats och den kan ha kommit tidigt eller sent eller jämnt fördelat över perioden, vilket inte visas i diagrammen. När under den beräknade perioden nederbörden kommer, mängd, intensitet och varaktighet etcetera är säkert faktorer som påverkar metalltransporten. Även med denna svaghet i beaktande får diagram 162–166 ovan ändå anses visa att ett samband mellan nederbörd och metalltransport från Sohlbergsfältet som påverkar halterna av metaller i Kyrksjöns inlopp är påvisbart efter efterbehandlingen.

Resultat, Kyrksjöns utlopp

Tabell 32. Metallhalter vid Kyrksjöns utlopp.

Metaller i Kyrksjöns utlopp						
	Referensundersökningar			Efterkontroll		
	(µg/l)			(µg/l)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Arsenik	0,316 ± 0,057	0,201	0,485	0,362 ± 0,059	0,27	0,453
Kobolt	0,51 ± 0,20	0,117	0,822	0,703 ± 0,415	0,29	1,58
Koppar	9,92 ± 4,87	4,22	21,2	7,50 ± 3,02	4,53	15,8
Bly	0,169 ± 0,12	0,0368	0,615	0,133 ± 0,096	0,0324	0,395
Zink	2,30 ± 1,85	0,428	8,02	1,29 ± 0,915	0,563	3,88



Diagram 167. Halter av arsenik i Kyrksjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

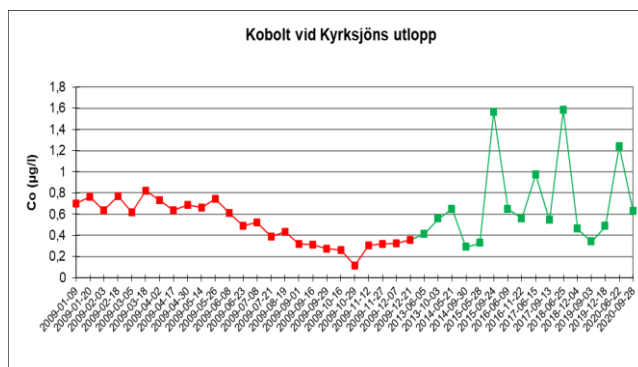


Diagram 168. Halter av kobolt i Kyrksjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

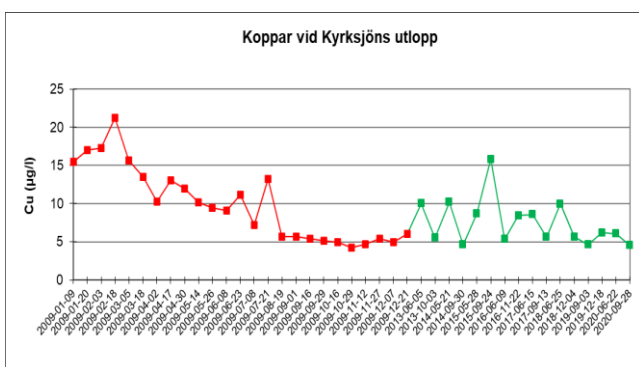


Diagram 169. Halter av koppar i Kyrksjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

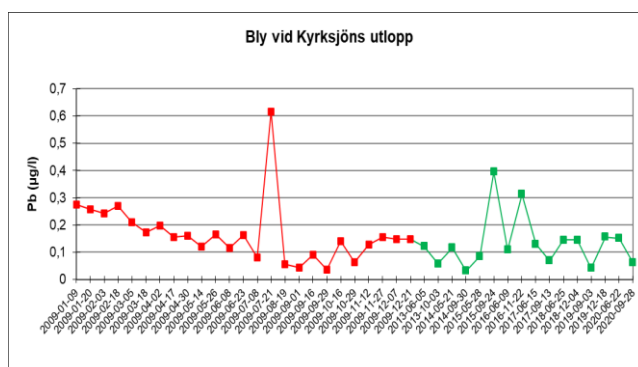


Diagram 170. Halter av bly i Kyrksjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

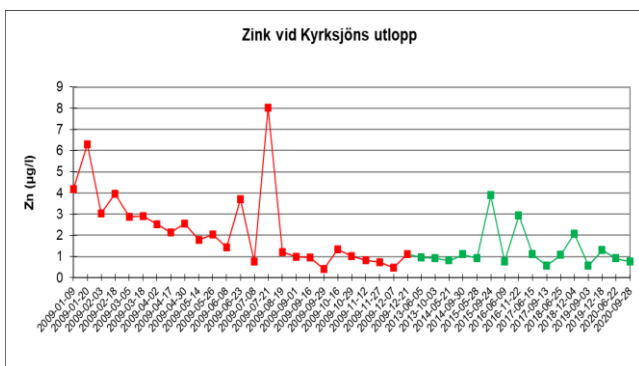


Diagram 171. Halter av zink i Kyrksjöns utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

Samtliga metallhalter i Kyrksjöns utlopp uppvisar större fluktuationer efter än före efterbehandlingen, dock sammanfaller inte variationerna mellan in- och utlopp. Fluktuationerna gör det svårt att se några trender i utvecklingen.

Arsenikhalterna i Kyrksjöns utlopp har som medelvärde ökat något, ca 15 %. Skillnaderna i halter mellan in- och utlopp är försumbara. Medelhalterna som uppmäts är i paritet med de som uppmäts i Torsfallsån uppströms (0,36–0,37 µg/l, se tabell 34) vilket kan anses som lokal bakgrundshalt av arsenik.

Kobolt uppvisar högre högsta halter under Efterkontrollen än före efterbehandlingen men sammanfaller inte med motsvarande högsta halter för Kyrksjöns inlopp. Som medelhalt har kobolt ökat med ca 37 % efter efterbehandlingen beroende på fyra prov med för

provpunkten högre halter. Uppmätta medelhalter ligger ca 2–3 ggr högre än motsvarande halter i Torsfallsån uppströms (0,23–0,24 µg/l, se tabell 34) vilket kan anses som lokal bakgrundshalt av kobolt.

Som medelhalt har kopparhalten minskat med ca 24 % i provpunkten sedan efterbehandlingen. Uppmätta medelhalter ligger ca 4 ggr (med stora variationer mellan proven) högre än motsvarande halter i Torsfallsån uppströms (1,8–2,0 µg/l, se tabell 34) vilket kan anses som lokal bakgrundshalt av koppar.

Bly har som medelhalt minskat med ca 21 % sedan efterbehandlingen. Uppmätta medelhalter är bara hälften så höga som motsvarande halter i Torsfallsån uppströms (0,28 µg/l, se tabell 34) vilket kan anses som lokal bakgrundshalt varför blyhalterna får anses som låga i provpunkten.

Zinkhalterna har som medelvärde sjunkit med ca 43 % sedan efterbehandlingen. Uppmätta medelhalter är bara omkring hälften så höga som motsvarande halter i Torsfallsån uppströms (2,3–2,6 µg/l, se tabell 34) vilket kan anses som lokal bakgrundshalt varför även zinkhalterna får anses som låga i provpunkten.

Jämfört med medelhalterna i Kyrksjöns inlopp var medelhalterna under Referenskontrollen oförändrade för arsenik, 63 % lägre för kobolt, 48 % lägre för koppar, 47 % lägre för bly och 22 % lägre för zink. Under Efterkontrollen var motsvarande förändringar 7 % lägre för arsenik, 71 % för kobolt, 62 % för koppar, 71 % för bly och 68 % för zink. Precis som tidigare fungerar Kyrksjön som en fälla för metallerna och fastläggningen är i praktiken högre än tidigare eftersom halterna vid Kyrksjöns inlopp har ökat.

Resultat, Perstorps gölens utlopp

Tabell 33. Metallhalter i Perstorps gölens utlopp.

Metaller i Perstorps gölens utlopp						
	Referensundersökningar (µg/l)			Efterkontroll (µg/l)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Arsenik	0,315 ± 0,046	0,247	0,437	0,499 ± 0,234	0,306	1,21
Kobolt	0,485 ± 0,31	0,184	1,15	2,40 ± 4,44	0,267	18,8
Koppar	6,33 ± 3,78	1,82	15,1	5,20 ± 1,49	2,78	8,14
Bly	0,183 ± 0,123	0,0648	0,634	0,462 ± 0,617	0,138	2,7
Zink	2,06 ± 0,9	0,89	4,03	7,85 ± 11,7	1,79	46,5

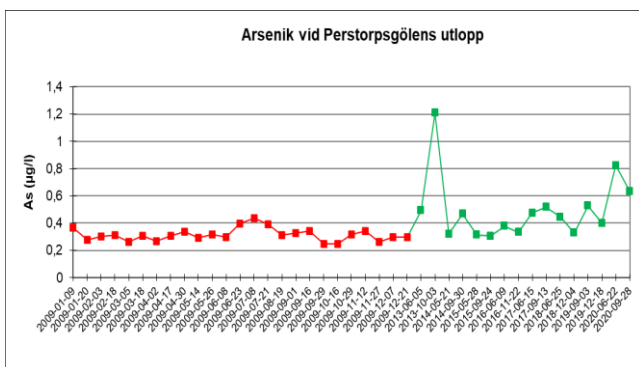


Diagram 172. Halter av arsenik i Perstorps gölens utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

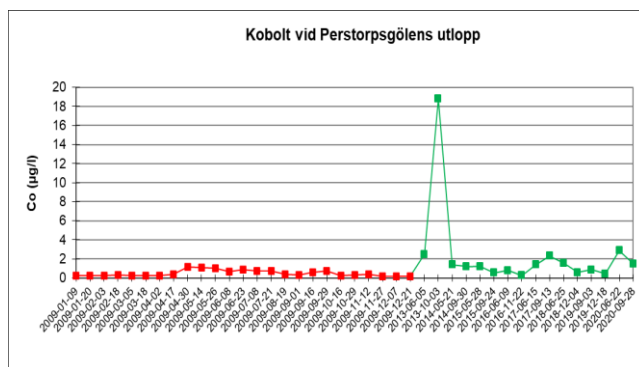


Diagram 173. Halter av kobolt i Perstorps gölens utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

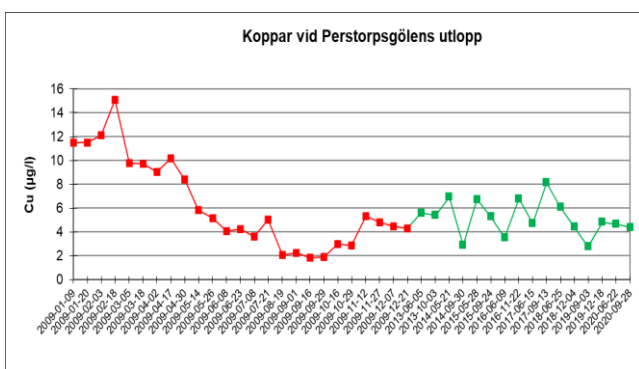


Diagram 174. Halter av koppar i Perstorps gölens utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

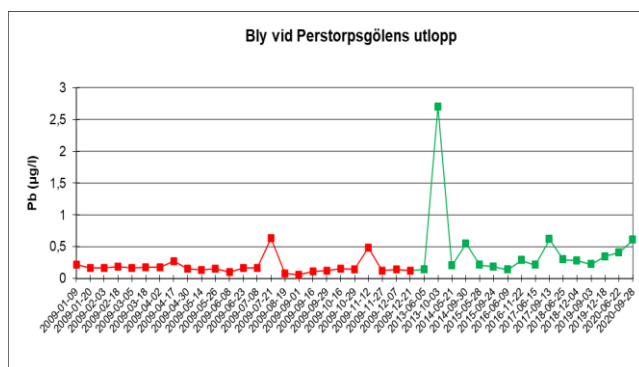


Diagram 175. Halter av bly i Perstorps gölens utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

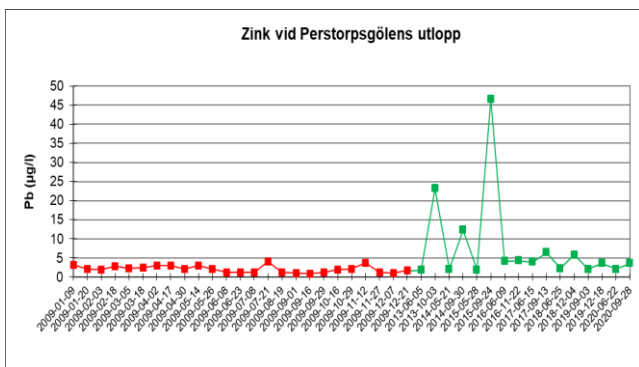


Diagram 176. Halter av zink i Perstorps gölens utlopp. Röd linje markerar resultat under Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

Samtliga metallhalter i Perstorps gölens utlopp uppvisar större fluktuationer efter än före efterbehandlingen, dock sammanfaller inte variationerna med motsvarande variationer i Kyrksjöns utlopp. Fluktuationerna gör det svårt att se några trender i utvecklingen, förutom arsenik och bly som båda ser ut att ha en svagt uppgående trend.

Vid de tillfällen högre halter av kobolt och bly har uppmätts sammanfaller dessa med motsvarande högre halter av järn och mangan, vilket tyder på att topphalterna orsakats av syrebrist i Perstorps gölen. De allra högsta halterna av arsenik, kobolt och bly har sannolikt sin förklaring i att en partikel med adsorberade metaller följt med i analysen. I detta prov från 2013-10-03 uppmättes även höga halter även av järn (6,5 mg/l mot vanligtvis 0,5–2,3 mg/l), mangan (1290 µg/l mot vanligtvis 11–424 µg/l), krom (1,57 µg/l mot vanligtvis 0,15–

0,75 µg/l) och fosfor (242 µg/l mot vanligtvis 24–102 µg/l) vilket talar för att resultaten från detta prov bör betraktas som en anomali.

Arsenikhalterna i Perstorps gölens utlopp har som medelvärde ökat med ca 33 % sedan efterbehandlingen. Medelhalten som uppmäts är ca 25 % högre än vad som uppmäts i Torsfallsån uppströms (0,36–0,37 µg/l, se tabell 34) vilket kan anses som lokal bakgrundshalt av arsenik.

Som medelhalt har kobolt ökat med ca 394 % efter efterbehandlingen, detta får framförallt tillskrivas den mycket höga halt på 18,8 µg/l som uppmättes 2013-10-03, näst högsta uppmätta halt är 2,88 µg/l. Uppmätta medelhalter ligger ca 5 ggr högre än motsvarande halter i Torsfallsån uppströms (0,23–0,24 µg/l, se tabell 34) vilket kan anses som lokal bakgrundshalt av kobolt.

Som medelhalt har kopparhalten minskat med ca 11 % i provpunkten sedan efterbehandlingen. Uppmätta medelhalter ligger ca 3 ggr högre än motsvarande halter i Torsfallsån uppströms (1,8–2,0 µg/l, se tabell 34) vilket kan anses som lokal bakgrundshalt av koppar.

Bly har som medelhalt ökat med ca 185 % sedan efterbehandlingen. Ett väldigt högt värde uppmätt 2013-10-03 (2,7 µg/l, näst högsta uppmätta halt är 0,67 µg/l) drar upp medelhalten under Efterkontrollen. Uppmätt medelhalt är knappt dubbelt så hög som motsvarande halter i Torsfallsån uppströms (0,28 µg/l, se tabell 34).

Zinkhalterna har som medelvärde ökat med 223 % efter efterbehandlingen. Två mycket höga rapporterade halter drar upp medelvärdet. Uppmätt medelhalt är ca 2,5 ggr högre än motsvarande halter i Torsfallsån uppströms (2,3–2,6 µg/l, se tabell 34) vilket kan anses som lokal bakgrundshalt.

Jämfört med medelhalterna i Kyrksjöns utlopp var medelhalterna i Perstorps gölens utlopp under Referenskontrollen oförändrade för arsenik, 5 % lägre för kobolt, 36 % lägre för koppar, 9 % högre för bly och 10 % lägre för zink. Under Efterkontrollen var motsvarande förändringar 33 % högre för arsenik, 95 % högre för kobolt, 32 % lägre för koppar, 265 % högre för bly och 495 % högre för zink. För koppar har Perstorps gölen hela tiden fungerat som en fälla medan övriga metaller visat små förändringar i halt. Även med anomalihalterna i provet från 2013-10-03 borträknade har medelhalterna i utgående vatten från Perstorps gölen ökat sedan efterbehandlingen.

Resultaten under Efterkontrollen visar att Perstorps gölen gått från att vara en fälla för alla metaller till att bli en källa förutom för koppar. Det finns inget som tyder på att efterbehandlingen på något sätt orsakat detta då halterna av metaller till Perstorps gölen från Kyrksjön har minskat sedan efterbehandlingen. Perstorps gölen är mer ett igenvuxet kärr än en göl och löper sannolikt stor risk att periodvis drabbas av syrebrist (periodvis dålig vattenomsättning, liten vattenvolym i förhållande till ytan och högt innehåll av organiskt material) vilket då leder till frisättning av metaller som bundits till järn- och manganoxidhydroxider. Om detta varit fallet förklarar det dock inte varför inte kopparhalterna också ökat.

Perstorps gölens utlopp är en i sig inte helt oproblematiske provpunkt. Diket nedströms Perstorps gölen i vilket proverna tas avleder även vatten från smågölarne Övre göl, Dockgölen, Lomme göl och Norrkättilsgöl samt från dikessystemet på Sundsholms säteri.

Gölarna är små skogsgölar utan egentlig bebyggelse (det finns ett fritidshus utan indraget vatten eller avlopp vid Dockgölen) eller jordbruk runtomkring. Sundsholm har endast vallodling och bete på sina åkrar, ingen mineralgödsel eller bekämpningsmedel används, dock rör det sig om stora marker som avvattnas till denna provpunkt.

Provtagning av Torsfallsån

Provtagning av Torsfallsån sker uppströms om Hyttområdet och det gamla (under efterbehandlingen bortgrävda) slaggupplaget och nedströms om detsamma vid de provpunkter som användes i Huvudstudien och Referensundersökningarna. Provpunkternas placering återfinns i karta 4.

Torsfallsån går genom både skog och en del jordbruksmark och de halter som mäts uppströms om de tidigare förorenade områdena vid Hyttan kan anses som ganska representativa för bakgrundshalter då man tittar på de andra vattendragen.

Under Huvudstudien och Referensundersökningarna är (n=40) och under Efterkontrollen (n=17) då provtagningarna inleddes i november 2012.

Vid de allra flesta provtagningarna både före och efter efterbehandlingen var arsenikhalterna nedströms om slaggområdet högre än uppströms, vilket tolkas som att ett påslag kontinuerligt sker från området. Påslaget ser ut - tolkat med viss försiktighet - att kunna ha ökat något efter efterbehandlingen. Se diagram 187.

Även kobolt- och kopparhalterna i Torsfallsån är vid i princip alla provtagningar högre nedströms om Hyttområdet och gamla slaggupplaget än uppströms, vilket tolkas som att påslag av dessa metaller ännu sker. Dock är påslaget något mindre under efterkontrollen än under Huvudstudie och Referensundersökningar. Se diagram 188 och 189.

Bly- och zinkhalterna fluktuerar mer både upp- och nedströms Hyttområdet och gamla slaggupplaget än arsenik, kobolt och zink. Vid en jämförelse av medelhalter ser det ut som att blypåslaget nedströms har ökat något och zinkpåslaget minskat något under Efterkontrollen jämfört med Huvudstudie och Referensundersökningar. Detta noteras med viss försiktighet eftersom fluktuationerna gör det svårt att säga om det verkligen är så, av diagram 190 och 191 framgår att det ännu inte är några egentliga större skillnader uppströms och nedströms efter efterbehandlingen än innan detsamma.

Det är troligt, med tanke på att området har använts för framställning av metaller i flera hundra år, att det finns mycket metaller upplagrade i området och att halterna kommer att sjunka efterhand som en urlakning sker när lejonparten av de förorenade massorna i och med efterbehandlingen tagits bort men att återhämtningen kan ta tid.

Resultat, Torsfallsån uppströms Hyttområdet och gamla slaggupplaget

Tabell 34. Metallhalter i Torsfallsån uppströms Hyttområdet och gamla slaggupplaget

	Referensundersökningar ($\mu\text{g/l}$)			Efterkontroll ($\mu\text{g/l}$)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Arsenik	0,372 \pm 0,128	0,245	0,913	0,356 \pm 0,068	0,249	0,491
Kobolt	0,23 \pm 0,28	0,069	1,19	0,24 \pm 0,25	0,0517	1,04
Koppar	1,96 \pm 1,24	0,91	6,01	1,83 \pm 1,39	0,839	5,61
Bly	0,279 \pm 0,217	0,106	1,04	0,277 \pm 0,273	0,094	1,08
Zink	2,35 \pm 1,41	0,793	6,57	2,55 \pm 3,84	0,776	16,4

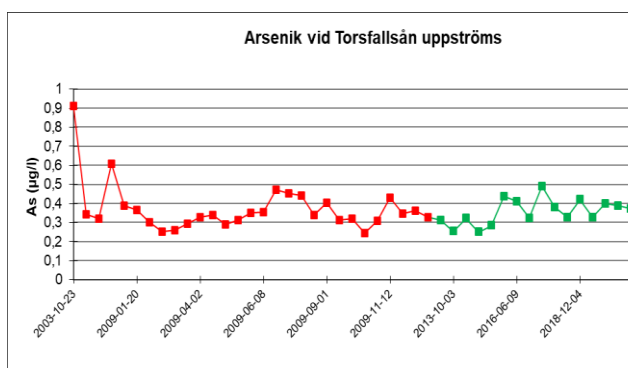


Diagram 177. Halter av arsenik i Torsfallsån uppströms Hyttområdet. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

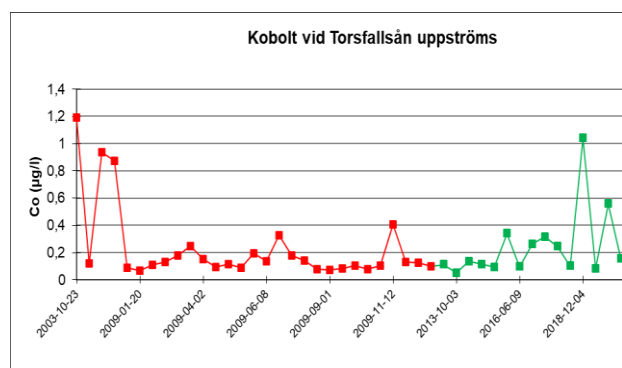


Diagram 178. Halter av kobolt i Torsfallsån uppströms Hyttområdet. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

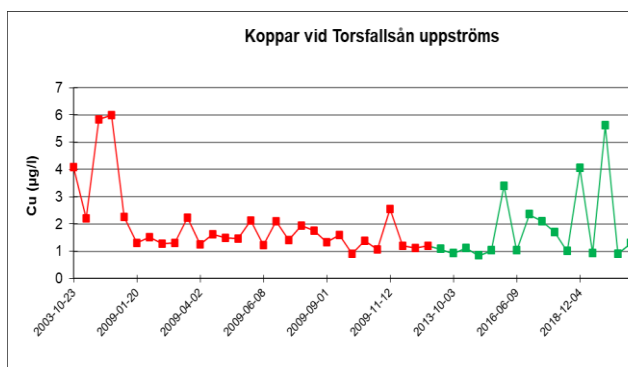


Diagram 179. Halter av koppar i Torsfallsån uppströms Hyttområdet. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

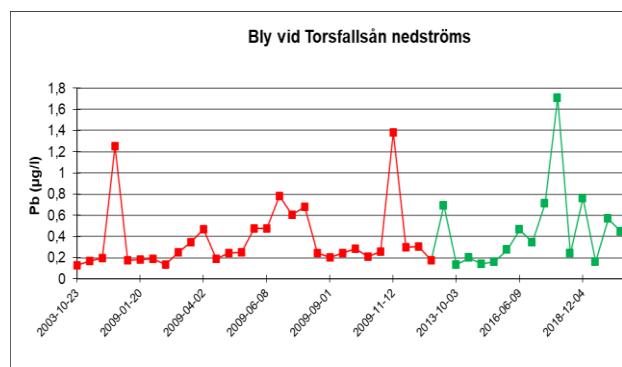


Diagram 180. Halter av bly i Torsfallsån uppströms Hyttområdet. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

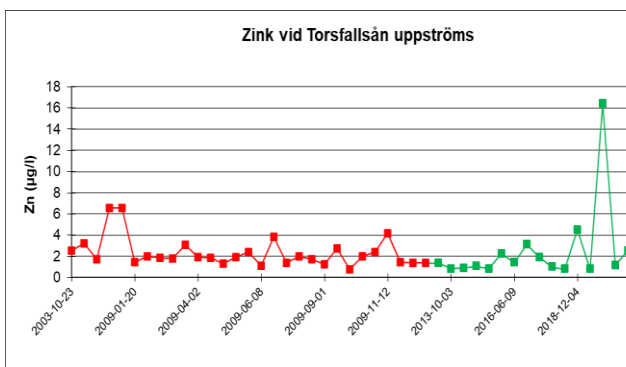


Diagram 181. Halter av zink i Torsfallsån uppströms Hyttområdet. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

Resultat, Torsfallsån nedströms Hyttområdet och gamla slaggupplaget

Tabell 35. Metallhalter i Torsfallsån nedströms Hyttområdet och gamla slaggupplaget

Metaller i Torsfallsån nedströms	Referensundersökningar (µg/l)			Efterkontroll (µg/l)		
	Medel	Min	Max	Medel	Min	Max
Arsenik	0,497 ± 0,061	0,304	0,818	0,589 ± 0,311	0,322	1,63
Kobolt	1,07 ± 2,08	0,219	11,5	0,86 ± 0,91	0,212	3,62
Koppar	5,29 ± 8,39	2,15	48	4,51 ± 2,99	1,46	11,9
Bly	0,372 ± 0,309	0,127	1,38	0,469 ± 0,395	0,133	1,71
Zink	2,58 ± 2,80	0,902	15,5	2,52 ± 2,33	0,638	10,1

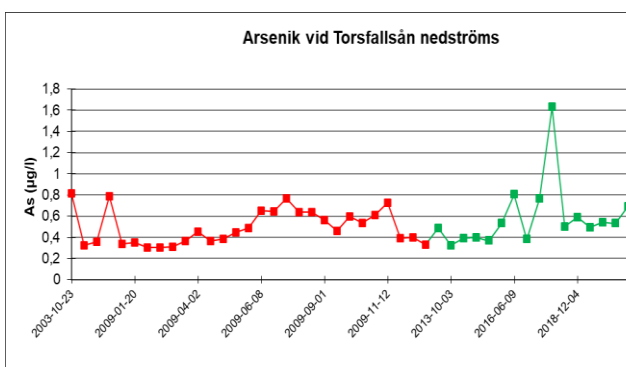


Diagram 182. Halter av arsenik i Torsfallsån nedströms Hyttområdet. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

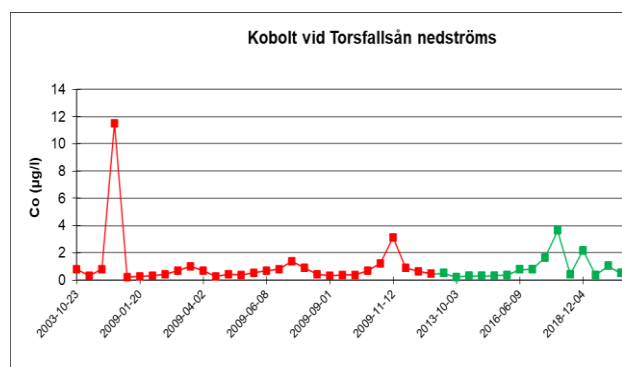


Diagram 183. Halter av kobolt i Torsfallsån nedströms Hyttområdet. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

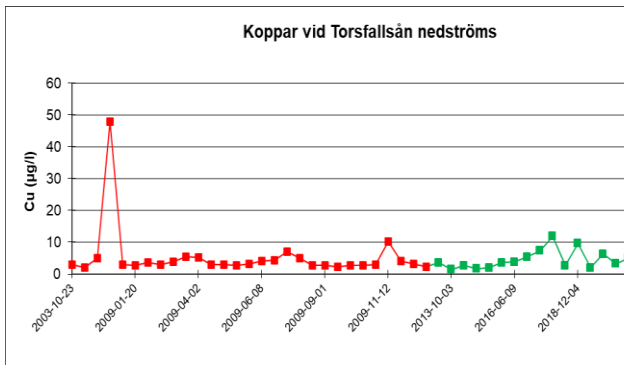


Diagram 184. Halter av koppar i Torsfallsån nedströms Hyttområdet. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

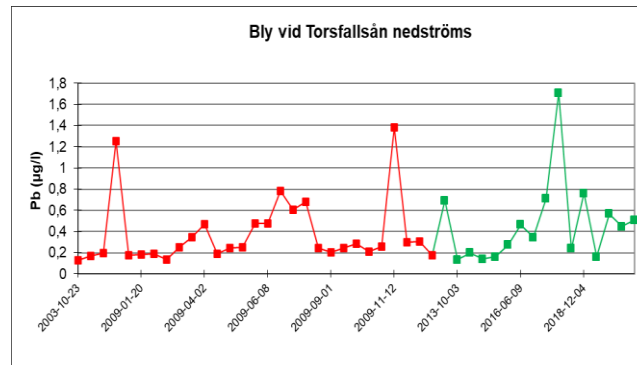


Diagram 185. Halter av bly i Torsfallsån nedströms Hyttområdet. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

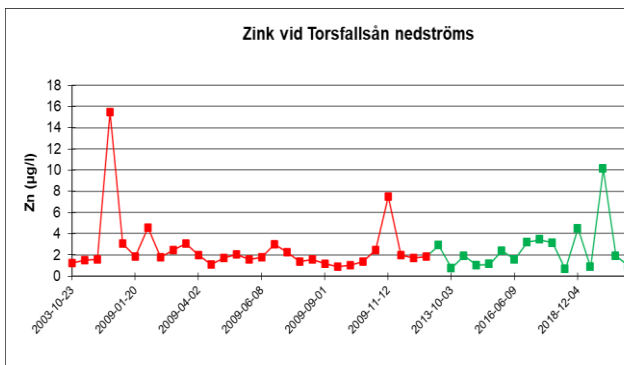


Diagram 186. Halter av zink i Torsfallsån nedströms Hyttområdet. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen

Jämförelse mellan Torsfallsån upp- och nedströms Hyttområdet och gamla slaggupplaget.

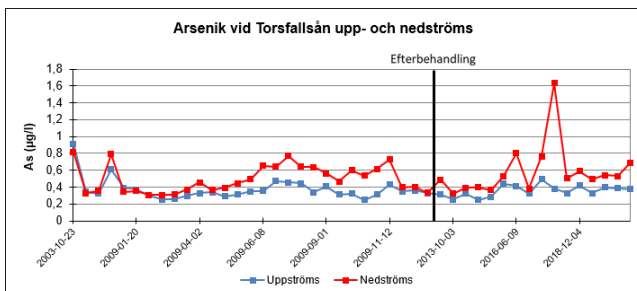


Diagram 187. Halter av arsenik i Torsfallsån uppströms och nedströms om Hyttområdet. Blå linje markerar resultat uppströms och röd linje markerar resultat nedströms om Hyttområdet.

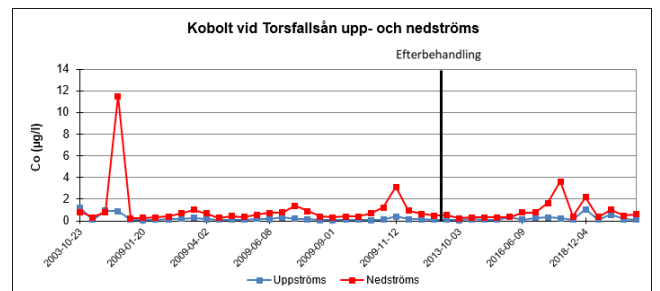


Diagram 188. Halter av kobolt i Torsfallsån uppströms och nedströms om Hyttområdet. Blå linje markerar resultat uppströms och röd linje markerar resultat nedströms om Hyttområdet.

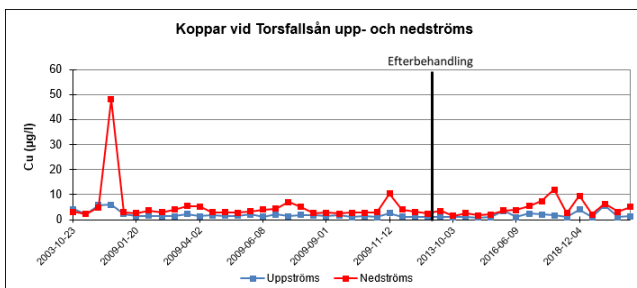


Diagram 189. Halter av koppar i Torsfallsån uppströms och nedströms om Hyttområdet. Blå linje markerar resultat uppströms

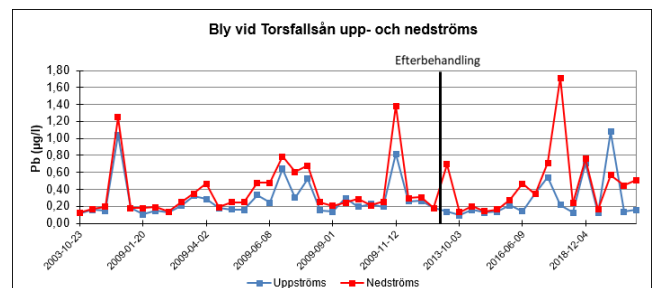


Diagram 190. Halter av bly i Torsfallsån uppströms och nedströms om Hyttområdet. Blå linje markerar resultat uppströms och röd linje

och röd linje markerar resultat nedströms om Hyttområdet.

markerar resultat nedströms om Hyttområdet.

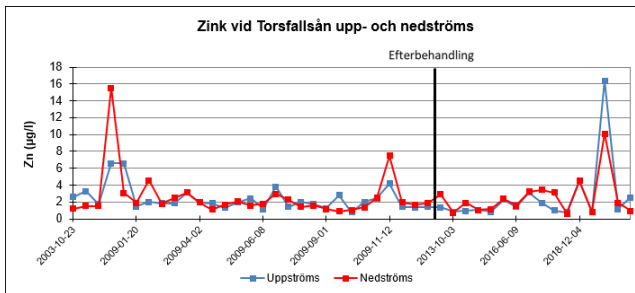


Diagram 191. Halter av zink i Torsfallsån uppströms och nedströms om Hyttområdet. Blå linje markerar resultat uppströms och röd linje markerar resultat nedströms om Hyttområdet.

Plottningar av nederbördsmängder från SMHI:s mätstation Gladhammar A och analysresultat visar på att det möjligen kan finnas ett visst samband med nederbördsmängderna 1–2 veckor innan provtagning och påslag av kobolt och koppar i Torsfallsån nedströms jämfört med Torsfallsån uppströms. Något sådant samband kan inte ses för arsenik, bly och zink.

Brunnsvatten i närområdet

Provtagning av brunnsvatten genomfördes för att kontrollera att efterbehandlingen inte givit upphov till olägenheter i form av höjda metallhalter i de brunnar som finns i närområdet.

De brunnar som bedömts kunna beröras är brunnarna på Mörghult 1:5 (Teracoms brunn vid radiomasten) Torsfall 3:3 samt – vid eventuell höjd grundvattenyta - Smedjemåla 1:6. Vidare kontrollerades Bruksbacken 1:2 vid Hyttan för att se hur de åtgärder som vidtagits på fastigheten påverkat metallhalterna i brunnsvattnet.

Provtagning av brunnsvattnet inleddes för fastigheterna vid gruvområdet (Mörghult 1:5 (Teracoms brunn vid radiomasten) och Torsfall 3:3) redan under Huvudstudien. Smedjemåla 1:6 provtogs första gången redan under den Utökade förstudien. Brunnen på Bruksbacken 1:2 provtogs första gången i samband med referensundersökningarna 2009.

Brunnarna provtogs tre gånger vardera för att se den naturliga variationen som kunde förväntas i brunnarna innan den antagna höjningen av grundvattenytan kunde förväntas ske – den har som tidigare nämnts hittills uteblivit - i samband med igengjutningen av stollgången vid efterbehandlingen. Detta innebär att ytterligare en provtagning per brunn utfördes under 2011 (en av de planerade två provtagningarna vid Bruksbacken 1:2, fick utgå, då det inte hanns med före bortforslingen av slaggen eftersom vattnet var avstängt).

Resultat, brunnsvattenprovtagningen

Bedömning av brunnarna har skett efter Socialstyrelsens rapport SOSFS 2003:17 (M) Allmänna råd "Försiktighetsmått för dricksvatten" och från 1 januari 2014 utifrån Livsmedelsverkets råd om enskild dricksvattenförsörjning.

Denna rapport anger följande riktvärden ur hälsosynpunkt:

Arsenik - 10 µg/l, Otjänligt (Ev. risk för kroniska hälsoeffekter vid långvarigt intag),
Kobolt – saknar riktvärden,
Koppar – 2000 µg/l Otjänlig (Ev. risk för diarré särskilt hos känsliga småbarn),
Bly – 10 µg/l, Otjänligt (risk för kroniska hälsoeffekter vid långvarigt intag),
Zink - saknar hälsoriskbaserat riktvärde.

Det kan konstateras att ingen av de undersökta brunnarna vid Efterkontrollen innehöll vatten som betraktas som otjänligt med utgångspunkt i ovanstående riktvärden. Metallhalterna är knappast anmärkningsvärda med bakgrund av att de alla (utom Bruksbacken 1:2) ligger i en mineraliserad zon med mycket metaller naturligt i berggrunden. Brunnen på Bruksbacken 1:2 ligger alldeles intill gamla hyttområdet där det i minst omkring 400 år fram till efterbehandlingen låg stora mängder slagg.

Det blyvärde på 13 µg/l som uppmättes vid Smedjemåla 1:6 2002 kan, med beaktande av senare resultat, bero på någon partikel med adsorberat bly som följt med i provet och orsakat det höga värdet. Arsenikhalten i provet från Bruksbacken 2011-05-11 ligger väldigt nära gränsen för otjänligt men har en svagt sjunkande trend sedan efterbehandlingen, se vidare diagram 192.

Slutsatsen är att efterbehandlingen inte har påverkat brunnarna negativt. Inga ytterligare provtagningar av brunnarna kommer att ske i Efterkontrollen.

Tabell 36. Metallhalter i brunnsvatten, Bruksbacken 1:2

Bruksbacken 1:2, metaller i brunnsvatten					
($\mu\text{g/l}$)	2009-08-13	2011-05-11	2013-06-05	2015-09-17	2017-09-12
Arsenik	5,6	9,0	8,3	6,9	7,3
Kobolt	16,8	40,0	33	21	22,2
Koppar	112	262	263	165	215
Bly	4,9	5,2	1,6	3,0	2,3
Zink	107	131	184	184	202

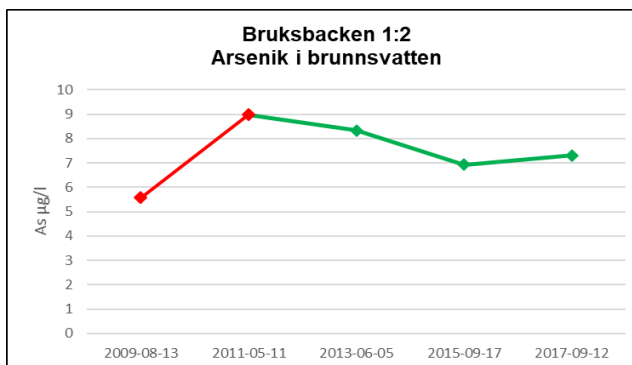


Diagram 192. Arsenik i brunnsvatten vid Bruksbacken 1:2. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

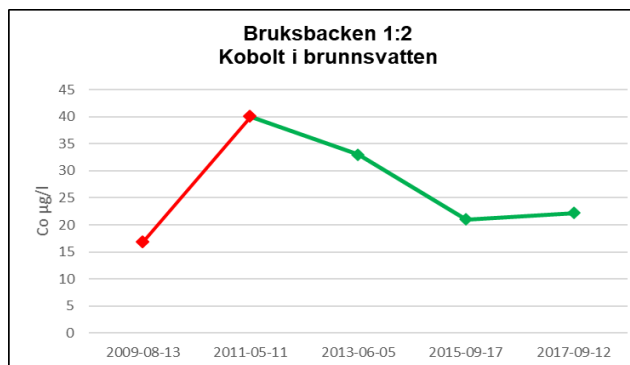


Diagram 193. Kobolt i brunnsvatten vid Bruksbacken 1:2. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

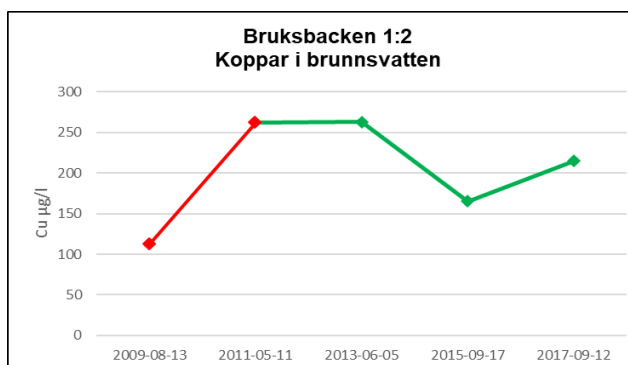


Diagram 194. Koppar i brunnsvatten vid Bruksbacken 1:2. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

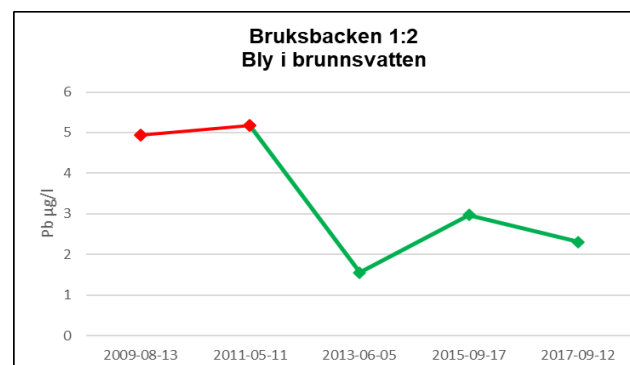


Diagram 195. Bly i brunnsvatten vid Bruksbacken 1:2. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

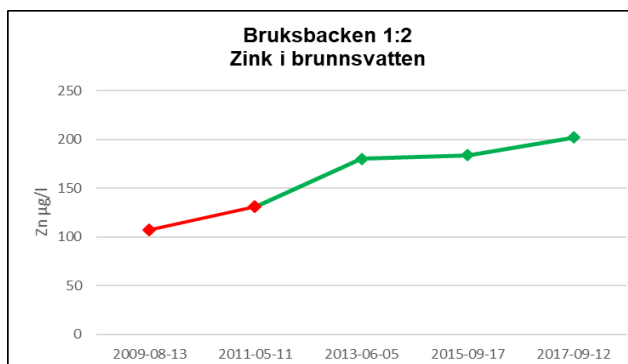


Diagram 196. Zink i brunnsvatten vid Bruksbacken 1:2. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

Tabell 37. Metallhalter i brunnsvatten, Mörghult 1:5

Mörghult 1:5, metaller i brunnsvatten						
(µg/l)	2004-04-06	2009-09-07	2011-05-11	2013-06-05	2015-09-17	2017-09-13
Arsenik	<5	0,065	<0,2	0,183	0,128	0,107
Kobolt	9,12	11,2	9,3	13,8	44,3	29,9
Koppar	206	330	567	183	478	430

Bly	0,6	1,1	1,1	1,4	3,1	2,8
Zink	25,3	93,3	78,5	35	62	64,8

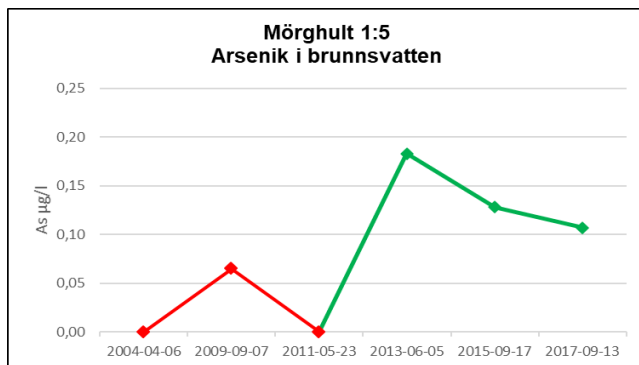


Diagram 197. Arsenik i brunnsvatten vid Mörghult 1:5. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

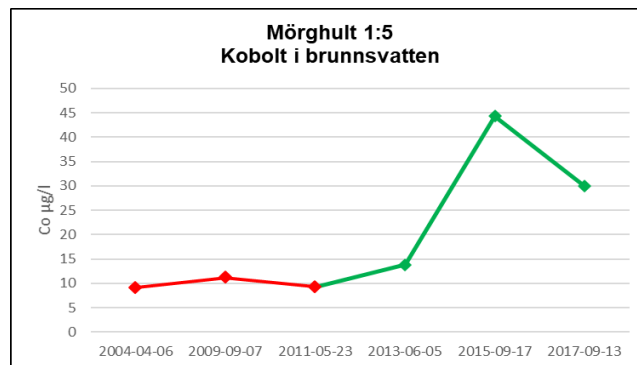


Diagram 198. Kobolt i brunnsvatten vid Mörghult 1:5. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

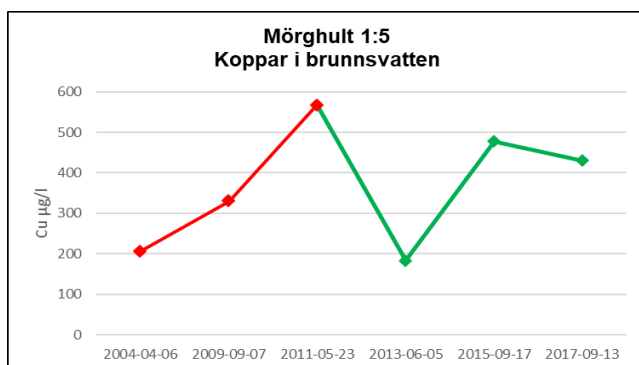


Diagram 199. Koppar i brunnsvatten vid Mörghult 1:5. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

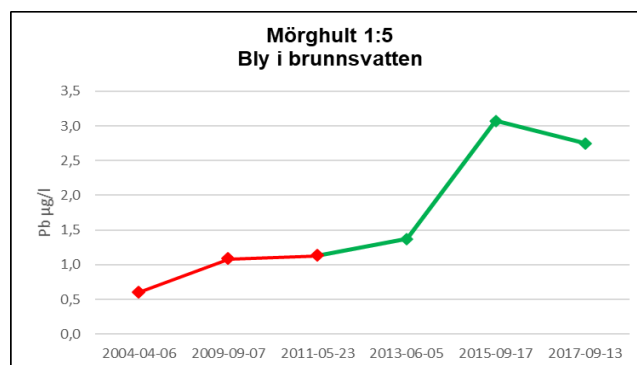


Diagram 200. Bly i brunnsvatten vid Mörghult 1:5. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

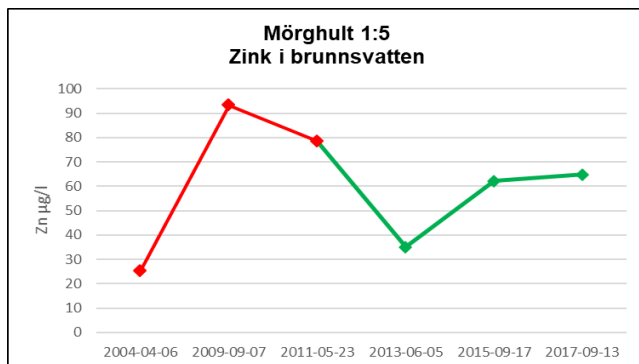


Diagram 201. Zink i brunnsvatten vid Mörghult 1:5. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

Tabell 38. Metallhalter i brunnsvatten, Smedjemåla 1:6

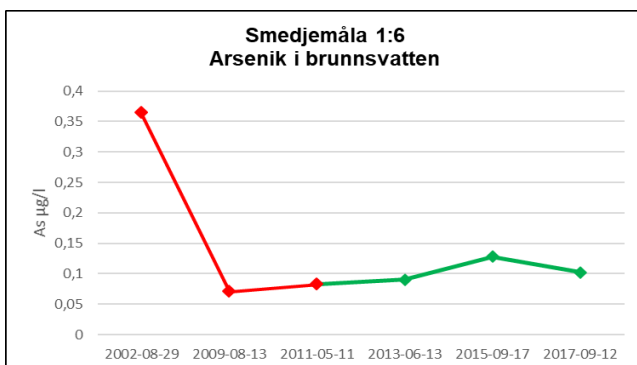


Diagram 202. Arsenik i brunnsvatten vid Smedjemåla 1:6. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

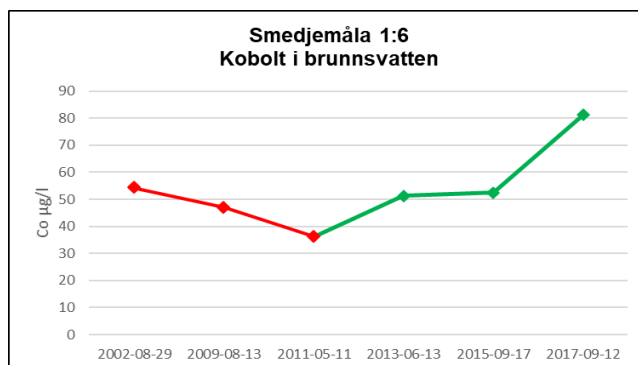


Diagram 203. Kobolt i brunnsvatten vid Smedjemåla 1:6. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

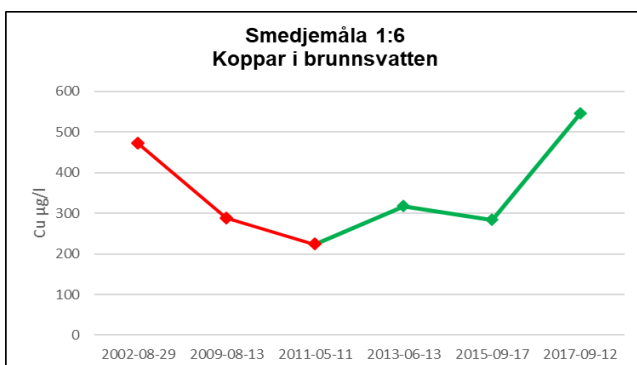


Diagram 204. Koppar i brunnsvatten vid Smedjemåla 1:6. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

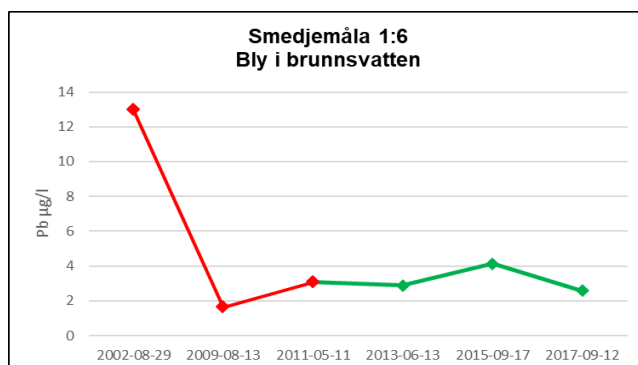


Diagram 205. Bly i brunnsvatten vid Smedjemåla 1:6. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

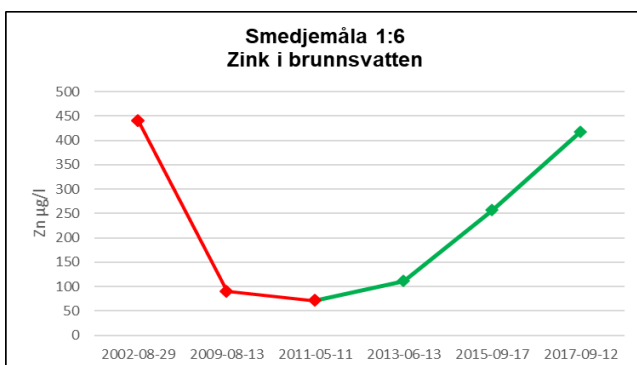


Diagram 206. Zink i brunnsvatten vid Smedjemåla 1:6. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

Tabell 39. Metallhalter i brunnsvatten, Torsfall 3:3

Torsfall 3:3, metaller i brunnsvatten						
(µg/l)	2004-04-06	2009-08-13	2011-05-11	2013-06-05	2015-09-17	2017-09-12
Arsenik	<5	0,06	<0,05	0,2	0,06	0,06
Kobolt	55	38	44	37	46	40
Koppar	113	138	141	72	130	83
Bly	1,3	3,1	2,6	1,0	1,7	1,0
Zink	21	31	67	12	22	25

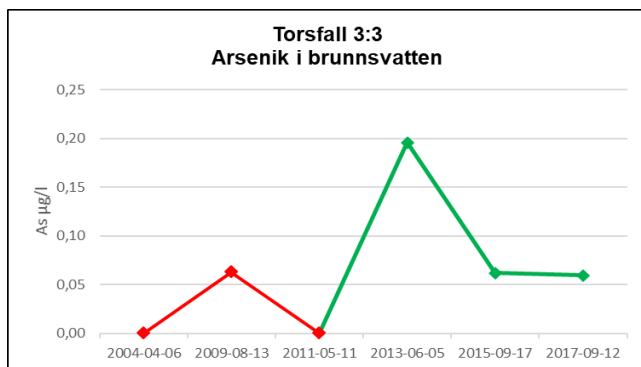


Diagram 207. Arsenik i brunsvatten vid Torsfall 3:3. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

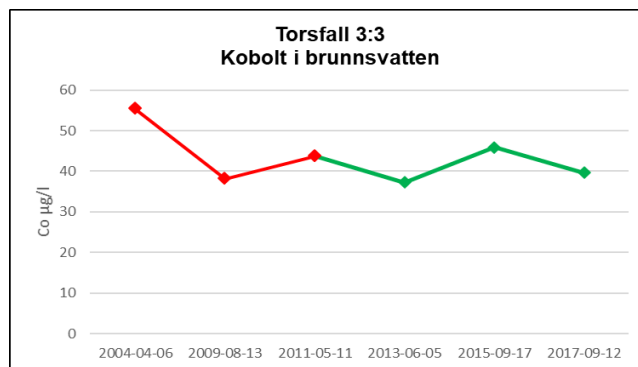


Diagram 208. Kobolt i brunsvatten vid Torsfall 3:3. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

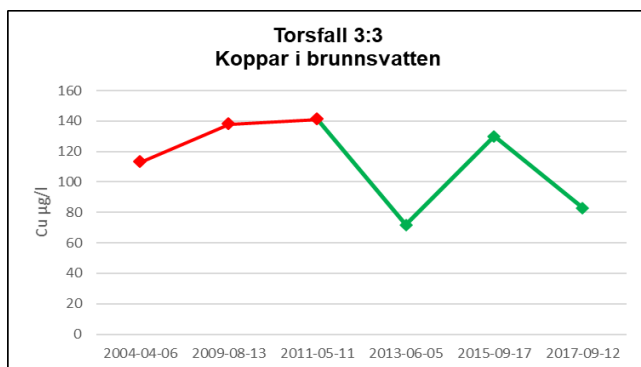


Diagram 209. Kopparkoncentration i brunsvatten vid Torsfall 3:3. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

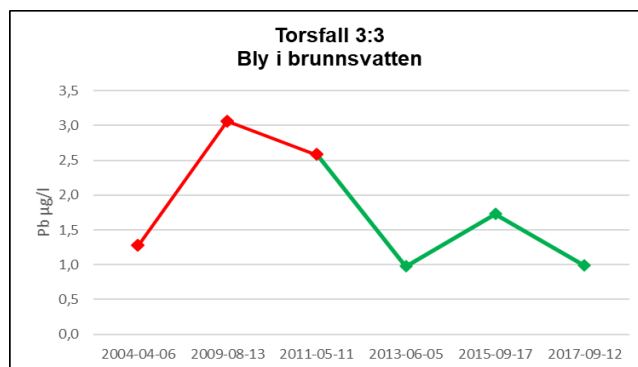


Diagram 210. Bly i brunsvatten vid Torsfall 3:3. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

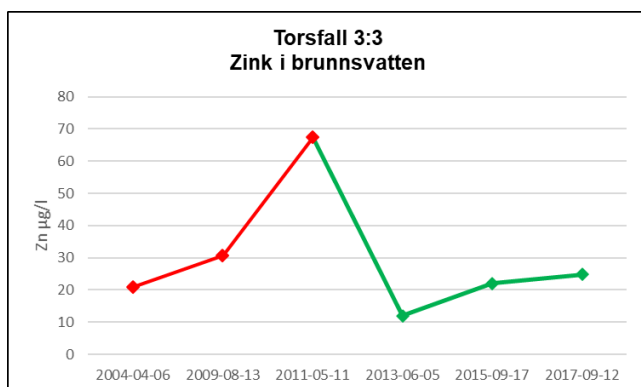
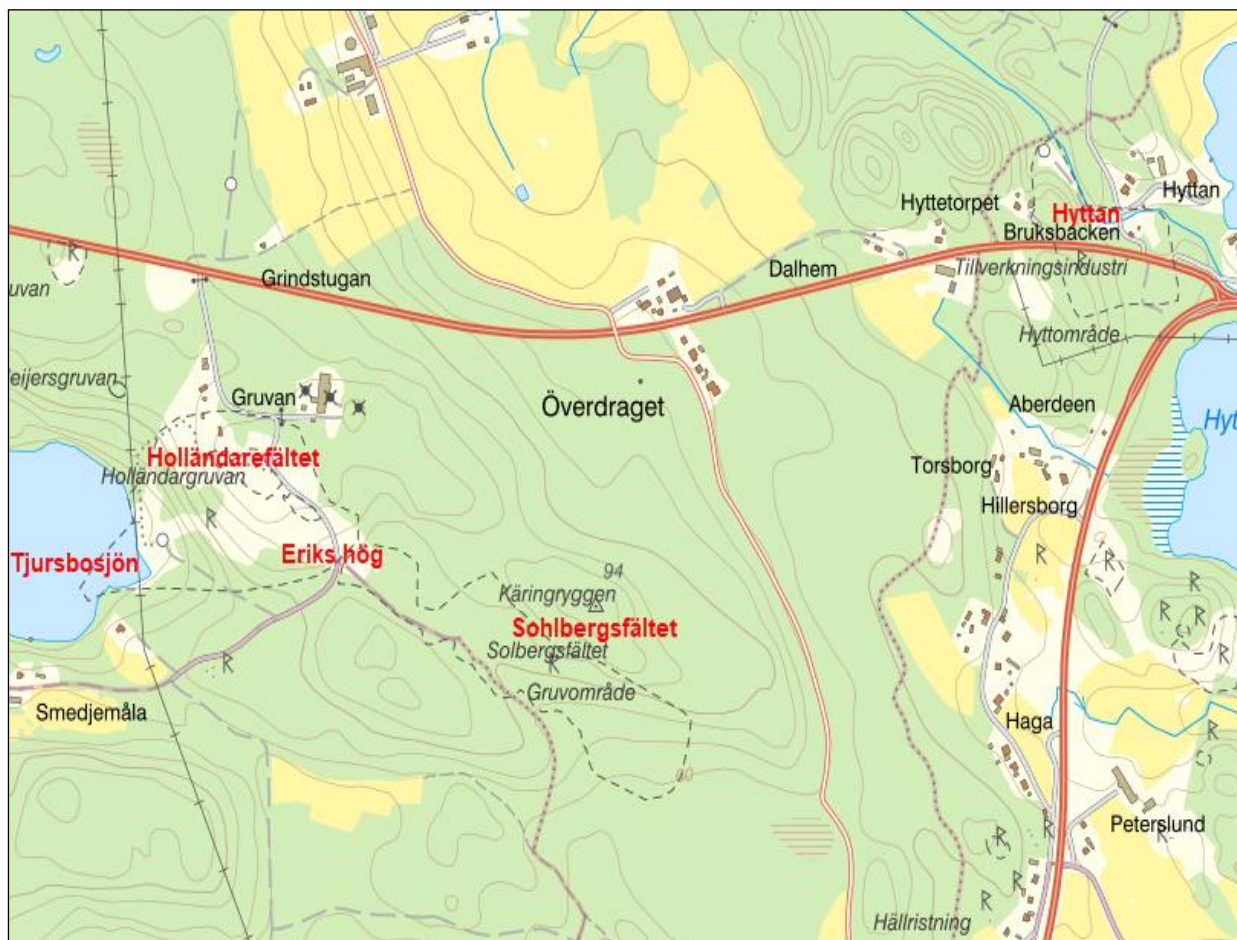


Diagram 211. Zink i brunsvatten vid Torsfall 3:3. Röd linje markerar resultat under Huvudstudie och Referensundersökningar, grön linje är resultat under Efterkontrollen.

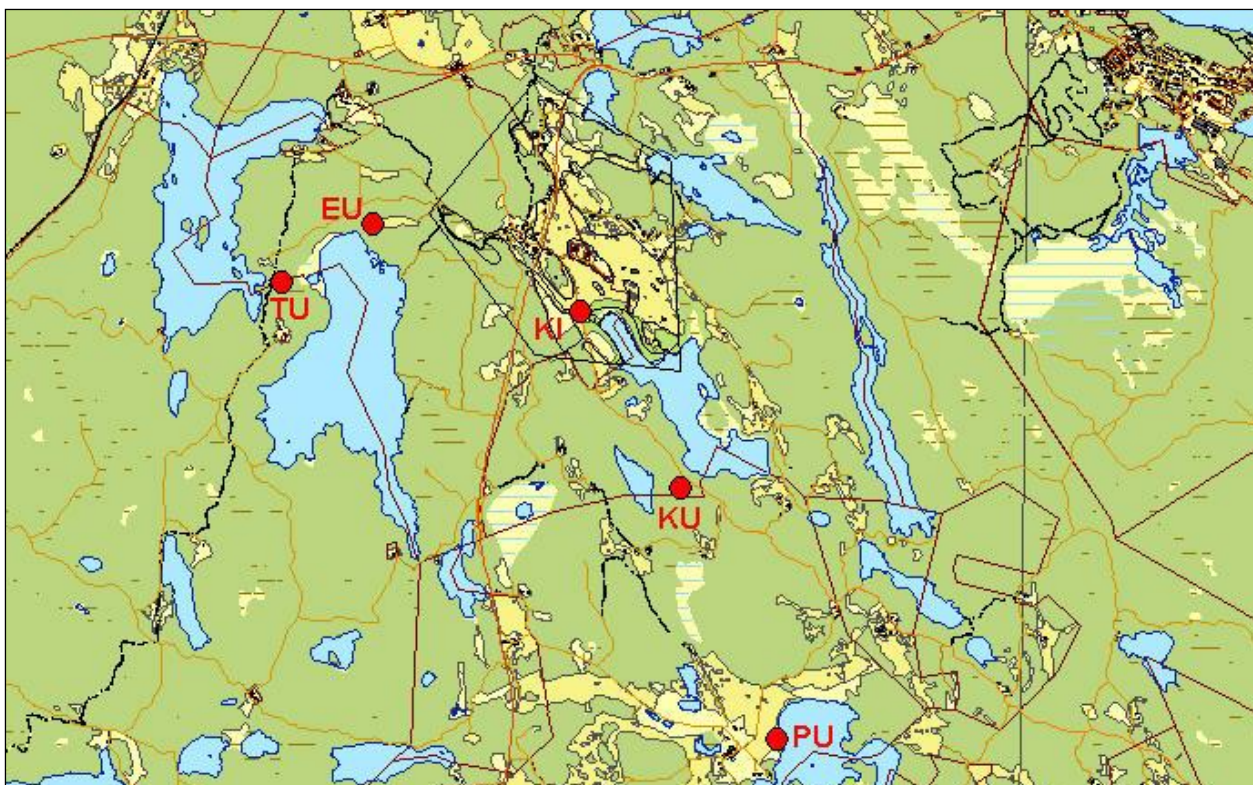
Kartor och bilder över provpunkter



Karta 1. Översiktskarta över Holländare- och Sohlbergfältet, Hyttan samt läget för Eriks hög.



Karta 2. Provpunkter för ytvattenprovtagning i Tjursbosjön.
TjN är Tjursbosjön Norr, **TjM** är Tjursbosjön Mitt och **TjS** är Tjursbosjön Södra.



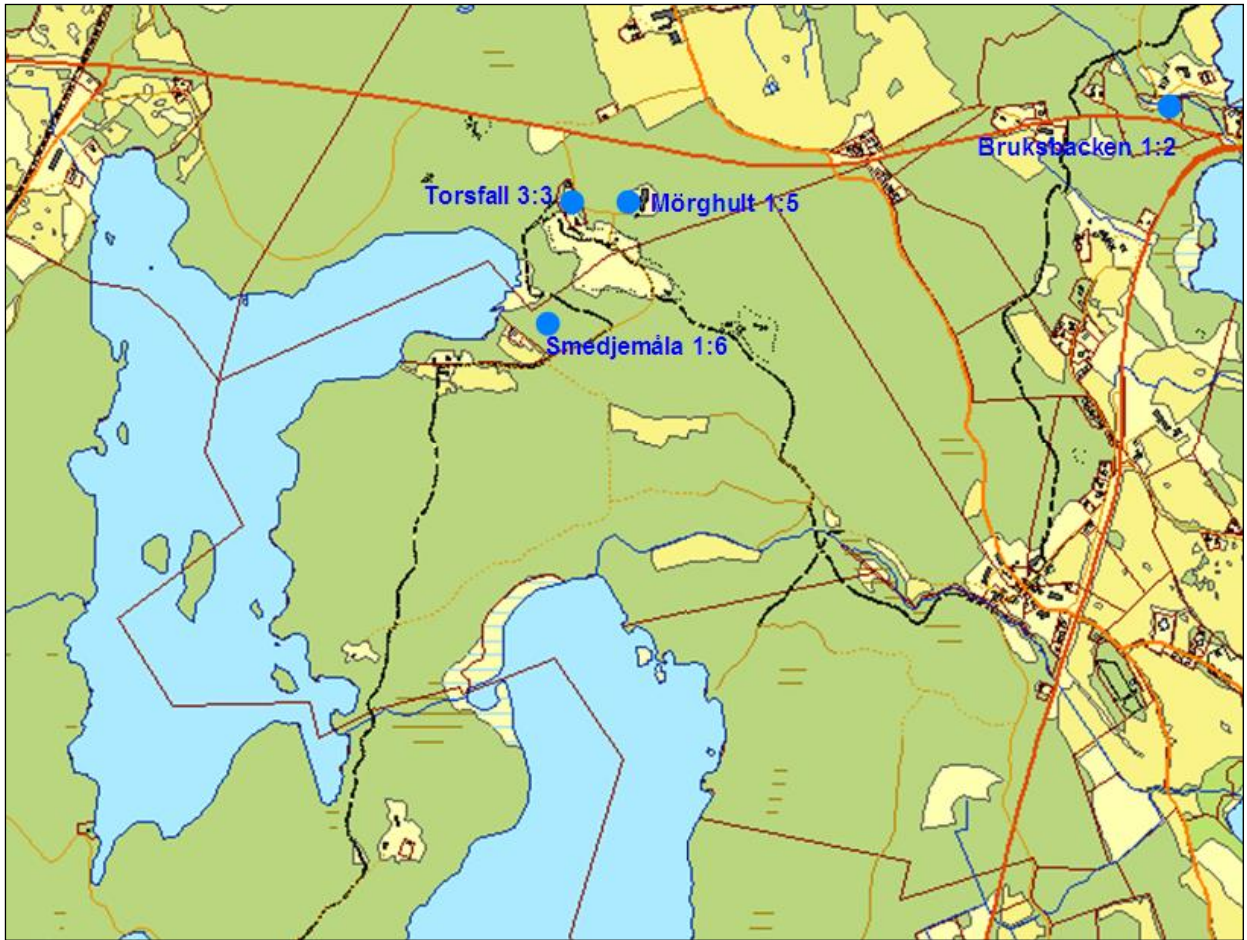
Karta 3. Ytvattenprovpunkter i sjöarnas in- och utlopp.

TU är Tjursbosjöns utlopp, **EU** är Ekenässjöns utlopp. **KI** och **KU** är Kyrksjöns in- respektive utlopp. **PU** är Perstorpsjöns utlopp i Marens norra del.

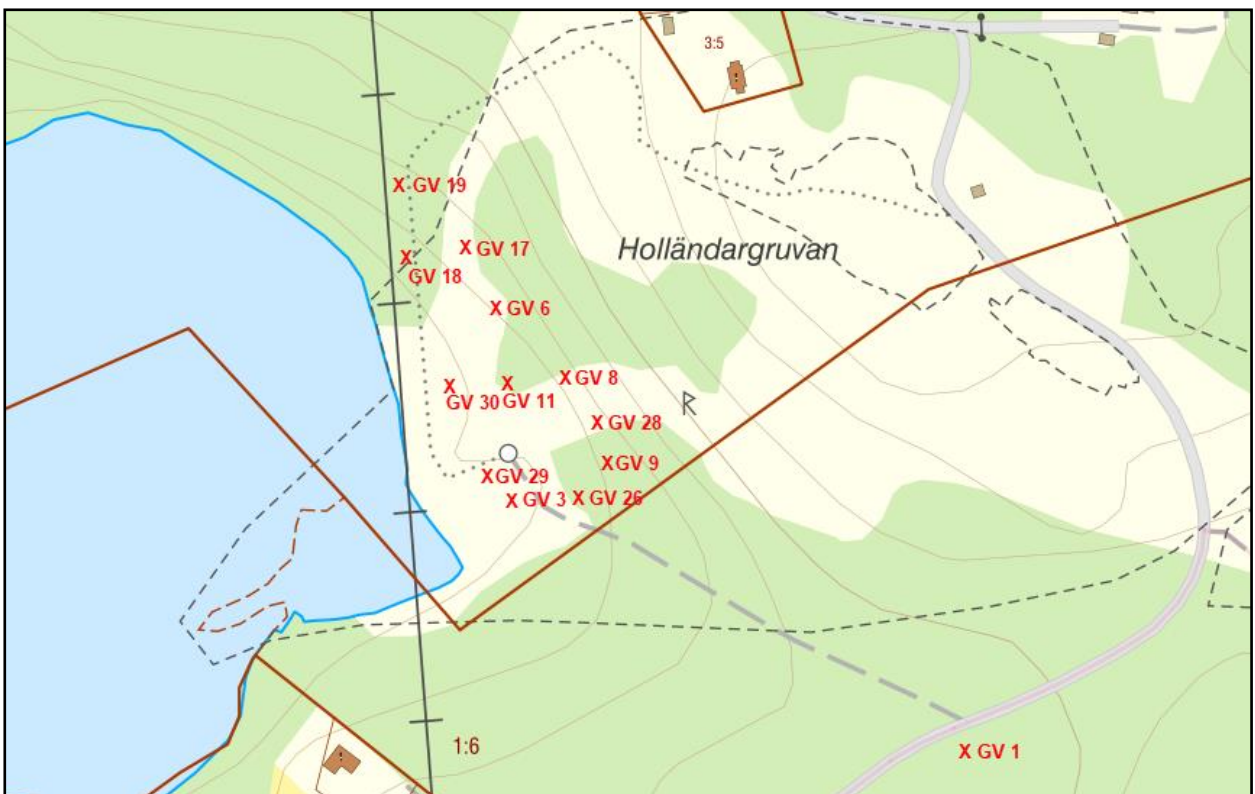


Karta 4. Provpunkterna vid Hyttan.

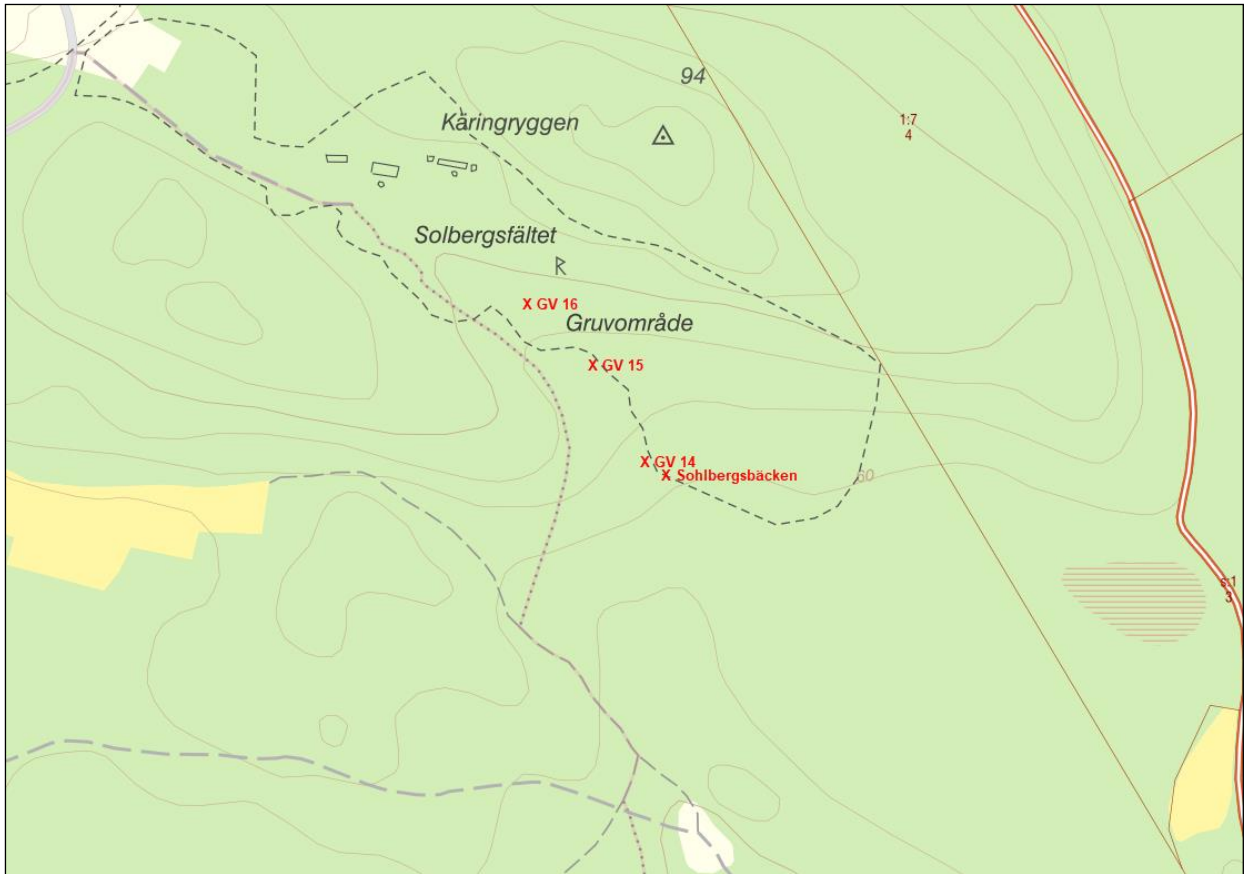
TFU är provpunkten i Torsfallsån uppströms om avfallsområdet, **TFN** är provpunkten nedströms om avfallsområdet. Bortgrävning av slagg skedde vid den ljusa ytan söder om TFU samt på tomten vid Bruksbacken 1:2 sydväst om TFN.



Karta 5. Placering av dricksvattenbrunnarna.



Karta 6. Grundvattenrören vid Holländarefältet.



Karta 7. Grundvattenrören vid Sohlbergfältet samt provpunkten i Sohlbergsbäcken



Karta 8. Placering av grundvattenrör 13 (referensrör i kvartsitberggrund under Huvudstudien).



Karta 9. Provpunkter för Ytavrinning



Bild 3. Provpunkt för mätning av gruvvattennivån i Knuts schakt samt Gamla gruvan.

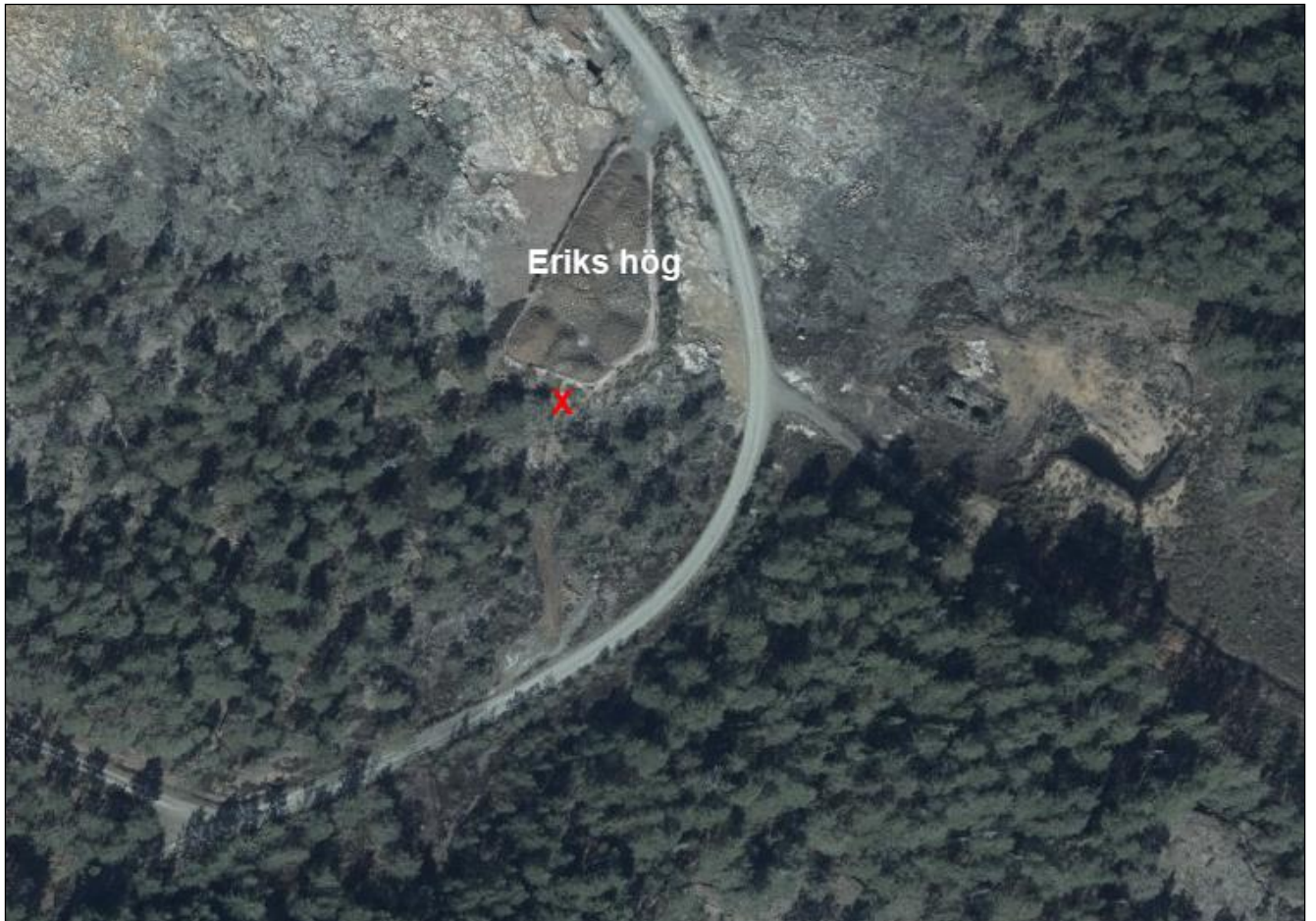


Bild 4. Provpunkt för lakvatten från Eriks hög.

Tabell 40. Koordinater för provpunkter i Efterkontrollen (SWEREF99 16 30)

Provpunkt	X	Y	
TJN	6399738	144540	Tjursbosjön Norr (sjö)
TJM	6399101	144486	Tjursbosjön Mitt (sjö)
TJS	6398684	144656	Tjursbosjön Södra (sjö)
TU	6398678	144830	Tjursbosjöns utlopp (vattendrag)
EU	6399160	145496	Ekenässjöns utlopp (vattendrag)
KI	6398458	147296	Kyrksjöns inlopp (vattendrag)
KU	6397225	147938	Kyrksjöns utlopp (vattendrag)
PU	6395180	148495	Perstorpsjöns utlopp (vattendrag)
TFU	6400628	147017	Torsfallsån uppströms (vattendrag)
TFN	6400502	147201	Torsfallsån nedströms (vattendrag)
Bruksbacken 1:2	6400469	147160	Brunn
Mörghult 1:5	6400188	145609	Brunn
Torsfall 3:3	6400186	145428	Brunn
Smedjemåla 1:6	6399822	145321	Brunn
Knuts schakt	6400100	145428	Gruvschakt
EH	6399918	145614	Eriks hög, provtagningsbrunn
GV 1	6399809	145523	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 3	6399927	145323	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 6	6400027	145319	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 8	6399994	145349	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 9	6399951	145367	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 11	6399990	145324	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 13	6400470	144098	Referensrör i kvartsitberggrund
GV 14	6399579	146134	Grundvattenrör vid Sohlbergsfältet
GV 15	6399653	146088	Grundvattenrör vid Sohlbergsfältet
GV 16	6399711	146035	Grundvattenrör vid Sohlbergsfältet
GV 17	6400052	145303	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 18	6400051	145275	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 19	6400100	145241	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 26	6399935	145353	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 28	6399972	145365	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 29	6399949	145318	Grundvattenrör vid Holländarefältet
GV 30	6399987	145296	Grundvattenrör vid Holländarefältet
SBT	6399574	146145	Sohlbergsbäcken
Y S	6399986	145376	Ytavrinning vid Stollgången
Y GV 6	6400026	145311	Ytavrinning vid GV 6
Y GV 17	6400037	145304	Ytavrinning vid GV 17

Referenser:

Bergskraft Bergslagen AB (2018), Rapport BKBAB 18–303 Rep, rev 2018-09-01
Utförande av efterbehandling av Eriks hög, Gladhammars gruvfält, Västerviks kommun,
samt uppföljande mätningar av vattenkvaliteten

SMHI (Station Gladhammar A, nederbördsdata):
<https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=precipitation24HourSum,stations=all,stationid=76420>

Socialstyrelsen (2003), Rapport SOSFS 2003:17 (M) Allmänna råd "Försiktighetsmått för dricksvatten"

Sveriges Geologiska Undersökningar (2013), Bedömningsgrunder för grundvatten
Rapport 2013:1, ISBN 978-91-7403-193-5

Västerviks kommun (2002), Utökad förstudie - Effekter av äldre koppar- och koboltbrytning i Västerviks kommun

Västerviks kommun (2004), Metodik för provtagning och analys, Projekt Gladhammars gruvor, delrapport 2004:02

Västerviks kommun (2004) Resultat från miljökontroll, Projekt Gladhammars gruvor, delrapport 2004:05

Västerviks kommun (2004), Systemförståelsen för Gladhammars gruvor och närområdet, Projekt Gladhammars gruvor, delrapport 2004:08

Västerviks kommun (2004), Åtgärdsutredning, Projekt Gladhammars gruvor, delrapport 2004:12

Västerviks kommun (2008), Program för referensundersökningar 2008 – 2009

Västerviks kommun (2012) Resultat av kompletterande referensundersökningar, Projekt Gladhammars gruvor, rapport 2010:01

Västerviks kommun (2012), Program för efterkontroll, Projekt Gladhammars gruvor 2013–2044, reviderad 2016 och 2017.

Alla rapporter finns på projektets hemsida:

<https://www.vastervik.se/Trafik-och-infrastruktur/Samhallsutveckling-och-planering/Hallbar-utveckling/miljoprojekt/Projekt-Gladhammars-gruvor/Rapporter/>

FÖR PROJEKT GLADHAMMARS GRUVOR



Christer Hermansson
Delprojektledare Miljökontroll

Delgivningsplan:

Utskriven rapport:
Projektarkiv

Rapport i PDF-format:
Lotta Rundberg, Länsstyrelsen Kalmar Län
Anders Svensson, Länsstyrelsen Kalmar Län
Christer Ramström, Västerviks kommun
Henning Holmström, Golder Associates
Pär Elander, Elander Miljöteknik AB
Fredrik Hansson, EMPIRIKON