

PM

Ytvattenprovtagning och stödjande grundvattenmodellering i området öster om Viscarias efterbehandlade sandmagasin

Copperstone Viscaria AB

1 november, 2023



Provtagning utförd och PM skrivet av:
Ingar Walder KREC/ Emma Lindborg DHI / Kean Foster DHI

Inledning och bakgrund

Föreliggande PM redovisar resultat från en ytvattenprovtagning uppströms och nedströms befintliga dammar i Viscariaområdet. Vattenkvaliteten analyserades med avseende på uran, zink och klorid. Vatten som rinner av från Viscarias verksamhetsområde har relativt sett högre zinkhalter än det vatten som kommer från LKABs område och vatten som har sitt ursprung från LKABs industriområde har relativt sett högre halter av klorid än det vatten som kommer från Viscariaområdet. Dessa två ämnen kan därför användas som spårelement för att analysera var vattnet har sitt ursprung.

Det fanns två huvudsyften med provtagningen i) att utreda om det föreligger risk för ett diffust läckage av vatten från framtida klarningsmagasin genom att analysera om zinkhalterna nedströms befintliga magasin ökar och ii) analysera hur stor andel av vattnet nedströms dammarna som har sitt ursprung från LKABs industriområde och hur mycket som kommer från Viscarias verksamhetsområde. Vattenprovtagningen utfördes längs diken uppströms och nedströms klarningsmagasinet och det efterbehandlade sandmagasinet i slutet av september 2023. Utöver resultat från provtagningen redovisas också i detta PM resultat från modellsimuleringar där sk partikelspårning av vatten i klarningsmagasinet utförts i syfte att kartlägga flödesvägar i grundvattnet inom och ut ur magasinet.

Vattenprovtagning

Provtagningen utfördes den 27 september 2023, vid provtagningstillfället var det mulet väder och uppehåll. Prover togs vid 9 punkter, benämnda VIS-YT-120 tom VIS-YT-129, längs med diken och mindre vattensamlingar utmed den östra delen av Viscarias efterbehandlade sand- och klarningsmagasin (figur 1).

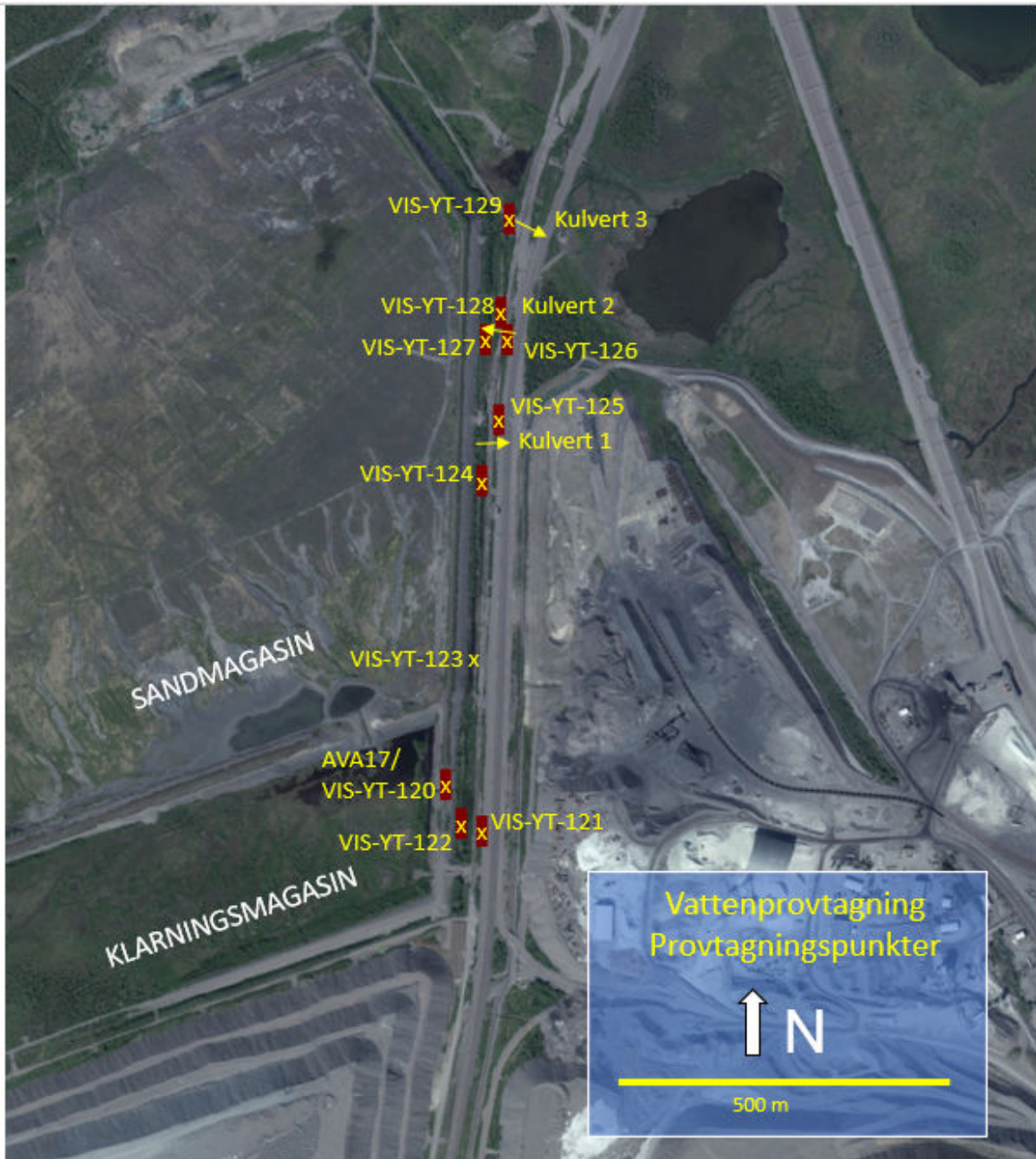
Den första provpunkten, VIS-YT-120, är belägen vid avrinningsstationen AVA17. AVA17 samlar upp ytavrinningen från Viscariaområdets sand- och klarningsmagasin. Två stycken provpunkter, VIS-YT-121 och VIS-YT-122, är belägna uppströms den punkt där AVA17 rinner ut i diket. VIS-YT121 är belägen på den sidan av vägen där järnvägen går och VIS-YT-122 är belägen på den sidan av vägen som vetter mot Viscarias sand- och klarningsmagasin. Provtagningspunkterna VIS-YT-123 tom VIS-YT-128 är belägna på utvalda platser utmed diken längs vägen nedanför sandmagasinet och prover har tagits där vatten tillförs från tillflödande diken eller där det omleds via kulvertar (figur 1). Sista provtagningspunkten, VIS-YT-129, är belägen där vattnet rinner under järnvägen och lämnar Viscariaområdet och rinner in på LKABs verksamhetsområde.

Flödet vid varje provtagningspunkt uppskattades genom en visuell bedömning av flödes hastigheten. Vattenproverna skickades för analys på laboratoriet ALS Scandinavia i Luleå och analyserades för spårelement enligt metod V2 + Uran, sulfat, klorid och nitrat. I samband med provtagningen mättes nedan parametrar med en YSI Pro multisond i varje provpunkt:

- Vattentemperatur
- Tryck
- Syrehalt
- Specifik konduktivitet
- pH
- redoxpotential (ORP)

I alla punkter förutom VIS-YT-122 är det rinnande vatten. Provpunkten VIS-YT-122 är belägen i en mindre vattensamling med stillastående vatten. Direkt nedströms punkten VIS-YT-121, som ligger på järnvägssidan av vägen (figur 1), rinner vattnet under vägen och blandas på andra sidan vägen med vatten som rinner av från Viscarias verksamhetsområde via provpunkten VIS-YT-120. Här blandas alltså vatten från LKABs område med vatten från Viscariaområdet. De två nästkommande provpunkterna nedströms blandningspunkten, VIS-YT-123 och VIS-YT-124, är belägna på "Viscariasidan" om vägen. Nedströms punkten VIS-YT-124 finns Kulvert 1 (figur 1) som avleder ca en tredjedel av flödet till järnvägssidan av vägen medan resterande vatten fortsätter i diket på "Viscariasidan".

Vatten provtogs öster om vägen, nedströms Kulvert 1, i punkten VIS-YT-125 samt i punkten VIS-YT-126 direkt uppströms där vattnet leds tillbaka till västra av vägen via Kulvert 2 (figur 1). Vattnet på västra sidan, "Viscariasidan", provtogs sedan precis uppströms (VIS-YT 127) och nedströms (VIS-YT-128) där vattnet i kulvert 2 leds tillbaka till diket på "Viscariasidan". Allt vatten leds sedan in i Kulvert 3 (figur 1) och rinner in under järnvägen och vidare in på LKABs industriområde. Precis innan vattnet leds in i kulverten gjordes den sista provtagningen i punkten VIS-YT-129.



Figur 1. Provtagningspunkternas läge. Provpunkter där ID-numret står på vänstra sidan provpunkten är tagna på östra sidan av vägen.

RESULTAT OCH DISKUSSION VATTENPROVTAGNING

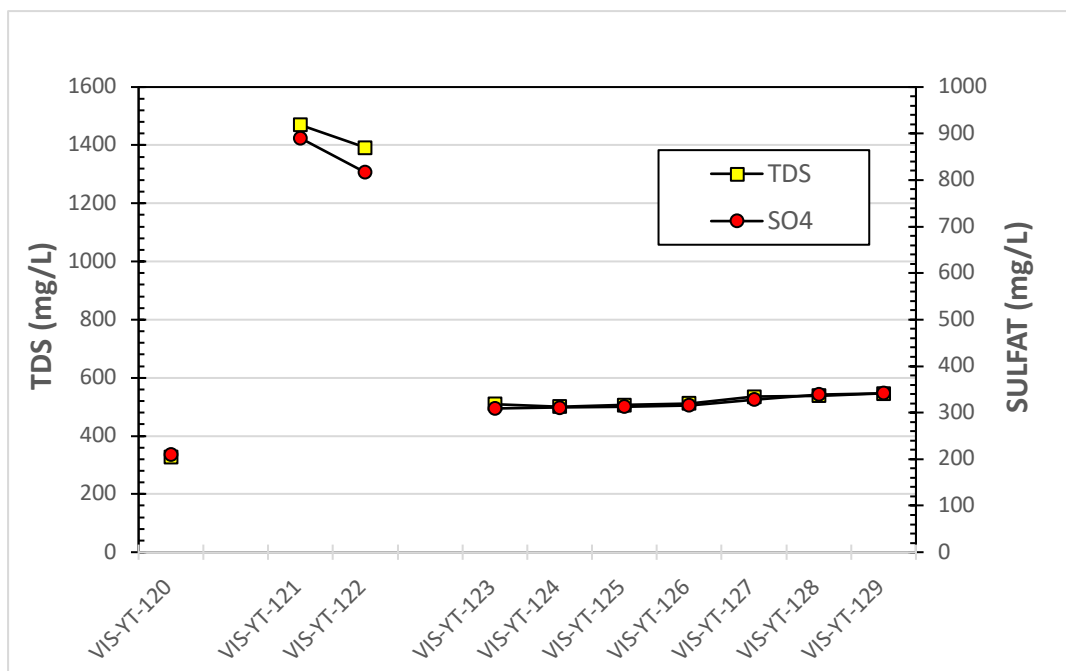
Data från provtagningen indikerar att huvuddelen av vattnet i diket nedströms blandningspunkten som representeras av VIS-YT-123 har sitt ursprung från avrinning från Viscarias sand- och klarningsmagasin. Provtagningen i VIS-YT-120, som representerar Viscariavatten, är samma provpunkt där vatten provtas varje månad och flödesmätning sker kontinuerligt, AVA17. En visuell bedömning indikerar att flödet i VIS-YT-121 utgör en mindre del av flödet nedströms blandningspunkten (tabell 1). Det bör noteras att flödet i VIS-YT-121 inte utgör hela det flöde som har sitt ursprung från LKAB:s område och som blandas in i det provtagna diket, det sker förmodligen ytterligare inblandning längre ner i systemet.

Tabell 1. Uppskattade flöden i varje provpunkt samt resultat från mätningar med multisonod.

Provpunkt	Datum	NORTH	EAST	TEMP	DO	Spec. EC	pH	ORP	Flöde	Beskrivning
				dC	%	uS/s		mV	L/s	
VIS-YT-120	27.09.2023	67°51'16.6	20°8'37.6"	5,8	77,6	666	7,11	145,7	60-80	Vid AVA17
VIS-YT-121	27.09.2023	67°51'14.1	20°8'42.3"	3,9	70,8	2770	7,04	155,7	3-4	LKAB-sidan, uppströms AVA17
VIS-YT-122	27.09.2023	67°51'13.4	20°8'40.9"	4,4	81,9	2791	7,15	154,0	0	Viscariasidan uppströms AVA17, stillastående vatten
VIS-YT-123	27.09.2023	67°51'25.6"	20°8'44.1"	6,1	88,7	998	7,29	136,0		Viscariasidan nedströms AVA17
VIS-YT-124	27.09.2023	67°51'36.1"	20°8'48.4"	5,9	83,6	993	7,33	131,0		Nedströms VIS-YT 123, Viscariasidan,
VIS-YT-125	27.09.2023	67°51'37.4	20°8'49.8"	5,9	83,5	1002	7,35	118,0		Nedströms VIS-YT-124, LKAB-sidan, nedströms kulvert 1, uppdelad vattendström
VIS-YT-126	27.09.2023	67°51'41.5"	20°8'51.9"	6,0	83,0	1021	7,37	96,6	40-50	Nedströms VIS-YT 125, LKAB-sidan, oppströms kulvert 2
VIS-YT-127	27.09.2023	67°51'41.6	20°8'51.1"	6,2	83,0	1047	7,37	89,7	20-30	Nedströms VIS-YT-124, Viscariasidan, oppströms kulvert 2
VIS-YT-128	27.09.2023	67°51'42.2	20°8'51.5"	6,0	82,5	1063	7,35	88,5		Nedströms kulvert 2, allt flöde samlat
VIS-YT-129	27.09.2023	67°51'48"	20°8'55.1"	6,0	82,1	1183	7,34	87,4		Nedströms VIS-YT-128, Viscariasidan, inflöde i kulvert 3.

Den elektriska konduktiviteten i vattnet från LKAB (VIS-YT-121) är ca 4 gånger högre än i det vatten som rinner av från Viscariaområdet (VIS-YT-120). Givet de uppskattade flödena och de uppmätta kloridhalterna i de olika provtagningspunkterna indikerar detta att vattnet i diket nedströms omblandningspunkten består av ca 20 % vatten som har sitt ursprung från LKAB:s område. Denna slutsats kan dras utifrån uppmätta halter på både sulfat och klorid som båda är konservativa ämnen.

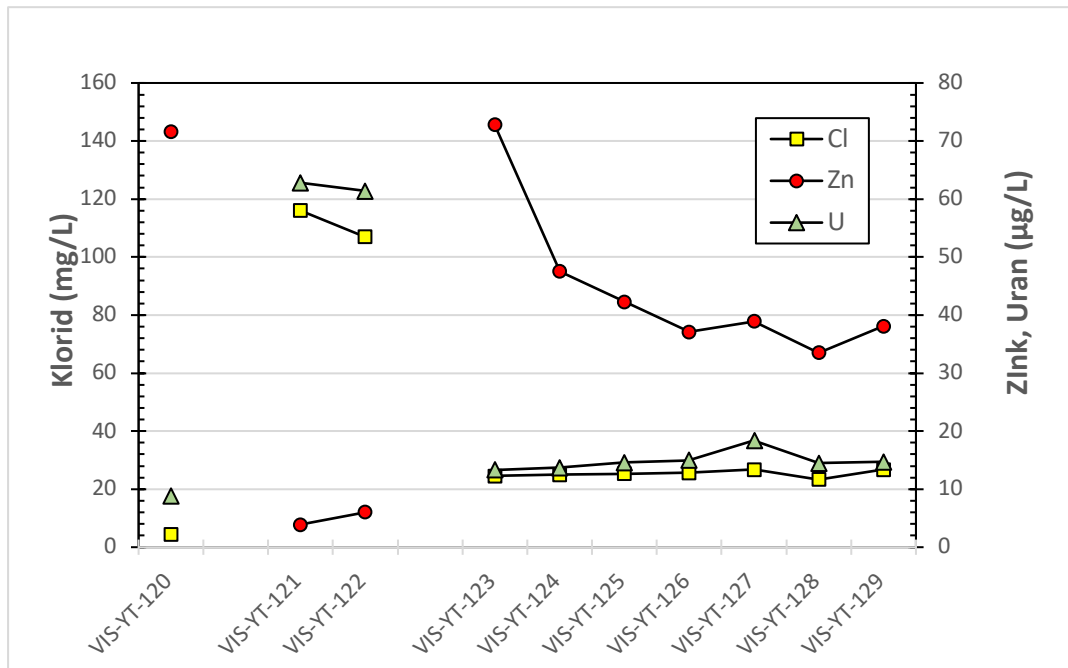
En svag ökning i elektrisk konduktivitet (tabell 1) och TDS (total andel löst material) kan ses mellan den första provtagningspunkten och den sista (figur 2). Denna ökning syns också i sulfathalterna. Det är en stor skillnad mellan halterna av TDS (Total Dissolved Solids) och sulfat i det vatten som har sitt ursprung från Viscaria respektive LKAB. Ökningen av både TDS och sulfat mellan VIS-YT-120 och VIS-YT-123 är ca 50 %.



Figur 2. Beräknad TDS-halt från ICP analyser (mg/L) och sulfathalter (mg/L) i flödesriktningen, från punkt VIS-YT-120 till VIS-YT-129.

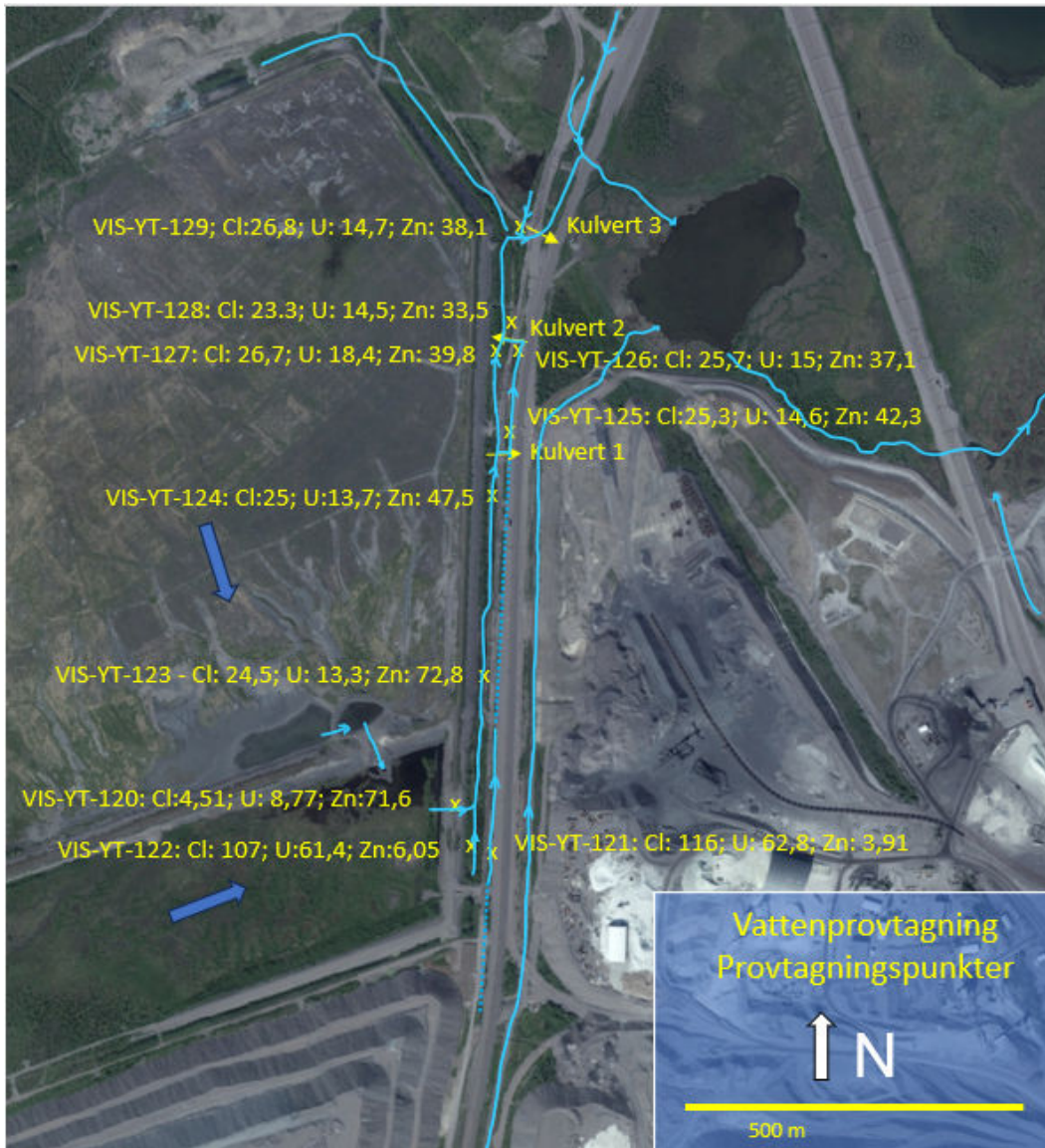
Kloridhalten är ca 20 gånger högre i LKAB-vattnet jämfört med Viscariavattnet vilket medför att kloridhalten ökar med ca en faktor 4 mellan provpunkterna VIS-YT-120 och VIS-YT-123 (figur 3). Zinkhalterna i vattnet som har sitt huvudsakliga ursprung från Viscarias verksamhetsområde (VIS-YT-120) är väsentligt högre, ca 18 gånger högre, än i det vatten som kommer från LKAB (VIS-YT-121). I den första punkten nedströms blandningspunkten, VIS-YT-123, är zinkhalterna fortsatt höga för att sedan gradvis sjunka längs diket ner mot provpunkten VIS-YT-129 (figur 3).

Uranhalten är ca 15 gånger högre i LKAB-vattnet jämfört med Viscariavattnet (Figur 3). En tydlig ökning av uranhalten med ca 50% sker mellan VIS-YT-120 och VIS_YT-123. Nedströms punkten VIS-YT-123 är dock uranhalten relativt konstant.



Figur 3. Klorid (mg/L), zink och uran (µg/L) i flödesriktningen, från punkt VIS-YT-120 till VIS-YT-129.

Koncentrationen av klorid (mg/L), uran och zink (µg/L) visas i kartan med provpunkter i figur 4. Kloridkoncentration från punkt VIS-YT-123 och nedströms varierar mycket lite och ligger i spannet 23-27mg/L vilket är inom osäkerhetsintervallet för provtagningen / analysen. Koncentrationen av klorid och uran längs provtagningspunkterna indikerar att det inte sker något betydande diffust läckage från det efterbehandlade sandmagasinet in till nedströms liggande diken. Ett betydande läckage från både sand- och klarningsmagasinet skulle medföra minskade halter av både klorid och uran (figur 3 och 4) och en tydlig ökning av zinkkoncentrationen (figur 3) längs hela flödesvägen, men detta kan inte noteras i analysresultaten. Längs den dikessträcka som går nedströms Viscarias klarningsmagasin, mellan punkterna VIS-YT-120 och VIS-YT-123 så är zinkhalten konstant mellan 72 och 73 (µg/L) där det skulle ha varit en svag reduktion. Differensen är inom osäkerhetsintervallet för mätningen men resultaten tyder på att zink tillförs utmed denna sträcka. Om zink inte hade tillförts skulle zinkhalterna minskat pga utspädningen (på ca 20 %) av vatten från LKAB med en mycket lägre zinkhalt.



Figur 4. Karta på provtagningspunkter och huvudsakliga flödesriktningar. Uppmätta klorid-, uran- och zinkhalter anges vid varje provpunkt

PARTIKELSPÅRNING

För att analysera varifrån ett eventuellt tillskott av zink nedströms klarningsmagasinet kan komma så har en modellberäkning med sk partikelsspårning av vattnet i klarningsmagasinet utförts, både för nuläget och för ansökt verksamhet. Den modell som etablerats för att beskriva Viscariaområdet hydrologi och hydrogeologi för nuläget och ansökt verksamhet har använts som utgångspunkt i beräkningarna (Bilaga B3). Partiklar har släppts inom klarningsmagasinet, dels för nuläget med nuvarande vattenspiegel, och dels för ansökt verksamhet där en nivå på vattenspegeln på +511,5 har antagits. Partiklar har släppts i modellen i moränen under klarningsmagasinet under ett helt hydrologiskt år. Vattnet har spårats under 100 år genom att samma hydrologiska år cyklas 100 gånger i syfte att kartlägga långsamma flödesvägar ut ur magasinet.

Partikelsspårning sker endast i den mättade zonen av modellen, dvs i grundvattnet. Om vattnet strömmar ut till ytvattnet, till den omättade zonen eller ut på markytan så registreras tiden och platsen där partikeln lämnar den mättade zonen. På detta vis kan en kartläggning av strömningsvägarna göras.

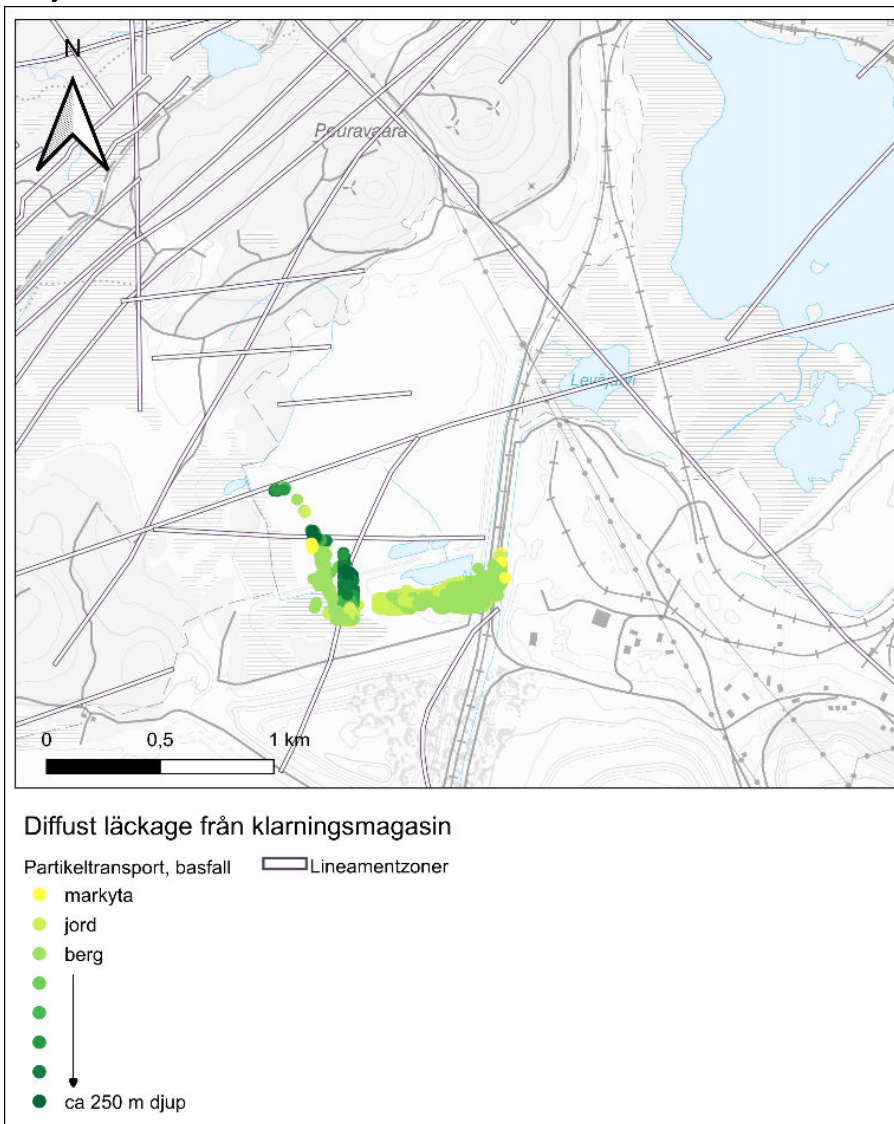
Tid, position och typ av sänka för de partiklar som lämnar den mättade zonen har kartlagts samt slutpositionen för alla partiklar som ännu är kvar i modellvolymen efter 100 års simulering.

Resultaten från partikelspårningen visar att både i nuläget och för ansökt verksamhet så sker ett läckage genom klarningsmagasinet dammar. Detta läckage strömmar dock ut i omkringliggande nedströms diken och fångas därmed effektivt upp och inget grundvatten på andra sidan järnvägen påverkas i modellen av läckaget. Den spridning som i modellen sker i grundvattnet är mycket lokal och ingen påverkan från klarningsmagasinet kan noteras i avrinningsområdets mest låglänta delar mot sjön Loussajärvi. Strömningsvägarna från klarningsmagasinet i grundvattnet sker i huvudsak i två riktningar, mot järnvägen och mot gruvan (figur 5). Det stråk av partiklar som rör sig mot järnvägen rör sig i jordlagren och i övergångszonen mellan jord och berg. Efter 100 års simulering har dessa partiklar inte nått längre än till järnvägsdikedet. Det stråk av partiklar som rör sig mot gruvan har en långsam spridning och spridningen sker till följd av att det i modellen går ett lineament under magasinet som står i hydraulisk kontakt med gruvan. Dessa partiklar rör sig sakta ner i berget och når det djupare berget (ca 100 m djup) efter ca 25 år, innan dess sker huvudsaklig transport i jordlagren och i det övre uppspruckna berget. Lineamentets utbredning är osäker och det är mycket osäkert om det utgör en vattenförande zon. I grundvattenmodellen har dock alla identifierade lineament antagits vara vattenförande, vilket är ett konservativt antagande i syfte att inte underskatta grundvattenpåverkan.

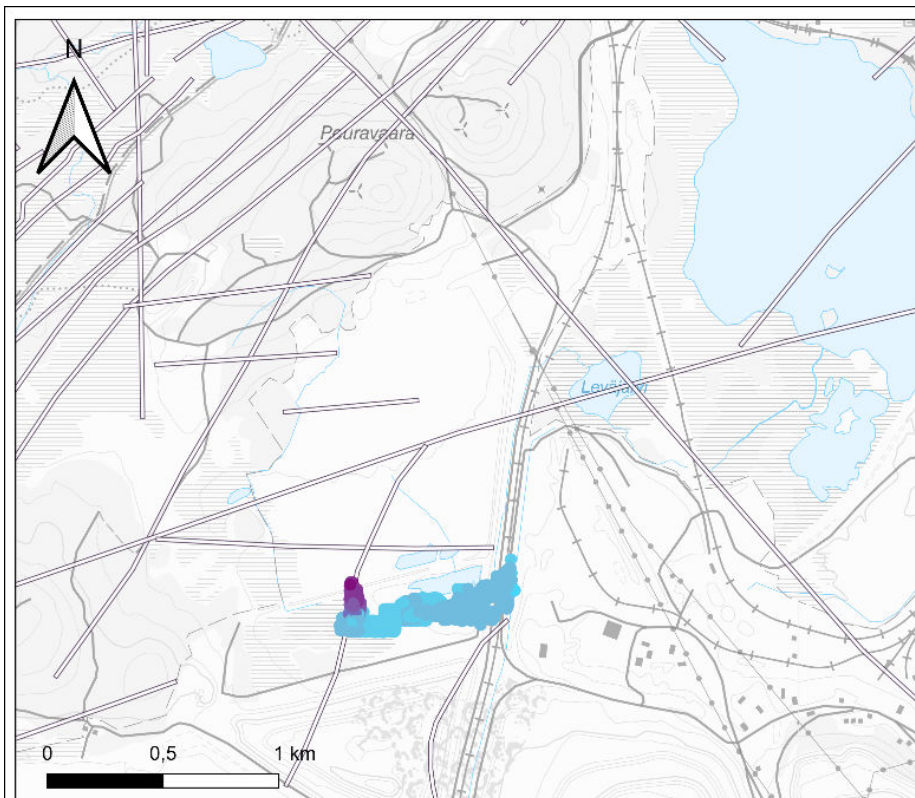
En känslighetsanalys har också genomförts där genomsläppligheten på moränen i botten på magasinet och i nedströms område höjdes till $1 \cdot 10^{-5}$ m/s, dvs en mycket genomsläpplig morän. Spridningen ändrades inte markant i detta fall, utan merparten av läckaget samlas fortfarande upp i diken och den andel av vattnet som går via grundvattnet strömmar ut och bildar ytvatten i magasinets direkta närhet (figur 6). Den spridning som i basfallet kunde noteras ner mot gruvan via lineamentet sker inte i fallet med den mer genomsläppliga moränen. Gradienten ner mot järnvägen och nedströms områden i Luossajärvis avrinningsområde i kombination med det höga K-värdet i moränen gör att drivkraften för

strömning ner mot gruvan avtar. En lokal ansamling av partiklar i sprickzonen under magasinet syns i figuren men spridningen av dessa blir mindre än i basfallet (figur 6).

Sammanfattningsvis visar modellresultaten att det finns få långa djupa flödesvägar ut ur magasinet och risken för en påverkan på grundvatten ner mot sjöarna Luossajärvi och Levijärvi från Viscaria bedöms som liten.



Figur 5. Slutdestinationer för de partiklar som i basfallet finns kvar i modellen efter 100 år.



Diffust läckage från klarningsmagasin



Figur 6. Slutdestinationer för de partiklar som i fallet med en mer genomsläpplig morän finns kvar i modellen efter 100 år.

SLUTSATSER OCH SAMMANFATTNING AV PROVTAGNING OCH MODELLBERÄKNINGAR

- Analyser från provtagningen visar att huvuddelen av vattnet som rinner till diket nedströms Viscarias sand- och klarningsmagasin kommer från Viscariaområdet. Halter av flera ämnen, bl a klorid, sulfat, molybden och strontium visar dock att vattnet är starkt påverkat av avrinningen från LKABs industriområde.
- Analysresultaten från provtagningen visar inte på ett betydande diffust läckage från sand- och klarningsmagasin som sker längs hela flödesvägen. Ett mindre läckage från klarningsmagasinet kan dock noteras, detta bekräftas av modellberäkningarna.
- Sammanfattningsvis visar analyserna från provtagningen att kloridhalterna sjunker direkt efter att de två vattnen blandas (prover från VIS-YT-123) men zinkhalten i vattnet består. Blandningspunkten ligger direkt nedströms klarningsmagasinet. Utmed den sträcka där diket löper utmed klarningsmagasinet damm på Viscariasidan av vägen så ökar kloridhalterna jämfört med halterna i det ursprungliga Viscariavattnet, en fyrdubbling av halterna kan noteras i mätdata. Detta indikerar att ett tillskott till diket på ca 20 % av vatten som har sitt ursprung från LKABs industriområde sker. Zinkhalterna består utmed denna sträcka vilket indikerar att ett vatten med relativt hög zinkhalt tillkommer på denna sträcka. Om det inte hade tillförts zink längs sträckan skulle zinkhalten minskat pga utspädning med LKAB:s vatten med ca 20 %. Efter sträckan utmed klarningsdammen där alltså ett mindre tillskott av zink sker via diffust läckage, rinner vattnet nedströms Viscarias efterbehandlade sandmagasin. På denna sträcka, nedströms det efterbehandlade sandmagasinet, tillkommer dock inget zink vilket tyder på att det inte sker något diffust läckage från det efterbehandlade sandmagasinet. Längs dikessträckan nedströms det efterbehandlade sandmagasinet och hela vägen ner till den sista provtagningspunkten (VIS-YT-129) så minskar däremot zinkhalterna markant, och denna minskning härleds till fastläggning i det organiska materialet längs flödesvägen.





Bilaga 1

ICP-vattenanalyser från ALS Scandinavia



ELEMENT	ENHET	VIS-YT-120	VIS-YT-121	VIS-YT-122	VIS-YT-123	VIS-YT-124	VIS-YT-125	VIS-YT-126	VIS-YT-127	VIS-YT-128	VIS-YT-129
Stabilisering		Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Al, aluminium	µg/L	21,2	2,22	5,75	11,2	12,5	11,4	11,7	8,57	11,8	14,2
As, arsenik	µg/L	0,722	0,0732	0,091	0,451	0,4	0,379	0,361	0,338	0,356	0,353
Ba, barium	µg/L	27,4	28,6	29,5	48,5	25,9	25,5	25,1	25,9	23,7	23,8
Ca, kalcium	mg/L	86,9	376	380	140	130	133	135	144	140	142
Cd, kadmium	µg/L	0,155	<0.07	<0.07	0,1	0,0501	0,0485	0,0555	<0.01	0,0507	0,0469
Co, kobolt	µg/L	0,598	0,749	0,317	0,352	0,228	0,246	0,22	0,214	0,233	0,24
Cr, krom	µg/L	0,146	0,0545	0,151	0,164	0,12	0,105	0,151	0,149	0,068	0,122
Cu, koppar	µg/L	23,5	9,9	6,42	18,4	15	13,7	13,5	15,2	13,1	12,4
Fe, järn	mg/L	0,455	0,00478	0,104	0,189	0,301	0,269	0,3	0,3	0,308	0,321
Hg, kvicksilver	µg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
K, kalium	mg/L	11,1	43,2	43,4	16,3	15,8	16	16,4	16,5	16,4	16,3
Mg, magnesium	mg/L	9,67	38,7	38,6	15	14,1	14,4	14,6	15,2	14,6	14,6
Mn, mangan	µg/L	34,4	0,959	16,5	27,9	22,8	30,5	36,2	53,9	46,4	66,8
Mo, molybden	µg/L	6,3	54	52,8	18,8	12,5	13,2	13,4	14,3	13	13,1
Na, natrium	mg/L	8,64	115	125	23,4	24,9	25,6	27	24,8	27,6	27,9
Ni, nickel	µg/L	6,58	2,57	2,36	7,78	4,16	4,32	3,82	3,9	3,56	3,58
P, fosfor	µg/L	4,43	3,12	7,83	4,84	5,66	3,64	3,7	<5	4,32	5,51
Pb, bly	µg/L	0,234	<0.01	0,0423	0,0766	0,143	0,112	0,118	0,125	0,121	0,11
Si, kisel	mg/L	4,18	5,42	5,52	4,7	4,41	4,48	4,51	4,56	4,52	4,46
Sr, strontium	µg/L	142	2000	2000	424	412	426	451	477	473	474
V, vanadin	µg/L	0,148	0,104	0,259	0,14	0,118	0,124	0,136	0,111	0,114	0,122
Zn, zink	µg/L	71,6	3,91	6,05	72,8	47,5	42,3	37,1	38,9	33,5	38,1
U, uran	µg/L	8,77	62,8	61,4	13,3	13,7	14,6	15	18,4	14,5	14,7
S, svavel	mg/L	73,8	338	341	119	113	116	118	122	123	123
klorid	mg/L	4,51	116	107	24,5	25	25,3	25,7	26,7	23,3	26,8
nitrit, NO ₂	mg/L	<0.0050	<0.0050	0,0115	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050	<0.0050
nitritkväve, NO ₂ -N	mg/L	<0.0020	<0.0020	0,0035	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020	<0.0020
sulfat, SO ₄	mg/L	210	890	817	309	311	313	316	328	339	342





Bilaga 2



Foton från provtagningspunkter.

Provtagnings ID	Foto provtagningspunkt	Foto omgivning
VIS-YT-120		
VIS-YT-121		

<p>VIS-YT-122</p>		
<p>VIS-YT-123</p>		

<p>VIS-YT-124</p>		
<p>VIS-YT-125</p>		

<p>VIS-YT-126</p>		
<p>VIS-YT-127</p>		

<p>VIS-YT-128</p>		
<p>VIS-YT-129</p>	