

GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR



Handläggare
Irene Geuken
Tel
+46 10 505 15 56
Mobil
072-238 30 99
E-post
irene.geuken@afconsult.com

Datum
2020-04-27
Projekt-ID
75393903

Rapport-ID
Gräsvretens Industriområde
Kund
Huddinge Kommun

GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

ÅF-Infrastructure AB

Handläggare
Irene Geuken, Andrei Rapp

Granskare
Niclas Larsson, Irene Geuken





GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

Innehåll

Sammanfattning.....	4
1 Inledning.....	5
2 Inledande provtagning	5
2.1 Provtagning.....	6
2.2 Geologisk beskrivning av området.....	7
2.3 Resultat	8
2.3.1 Metallinnehåll	8
2.3.2 Svavel/sulfidinnehåll.....	8
2.3.3 Lakteter	10
2.4 Rekommendationer	11
2.4.1 Metallinnehåll	11
2.4.2 Sulfidinnehåll.....	11
3 Ny bedömning oktober 2019.....	12
3.1 Bedömningsosäkerhet.....	12
3.2 Tidigare rekommendationer om lakteter	12
3.3 ABA-analys.....	13
3.4 Diskussion.....	13
4 Nya rekommendationer oktober 2019	14
4.1 Ny provtagning - ABA-tester och NAGpH-test	14
4.2 Hantering av bergmassorna - kontroll av yt- och grundvattenförekomster och kontrollprogram	15
5 Kompletterande undersökning.....	15
5.1 Provtagning.....	15
5.1.1 ABA-analys	16
5.1.2 NAGpH	17
5.1.3 Bulkanalys	17
5.2 Riktlinjer.....	17
5.2.1 ABA-analys	17
5.2.2 NAGpH	18
5.2.3 Bulkanalys	18
5.3 Resultat	19
5.3.1 ABA och NAGpH resultat	19
5.3.2 Bulkanalysresultat.....	22
6 Diskussion.....	24
6.1 Bulkanalys.....	24
6.2 ABA-analys och NAGpH.....	25
7 Slutsats och rekommendationer	29
7.1 Bergskärningar	29



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

7.2	Bergkrossmaterial	29
7.3	Förslag på kontrollprogram.....	30
7.4	Vidare rekommendationer	30
8	Referenser.....	31

Bilagor

Bilaga 1.....	Miljögeoteknisk analys, Sweco Geolab
Bilaga 2.....	Laktest, Eurofins
Bilaga 3.....	ABA och Bulkanalys, ALS
Bilaga 4.....	Fotobilaga över prov dec 2019



Sammanfattning

Berggrunden i Gräsvretenområdet har provtagits i två omgångar i syfte för att undersöka om planerade anläggningsarbeten utgör risk för att skapa en försurande miljö med bakgrund av oxiderande sulfidmineral. Inledande provtagning genomfördes i januari 2019 och proven analyserades av SWECO Geolab i syfte att undersöka den totala svavelhalten samt metallhalter och av Eurofins i syfte att undersöka berggrunden metallurlaknings egenskaper. Resultatet visade på förhöjda svavelhalter samt höga kadmiumhalter jämfört bedömningsgrunderna (Naturvårdsverket 2009).

Baserat på resultatet från januari rekommenderades det nya analyser i oktober 2019 för att ytterligare undersöka berggrundens eventuella försurande egenskaper i Gräsvretenområdet. Inför det nya analysprogrammet samlades nya prov in i november (11 stycken prov samlades in, varav 10 användes i undersökningen) och proven skickades för analys hos ALS Geochemistry. För att kvantifiera provens surgöringspotential utfördes två statiska laktest: ABA-analys samt NAGpH-analys, resultaten av dessa analysmetoder jämfördes med varandra för att bedöma om berggrunden innehar försurande egenskaper eller inte. Vidare utfördes en total metallhaltsanalys av ALS, syftet var att undersöka om berggrunden innehåller höga/förhöjda metallhalter som skulle kunna utgöra en risk vid en sur miljö.

Som bedömningsgrunder och riktvärden användes *Trafikverkets handbok om sulfidförande berg* (2015) för diskussion om svavelhalterna, vidare användes riktvärden presenterade av *The International Network for Acid Prevention* (INAP) och för att bedöma den data de statiska analyserna gav. *Naturvårdsverkets riktvärden för förorenad mark* (2009) samt *Återvinning av avfall i anläggningsarbeten* (Naturvårdsverket 2010) användes för att bedöma och diskutera resultatet av total metallhaltsanalysen.

Resultatet från analyserna genomförda av ALS under december 2019 visade att 7 (10) av proven utgör låg risk för försurning vid bearbetning, 2 (10) av proven visade viss risk och 1 (10) prov utgör stor risk för försurning. De metaller som förekom i noterbara halter jämfört de bedömningsgrunderna använda i studien (Naturvårdsverket 2009; 2010) var koppar, krom, nickel och barium. Dessa kan därför utgöra större risk för lakning vid en surare miljö.

Baserat på resultatet och diskussionen ges ytterligare rekommendationer. Rekommendationerna behandlar det faktiska resultatet, förebyggande arbete och gav förslag på kontrollprogram. Rekommendationerna och hur man ska ställa sig till dom är beroende av hur bergmaterialet planeras att användas.



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

1 Inledning

På uppdrag av Huddinge kommun har AFRY (tidigare ÅF) uttagit bergprover i samband med miljöteknisk markundersökning i området inför planerad exploatering. Bergprover har uttagits vid två tillfällen (15 januari 2019) och (20 november 2019).

Syftet med undersökningarna har varit att fastställa om massorna är sulfidförande eller inte och om massorna kan återanvändas inom projektet. Syftet är även att undersöka hur massorna isåfall kan återanvändas.

2 Inledande provtagning

Tisdagen den 15 januari 2019 har ÅF Bergteknik (geologer Niclas Larsson och Irene Geuken) provtagit bergmassor vid Gräsvretens industriområde.

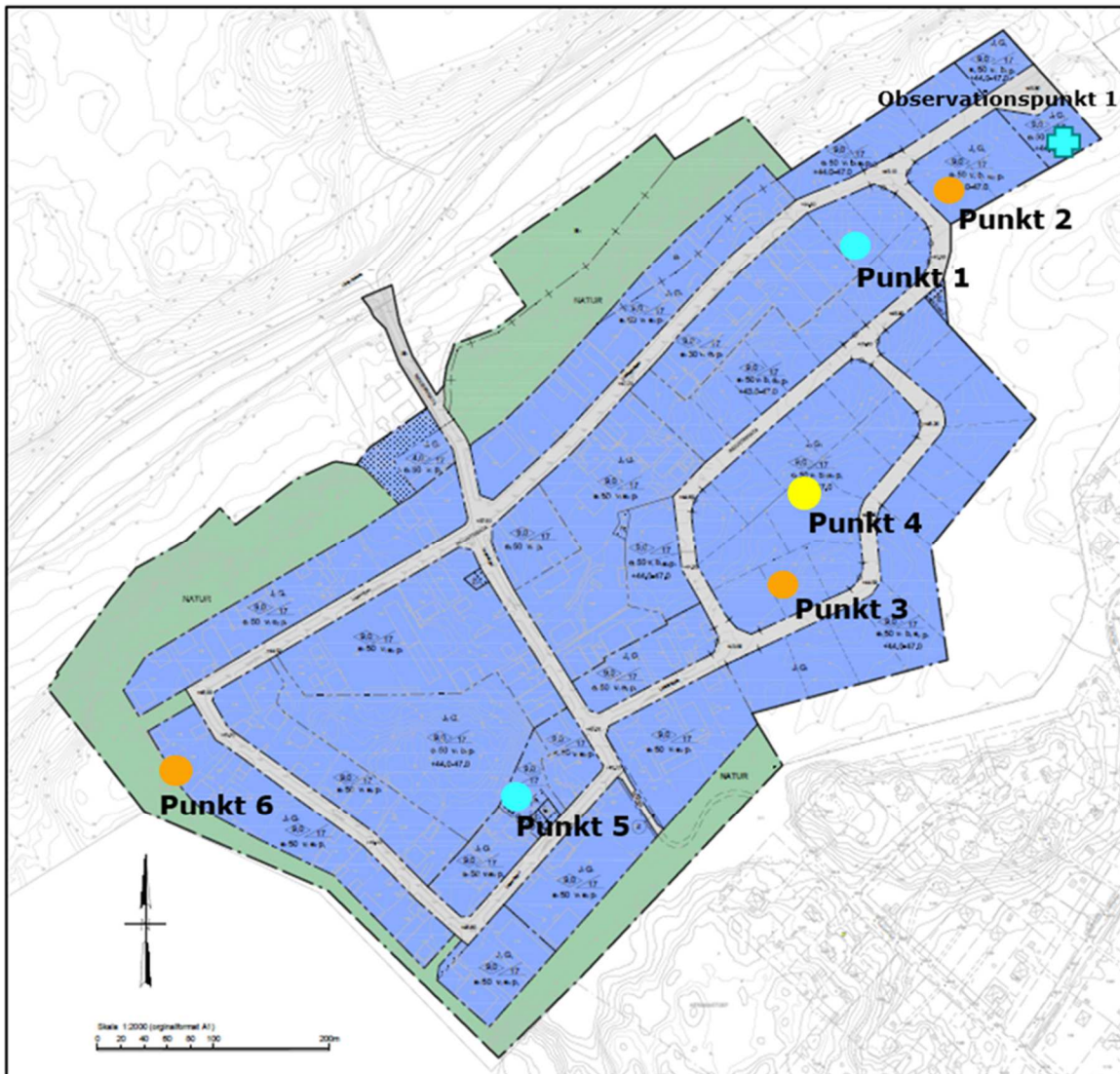


GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

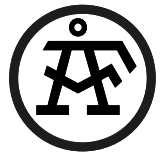
PROVTAGNING BERGMASSOR

2.1 Provtagning

Provtagningen ägde rum inom befintliga Gräsvreten industriområde samt inom det område som planeras för utbyggnad. Sammanlagt togs 6 prover enligt tabell 1 samt figur 1 nedan. Samtliga provhinkar levererades samma dag (2019-01-15) till Sweco geolab som analyserat metall- och sulfidinnehållet.



Figur 1. Översiktlig karta över Gräsvretens industriområde inklusive planerad utbyggnad. Provpunkter i gult innebär att provtagningen visar på något förhöjd halt av totalsvavel, provpunkter i orange avser förhöjda halter av totalsvavel. Ljusblå provpunkter avser normala halter av totalsvavel (se tabell 1).

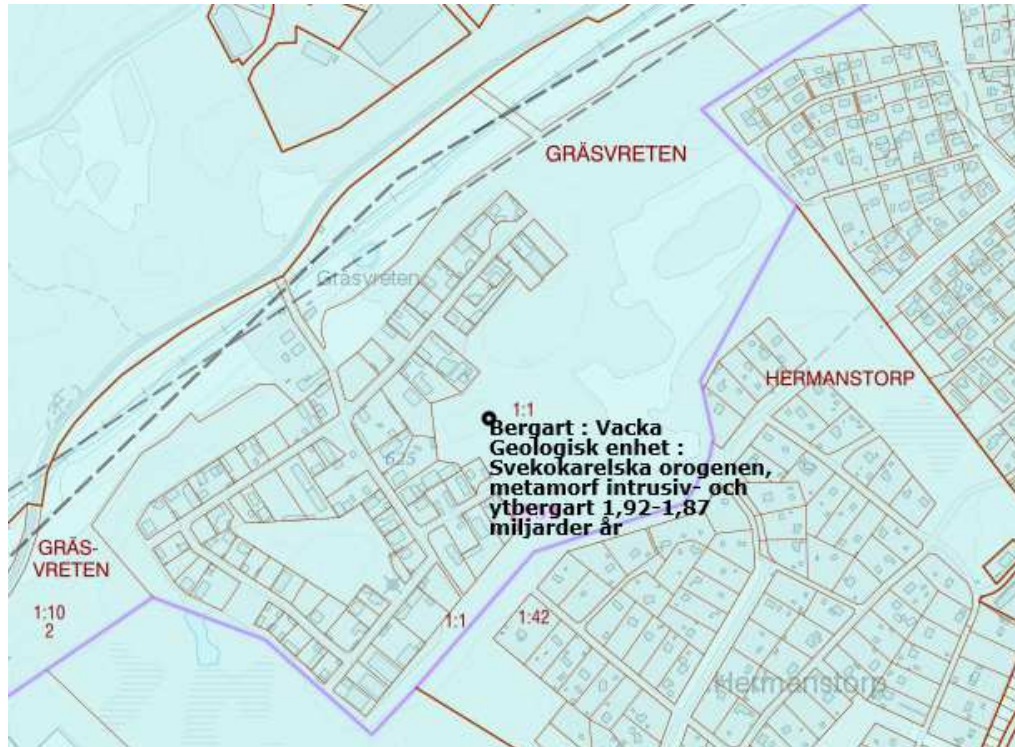


GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

2.2 Geologisk beskrivning av området

Enligt SGUs (Sveriges Geologiska Undersökning) regionala berggrundskartor så ligger berggrunden vid Gräsvreten inom ett område med vacka, eller gråvacka, en ursprungligen sedimentär bergart som senare utsatts för omvandling (se figur 2).



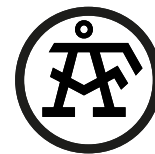
Figur 2. Utdrag ur SGUs (Sveriges Geologiska Undersökning) regionala berggrundskartor.

Utifrån den översiktliga kartering som gjordes i samband med provtagningen så har ÅF funnit att den lokala berggrunden inom området består av en granatförande sedimentådergnejs med något varierande utseende. Sedimentådergnejsen mestadels grå till mörkgrå, glimmer- och kvartsrik och är även ställvis mycket rostig (se figur 4). Vid tidpunkten för provtagningen fanns mycket snö i området varför relativt få ytor var blottade för okulär besiktning. Dock kunde man vid några hållar tydligt se den gnejsiga strukturen (se figur 3).

Ingen sprickkartering har genomförts men till viss del har mätningar gjorts av foliation/sprickriktning vid de olika provpunkterna vilka samtliga stryker i västlig till sydvästlig riktning (mellan 230 – 270 grader).



Figur 3. Exempel på den typiska bergarten för området, granatförande sedimentådergnejs. Här syns den gnejsiga strukturen tydligt. Till vänster vid provpunkt 4, och till höger vid provpunkt 6.



Figur 4. Exempel på den ställvis mycket rostiga berggrunden inom området. Till vänster och till höger vid provpunkt 2, i mitten vid provpunkt 6.

2.3 Resultat

2.3.1 Metallinnehåll

Resultat från totalanalyser av metallinnehåll, utfört av Sweco geolab, redovisas nedan i tabell 1.

Bedömningsgrunderna utgår ifrån Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark (mg/kg TS). KM avser Känslig Markanvändning och MKM Mindre Känslig Markanvändning (t.ex. industrimark).

Analyserade totalhalter i bergmaterialet för metallinnehåll visar att prov 5 och 6 inte har några halter över KM eller MKM. Prov 1, 2, 3 och 4 uppvisar kadmiumhalter som överstiger KM. Prov 3 uppvisar även krom- och vanadinhalter över KM. Självklart är det i detta sammanhang värt att komma ihåg att naturvårdsverkets generella riktvärden är utformade för att bedöma risk från förorenad jord och alltså inte är helt över-sättbara till bergmaterial. En generell regel är att ju mer intakt bergmaterialet är, desto mindre kommer det att belasta omgivande miljö genom vittring och urlakning.

2.3.2 Svavel/sulfidinnehåll

Resultat från totalanalyser av svavel/sulfid-innehåll, utfört av Sweco geolab, redovisas nedan i tabell 1.

De bedömningsgrunderna för svavel/sulfidinnehåll som vi använt utgår ifrån Trafikverkets Handbok för hantering av sulfidförande bergarter. Trafikverket skriver i handboken att de rekommenderar att laktester genomförs om något av proverna visar på "något förhöjd halt", "förhöjd halt" eller "klart förhöjd halt", dvs gul, orange eller röd färg (se tabell 1 nedan).

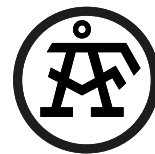
Analyserade prov visar att prov 2, 3, 4 och 6 har svavelhalter som ligger inom de intervall där man bör gå vidare med laktester. Prov 4 ligger inom intervallet "något förhöjd halt".

Prov 2, 3 och 6 ligger inom "förhöjd halt" med prov 3 med högst halt av samtliga prover på 2000 ppm.

Sammantaget uppvisar flertalet prover halter som överstiger Trafikverkets riktvärden.

GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR



Tabell 1. Resultat från Sweco geolab – analys av metall- och svavel/sulfidinnehåll.

Provtagning 2019-01-15										
Parameter	Gräsvretens industriområde						Naturvårdsverkets riktvärden			
	Prov 1	Prov 2	Prov 3	Prov 4	Prov 5	Prov 6	KM (mg/kg)	MKM (mg/kg)		
Arsenik	<5	<5	<5	<5	<5	<5	10	25		
Bly	<2	<2	2	<2	3,4	2,4	50	400		
Kadmium	1,9	5,7	2,4	3,3	<0,2	<0,2	0,8	12		
Kobolt	6,3	7,4	10	9,8	4,4	11	15	35		
Koppar	2,7	31	46	14	3,7	65	80	200		
Krom totalt	39	10	140	66	32	45	80	150		
Nickel	14	22	21	33	11	26	40	120		
Vanadin	32	11	120	64	20	42	100	200		
Zink	54	6,9	48	36	19	55	250	500		
							Trafikverkets riktvärden för svavelhalter			
							Något förhöjd halt mg/kg (ppm)	Förhöjd halt mg/kg (ppm)	Hög halt mg/kg (ppm)	
Svavel (total)	66	1000	2000	770	140	1000	500-1000	1000-5000	>5000	
Svavel (sulfid)	<20	560	<20	500	61	<20		-	-	



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

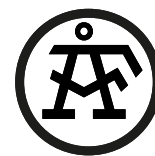
PROVTAGNING BERGMASSOR

2.3.3 Lakteter

Lakteter har utförts under januari och februari 2019 av Eurofins. Resultaten redovisas i tabell 2 nedan. Provsvarerna visade att samtliga fyra prover som laktetest hade ett pH på mellan 8,0 – 9,0. Övriga ämnen som testats ligger samtliga under gränsvärdena för inert avfall enligt Naturvårdsverkets författningssamling 2004:10. Observera att laktesterna utförts efter att rekommendationerna under kapitel 3 skrevs och redovisas nu i samband med uppdaterat PM.

Tabell 2. Resultat från lakteter från Eurofins.

Parameter	Prov 1 ej laktetestats	Prov 2	Prov 3	Prov 4	Prov 5 - ej laktetestats	Prov 6
pH (L/S=2)		8,3	8,1	8,1		8,1
pH (L/S=8)		9,0	7,8	8,2		8,0
Temperatur (L/S=2)		24,1	23,5	22,3		23,9
Temperatur (L/S=8)		23,1	22,6	22,9		22,2
Konduktivitet (L/S=2)		16	20	11		18
Konduktivitet (L/S=8)		5,3	3,3	2		2,6
Antimon Sb L/S=2		<0,0020	<0,0020	<0,0020		<0,0020
Antimon Sb L/S=10		<0,0060	<0,0060	<0,0060		<0,0060
Arsenik As L/S=2		<0,010	<0,010	<0,010		<0,010
Arsenik As L/S=10		<0,050	<0,050	<0,050		<0,050
Barium Ba L/S=2		<0,70	<0,70	<0,70		<0,70
Barium Ba L/S=10		<2,0	<2,0	<2,0		<2,0
Bly Pb L/S=2		<0,020	<0,020	<0,020		<0,020
Bly Pb L/S=10		<0,050	<0,050	<0,050		<0,050
Kadmium Cd L/S=2		<0,0030	<0,0030	<0,0030		<0,0030
Kadmium Cd L/S=10		<0,0040	<0,0040	<0,0040		<0,0040
Koppar Cu Sb L/S=2		<0,090	<0,090	<0,090		<0,090
Koppar Cu Sb L/S=10		<0,20	<0,20	<0,20		<0,20
Krom Cr Sb L/S=2		<0,020	<0,020	<0,020		<0,020
Krom Cr Sb L/S=10		<0,050	<0,050	<0,050		<0,050
Kvicksilver Hg L/S=2		<0,00026	<0,00026	<0,00026		<0,00026
Kvicksilver Hg L/S=10		<0,0013	<0,0013	<0,0013		<0,0013
Molybden Mo L/S=2		<0,030	<0,030	<0,030		<0,030
Molybden Mo L/S=10		<0,050	<0,050	<0,050		<0,050
Nickel Ni L/S=2		<0,020	<0,020	<0,020		<0,020
Nickel Ni L/S=10		<0,040	0,046	<0,040		<0,040
Selen Se L/S=2		<0,0060	<0,0060	<0,0060		0,0074
Selen Se L/S=10		0,012	0,018	<0,0010		0,021
Zink Zn L/S=2		<0,20	<0,20	<0,20		<0,20
Zink Zn L/S=10		<0,40	<0,40	<0,40		<0,40
Klorid L/S=2		6,9	<2,0	3,8		4
Klorid L/S=10		<10	2,7	<10		<10
Fluorid L/S=2		1,2	0,42	0,83		0,81
Fluorid L/S=10		1,9	3,7	1,7		2,7
Sulfat L/S=2		51	8,4	32		95
Sulfat L/S=10		56	370	37		110
*DOC L/S=2		40	39	19		8,2
*DOC L/S=10		65	66	39		25
Ts för lösta ämnen L/S=2		210	390	<200		260
Ts för lösta ämnen L/S=10		<800	<800	<800		<800
Metallanalys - svavel total	66	1000	2000	770	140	1000



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

2.4 Rekommendationer

2.4.1 Metallinnehåll

Halten av metaller i bergmaterialet utgör generellt låg risk för omgivande miljö, undantaget kadmium. Det rekommenderas att utföra laktest för att säkerställa att kadmium inte bidrar till att belasta mark och grundvatten via utlakning (Laktest har utförts se kap 2.3.3). Denna urlakning är kopplad bland annat till bergets försurningsförmåga och då det finns en viss korrelation mellan bergets kadmiuminnehåll och totalhalt svavel rekommenderas laktest för att säkerställa att detta inte är ett problem.

Övriga metaller uppvisar generella halter under KM och därför, givet att detta är bergmaterial och inte jord, bedöms dessa metallerhalter inte utgöra någon påtaglig risk, oavsett bergmaterialets användningsområde.

2.4.2 Sulfidinnehåll

Då två tredjedelar av det provtagna materialet uppvisar halter som ligger över Trafikverkets riktvärden bör materialet laktestats för att ta reda på vilken försurningsförmåga bergarten har.

Resultaten från de geologiska undersökningarna samt från laboratorieundersökningarna visar att det föreligger en viss risk att återanvända bergmaterialet då det är relativt sulfidförande.

Vi rekommenderar att bergsakkunnig kopplas in för besiktning om sulfidförekomster påträffas vid bergguttag. Speciellt bör man vara observant vid bergguttag i de områden där provtagningen visar på förhöjda halter av sulfider uppmättes, vid provpunkterna 2, 3 och 6 (se tabell 1).

Enligt Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter bör man efter utfört laktest på de prover som ligger över något förhöjd eller förhöjd halt (se tabell 1) göra en bedömning av bergmassorna utifrån deras försurningspotential (totalhalt svavel), pH min, laktest av bergmassorna (försurningsförmåga) samt mängd (bergmassor) och bestämma vilken grad bergmassorna faller inom (se figur 5 nedan samt Trafikverkets handbok).

Grad 1 - Mycket stor försurningsgrad (G1)
Grad 2 - Stor försurningsgrad (G2)
Grad 3 - Måttlig försurningsgrad (G3)
Grad 4 - Liten försurningsgrad (G4)
Grad 5 - Försumbar försurningsgrad (G5)

Figur 5. Utdrag ur Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter. Figuren visar tabell 10 i handboken "Sulfidförande bergarters försurningsgrad vilken är avhängig mot materialets försurningspotential, försurningsförmåga och dess mängd.

Man bör också utföra en riskklassificering av miljöpåverkan, enligt Trafikverkets handbok, sidan 40. Det innebär kort att man gör en genomgång av hur omgivande miljöer berörs vid sprängning, mellanlagring och slutanvändning av sulfidförande bergarter. Generellt gäller att det inte bör finnas yt- eller grundvattensystem som kan komma i kontakt med sulfidförande bergarter pga. dess eventuella försurningspåverkan. Viktigt att påpeka här är att en avsaknad av ytvattensystem eller närliggande grundvattensystem leder till klass 5 objekt om bergmassorna har en försurningsgrad som ligger mellan grad 3-5.



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

3 Ny bedömning oktober 2019

Under september/oktober har ÅF Bergteknik fått förfrågan om att göra en komplettering av denna rapport och göra en ytterligare riskbedömning för återanvändning av berg inom Gräsvretens industriområde.

Vidare framkom önskemål om:

- En revidering av PM så att det tydligare framgår att laktester har genomförts.
- Att redovisa förslag till hantering av detta berg.
- Förslag till hantering och bedömningar av risker med detta berg inkl. ev. risk för negativ påverkan på MKN.
- En bedömning avseende återanvändning av bergkross som uppkommer kommer kräva kompletterande borrhävar och riskbedömning.
- Att utföra en riskklassificering av miljöpåverkan, enligt Trafikverkets handbok, sidan 40, en genomgång av hur omgivande miljöer berörs vid sprängning, mellanlagring och slutanvändning av sulfidförande bergarter samt en redovisning av hur yt- eller grundvattensystem skulle kunna påverkas.

3.1 Bedömningsosäkerhet

Eftersom Trafikverkets handbok har refererats till i den kompletterande förfrågan är det värt att nämnas att den just nu ska ses som rådgivande när det gäller att bedöma sulfidförande bergmassor. Det finns en osäkerhet i hur bedömningen ska göras och handboken planeras att revideras från och med år 2020. Forskning pågår i samarbete med Luleå Tekniska Universitet för att utveckla metodik och bedömningsgrunder.

3.2 Tidigare rekommendationer om laktester

Rekommendationerna från januari 2019 var att man skulle följa Trafikverkets handbok och gå vidare med laktester av bergmaterialet för att ta reda på vilken försurningsförmåga bergarten har. Denna rekommendation gavs då två tredjedelar av det provtagna materialet uppvisade halter som ligger över Trafikverkets riktvärden (se tabell 1) och då resultaten från de geologiska undersökningarna och laboratorieundersökningarna visar att det föreligger en viss risk att återanvända bergmaterialet då det är relativt sulfidförande.

De rekommenderade laktesterna genomfördes under februari 2019 på de fyra prover som översteg 500 ppm totalsvavel. Provsvaren visade att samtliga fyra prover hade ett pH på mellan 8,0 – 9,0 (se tabell 2).

Förfaringssättet med att ta fram pH från laktester enligt Trafikverkets handbok har dock visat sig inte vara tillräckligt adekvat för att få fram den försurningsgrad som handboken skriver om.

I Naturvårdsverkets handbok från 2010, Återvinning av avfall i anläggningsarbeten, skriver man att hur surt lakvattnet blir beror inte bara på vilka sulfider som avfallet innehåller utan även på avfallets innehåll av ämnen som kan neutralisera syran. I många fall ökar urlakningen vid oxidering av metallsulfiderna, men den ökningen kan bli mindre om avfallet kan neutralisera bildad syra. För dessa avfall kan laktesterna endast användas för att avgöra urlakningen från avfallet i den grad av oxidering som provet hade när det kom in till laboratoriet. Det är därför svårt att använda nivåer för urlakning för att bedöma om avfallet i framtiden kommer att medföra en påverkan som är mindre än ringa risk eller är lämpligt för deponitäckning eftersom oxideringen förändrar urlakningen från avfallet med tiden. Av denna anledning bör även avfallets förmåga att neutralisera producerad syra undersökas.

Vidare säger Naturvårdsverket att för att bedöma om bergmassorna kommer att ge ett surt lakvatten eller om det kommer att kunna neutralisera den producerade syran används olika typer av mått på syraproducerande och neutraliserande kapacitet och relationen mellan dem. En vanlig bedömning är att den neutraliserade kapaciteten bör vara minst tre gånger så stor som den syrabildande potentialen. Naturvårdsverket har valt att använda det måttet som en nivå för mindre än ringa risk.



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

I stället för att göra laktester för att ta fram försurningspotentialen för proverna kan man istället använda sig av en s.k. ABA-analys (Acid Base Accounting, se nedan) som tar fram försurnings- och neutralisationspotentialer för provmaterialet. ABA-analysen görs i enlighet med SS-EN 15875 (Svensk Standard, 2011), en standard som även rekommenderas i Trafikverkets handbok.

3.3 ABA-analys

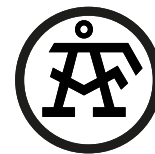
Trafikverkets handbok rekommenderar att man använder sig av SS-EN 15875:2011 Karaktärisering av avfall – Statiskt test för bestämning av syrabildnings- och neutraliseringspotential för sulfidhaltigt avfall. Denna standard beskriver även ABA-analys eller Acid Base Accounting, en metod att geokemiskt karaktärisera avfall eller bergmassor. ABA-analysen är ett statiskt test som ger en momentan bild av mängden sulfider i förhållande till mängden buffrande mineral i avfallet. Med hjälp av ABA-analysen tar man fram både försurningspotentialen (AP) och neutralisationspotentialen (NP) men även hur man tar fram "net neutralisation potential" (NNP) och "neutralisation potential ratio" (NPR).

3.4 Diskussion

Tre av de sex proverna visar att totalsvavelhalterna ligger inom intervallet "förhöjd halt" men i det lägre spannet (tabell 1). Även om totalsvavelhalterna är låga har resultatet i andra projekt med relativt låga totalsvavelhalter visat att materialet potentiellt är försurande.

Bergarten som karterats inom området, sedimentådergnejs/gråvacka har inom andra projekt visat sig vara den bergart som har störst risk att vara sulfidförande inom Stockholmsområdet i stort och ibland har halterna varit mycket höga.

För proverna som är tagna inom Gräsvretens industriområde finns ännu ingen adekvat bedömning av dess försurningsförmåga.



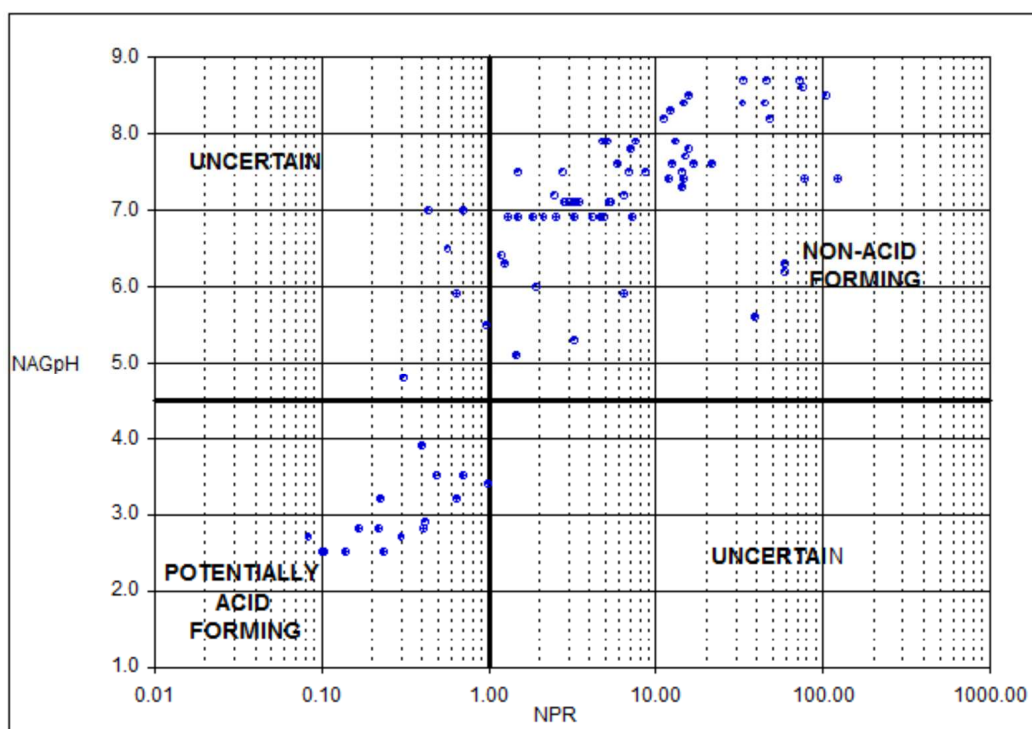
4 Nya rekommendationer oktober 2019

4.1 Ny provtagning - ABA-tester och NAGpH-test

ÅF rekommenderar att nya prover tas i området och skickas för ABA-analys för att ta reda på försurningspotentialen (AP) och neutralisationspotentialen (NP) samt kvoten NP/AP (NPR eller neutralisation potential ratio och differensen NP-AP (NNP eller net neutralisation potential). ABA-analysen ger även totalsvavelhalter för proverna.

Vi rekommenderar även kompletterande NAG-pH test. NAG-test eller net acid generation test visar vilken mängd syra som bildas vid simultana syraneutraliserande och syragenererande reaktioner. Man använder väteperoxid (H₂O₂) som accelererar oxidationen av reaktiva sulfider och efter det mäts lösningens pH. Baserat på ABA-analysens NPR och NAG pH kan nedanstående diagram (figur 6) fås fram som visar på provernas syra- och neutralisationspotential (www.gardguide.com, 2019)

ÅF rekommenderar att 10 prover tas för att få en så bra uppfattning som möjligt av bergmassorna och deras potentiella försurningsförmåga. Dessa prover kan i första hand tas som stuff från berghällar.

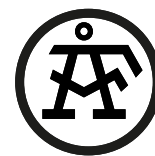


Figur 6. Exempel på NPR och NAG-PH diagram med fyra kvadranter, två som är osäkra (uncertain), en som är icke syraproducerande (non-acid forming) samt en som är potentiellt syraproducerande (potentially acid forming)

Prover med NPR större än 1 och NAG pH större än 4,5 hamnar i kvadranten som inte är syraproducerande.

Prover med NPR mindre än 1 och NAG pH mindre än 4,5 hamnar i kvadranten som är potentiellt syraproducerande.

Prover där NPR är högre än 1 och NAG pH lägre än 4,5 hamnar i den osäkra kvadranten nere till höger, prover där NPR är lägre än 1 och pH är högre än 4,5 hamnar i den osäkra kvadranten uppe till vänster, dvs när NAG pH och NPR indikerar olika (NPR är bra men pH lågt eller tvärtom) hamnar de i de osäkra kvadranterna. (Diagram från www.gardguide.com, 2019).



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

4.2 Hantering av bergmassorna - kontroll av yt- och grundvattenförekomster och kontrollprogram

Om provtagning och analys visar att bergmassorna kan användas trots ett totalsvavelinnehåll inom intervallet "förhöjd halt" i det lägre spannet (lägre än 2000 ppm t.ex.) rekommenderar vi följande:

Man bör ta hänsyn till och i förväg undersöka om det inom närområdet finns redan identifierade försurningskänsliga yt- eller grundvattenförekomster som kan påverkas. Om det finns försurningskänsliga yt- eller grundvattenförekomster bör man överväga att inte använda massorna inom påverkansområdet.

Till försurningskänsliga räknas små vattenförekomster, vattenförekomster som har ett lättpåverkat tillrinningsområde eller en vattenförekomst med låg buffringskapacitet. Yt- och grundvatten som redan uppvisar någon form av påverkan, t.ex. försämrade pH-status, kan räknas som försurningskänsliga men känsligheten kan också vara beroende av t.ex. avrinningsområdets förmåga att neutralisera ett surt lakvatten. Storleken på avrinningsområdet i förhållande till recipienten kan också påverka försurningskänsligheten.

Eftersom merparten av bergmassorna planeras att återanvändas inom området bör ett kontrollprogram upprättas för att följa upp status på grundvatten, ytvatten samt även göra lakvattenprovning för att säkerställa att massornas påverkan på omgivningen inte överskrider de riktvärden som finns. Förslag till kontrollprogram finns i Trafikverkets handbok.

Enligt Trafikverkets handbok bör kontrollprogrammet upprättas på inrådan av tillsynsmyndigheten i länet där arbetet utförs och vid planerad användning av sulfidförande bergarter ska kontakt tas med en miljömyndighet.

Det är till fördel om bergmassorna sprids ut i olika användningsområden för mindre påverkan till omgivningen.

Vid användning av bergmassorna kan/bör man också överväga att blanda upp materialet med t.ex. betong eller aska eller slagg, för att buffra massorna och minska risken för försurning av omgivningen.

Om massorna ska säljas vidare bör man upplysa om riskerna med bergmassorna.

5 Kompletterande undersökning

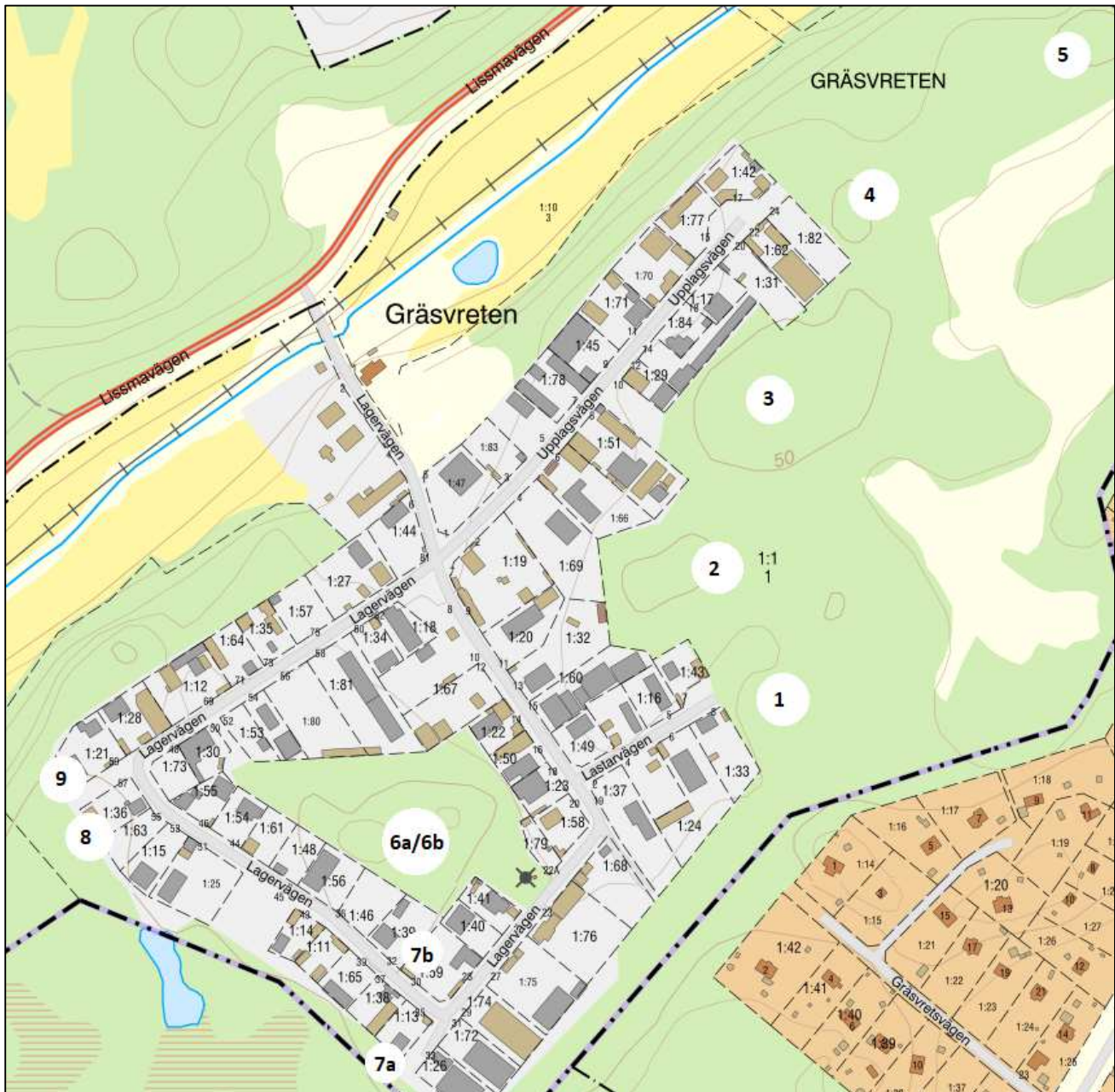
Av tidigare resultat och rekommendationer från oktober 2019 beslutades att ytterligare provtagning skulle ske. De nya proven ska analyseras för att vidare undersöka bergmassornas eventuella försurningspotential. Proven analyserades dels i en ABA-analys (Acid-Base Accounting) för att djupare förstå bergmassornas försurande samt neutraliserande potential (INAP 2020). Vidare utfördes en så kallad NAGpH-analys vars resultat kan jämföras med ABA-resultatet för att ytterligare kunna kvantifiera eventuella försurningsegenskaper för berget (INAP 2020). En bulkanalys, eller total metallanalys, utfördes också.

5.1 Provtagning

Provtagningen av nya bergprover genomfördes 20 november 2019. Proven samlades in ytligt från berg i dagen med hjälp av slägga och kil. Syftet med insamlingen av prov är för att genomföra vidare geokemiska analyser (ABA, NAGpH och Bulkanalys). Totalt samlades 11 bergprov in. Figur 7 visar var proven samlades in. Prov 9 skickades inte för vidare analys.

Provtagningen genomfördes av geolog Niclas Larsson och bergsingenjör Carl Hasbo (ÅF Infrastructure AB).

Proven från provtagningen packades i separata kartonger och skickades till ALS Geochemistry i Piteå.



Figur 7. Karta som visar var proven samlades in från Gräsvretens industriområde. Karta från Lantmäteriet (2020)

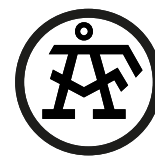
5.1.1 ABA-analys

Analysprogrammet genomfördes av ALS Geochemistry i Piteå. Analyskod: ABA-PKG06E, enligt europeisk standard EN 15875 "Characterization of waste – Static test for determination of acid potential and neutralization potential of sulfidic waste" .

Acid Base Accounting är en metod att geokemiskt karaktärisera bergavfall eller bergmassor (INAP 2020, Svensk Standard SS:EN, 2011). ABA-analysen ger en bild av mängden sulfider i förhållande till mängden buffrande mineral i bergmaterialet. Syftet med Acid-Base Accounting (ABA) är att kvantifiera den surgörande potentialen (Acid Potential) AP och neutraliserande potentialen (Neutralization Potential) NP. Därefter kan man bedöma resultatet dels med nettoneutraliseringspotentialen (NNP) samt neutraliseringspotentialration (NPR) enligt:

$$\text{NNP} = \text{AP} - \text{NP}$$

$$\text{NPR} = \text{NP} / \text{AP}$$



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

AP är härledd från totalsvavel och totalsulfat i provet enligt:

$$AP = (\text{totalsvavel} - \text{totalsulfat}) * 31,25$$

För utförligare metodbeskrivning hänvisas till EN 15875.

5.1.2 NAGpH

Analysprogrammet genomfördes av ALS Geochemistry Piteå. Analyiskod: OAVOL011, *Static Net Acid Generation (NAG)*. Syftet med analysprogrammet är att undersöka nettoförsurningspotentialen. Metoden går ut på att oxidera provet med väteperoxid (H_2O_2) som snabbt oxiderar eventuella sulfider. Resulterande pH mäts. Därefter titreras provet med bas för att ta reda på hur mycket syra som bildades. För utförligare metodbeskrivning hänvisas ALS analyskod OAVOL011.

5.1.3 Bulkanalys

Analysprogrammet genomfördes av ALS Geochemistry Piteå. Analyiskod: ME-MS61, *Ultra-Trace level method using ICP-MS and ICP-AES*. Syftet med bulkanalys är att undersöka om (tung)metallhalterna i bergmaterialet är höga jämfört de riktlinjer och vägledande halter satta av Naturvårdsverket (Naturvårdsverket 2009, Naturvårdsverket 2004) En sur miljö kan leda till mobilisering av (tung)metaller (INAP 2020) och därför är det av vikt att undersöka om och vilka metaller som kan utgöra en risk.

För utförligare metodbeskrivning hänvisas ALS analyskod ME-MS61.

5.2 Riktlinjer

Kapitlet avser att redovisa tillgängliga riktlinjer och vägledande värden som står som stöd för bedömningen av resultatet.

5.2.1 ABA-analys

Trafikverkets rapport "Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter" innefattar en bedömningsmall med riktvärden för svavelhalt per kg bergkross (tabell 3).

Tabell 3. Klassificeringstabell av svavelhalt i bergmassor i ppm enligt Trafikverket (2015)

Halt	Svavelhalt mg/kg (ppm)
Mycket låg halt	<100
Låg halt	100–500
Något förhöjd halt	500–1000
Förhöjd halt	1000–5000
Hög halt	>5000

Naturvårdsverket (2010) samt GARD guide (INAP 2020) anger att den neutraliserande kapaciteten bör vara tre gånger så stor som den syrabildande kapaciteten för att undvika försurning, det vill säga NP:AP (NPR) = 3:1 (tabell 4).

Tabell 4. Klassificeringstabell av NPR-värde enligt GARD guide samt naturvårdsverket (2010)

NPR	Bedömning
<1	Potentiellt syraproducerande
1–3	Osäkerhetszon
>3	Potentiellt icke syraproducerande



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

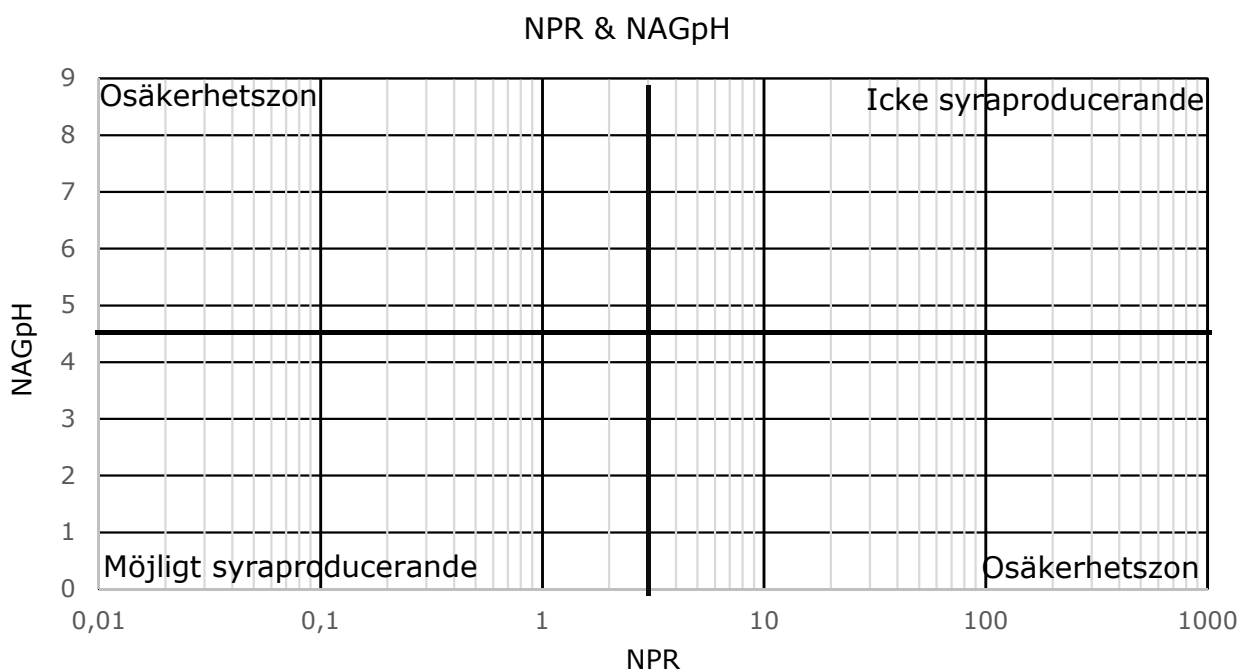
GARD guide visar även hur NNP kan användas för att bedöma den syraproducerande potentialen (INAP 2020) (tabell 5).

Tabell 5. Klassificeringstabell av NNP-värde enligt GARD guide

NNP	Bedömning
<-20	Potentiellt Syraproducerande
-20-+20	Osäkerhetszon
>20	Potentiellt icke syraproducerande

5.2.2 NAGpH

Om NAGpH är över 4,5 är det möjligt icke syraproducerande och är NAGpH under 4,5 är det möjligt syraproducerande (GARDguide, Warwick et. Al., AMIRA). NAGpH kan därför plottas mot NPR i ett diagram för att klassificera ett givet bergmaterial som icke syraproducerande, osäker eller potentiellt syraproducerande (figur 8). Är $NAGpH_{4,5+7,0} > 5 \text{ kgH}_2\text{SO}_4/\text{t}$ bedöms det som potentiellt syraproducerande (Karlsson, T, 2020).



Figur 8. Diagram där NPR plottas mot NAGpH för att avgöra den syraproducerande potentialen hos ett bergmaterial.

5.2.3 Bulkanalys

Naturvårdsverkets Handbok Återvinning av avfall i anläggningsarbeten (2010) innehåller vägledning för att avgöra om ett avfalls metallhalter utgör en risk. Halterna beskriver en nivå för mindre än ringa risk. Halterna är baserade på 90-percentilerna av bakgrundshalterna i finfraktion av opåverkad morän (tabell 6).

Tabell 6. Naturvårdsverkets haltgränser för metaller i avfall för en nivå mindre än ringa risk

Element	mg/kg
Arsenik	10
Bly	20
Kadmium	0,2
Koppar	40
Krom	40
Kvicksilver	0,1
Nickel	0,1
Zink	120



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

Parallellt har Naturvårdsverkets generella riktlinjer för förorenad mark använts som bedömningsgrund (tabell 7). Där KM = känslig mark och MKM = mindre känslig mark (Naturvårdsverket 2009).

Tabell 7. Naturvårdsverkets generella riktlinjer för förorenad mark gällande metaller

Element	KM (mg/kg)	MKM (mg/kg)
Antimon	12	30
Arsenik	10	25
Barium	200	300
Bly	50	400
Kadmium	0,8	12
Kobolt	15	35
Koppar	80	200
Krom (total)	80	150
Molybden	40	100
Nickel	40	120
Vanadin	100	200
Zink	250	500

5.3 Resultat

Kapitlet avser att presentera resultatet från de nya analyserna som genomfördes dec 2019/jan 2020. Tabell 8 beskriver de proven som samlades in utifrån en okulär besiktning. För foton se bilaga 4. Alla prov klassificerades som paragnejs, dvs gnejs med sedimentärt ursprung och som i Stockholmsområdet ofta hänvisas till som ådergnejs eller gråvacka, och ett prov klassificeras som amfibolit (Tabell 8).

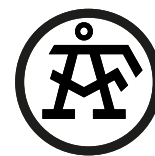
Tabell 8. Mineralbeskrivning och typbergart för de insamlade proven

Prov	Mineral	Bergart
1	Glimmer, biotit (50%), kvarts (30%), fältspat (20%)	Paragnejs
2	Glimmer (60%), kvarts (40%)	Paragnejs
3	Glimmer, biotit (60%), kvarts (30%), fältspat (10%)	Paragnejs, pegmatit (10%)
4	Glimmer, biotit (60%), kvarts (40%)	Paragnejs
5	Kvarts, fältspat,	(finkornig) amfibolit(?)
6a	Glimmer (40%), kvarts (30%), fältspat (30%)	Paragnejs
6b	Glimmer (70%), kvarts (30%)	Paragnejs
7a	Glimmer (70%), kvarts (30%)	Paragnejs
7b	Glimmer (50%), fältspat (30%), kvarts (20%)	Paragnejs
8	Glimmer (50%), kvarts (30%), fältspat (15%), granat (5%)	Paragnejs, granatförande
9	Glimmer (65%), kvarts (35%), granat	Paragnejs, granatförande

5.3.1 ABA och NAGpH resultat

Enligt ABA testet klassificeras endast prov 1 som *potentiellt syrabildande* medan resterande prov hamnar antingen i *osäkerhetszonen* eller *icke syrabildande zonen* (Figur 9)

Endast prov 1 har en svavelhalt som klassificeras som *hög halt* (Trafikverket 2015) samt ett NPR som klassificeras som syraproducerande (Tabell 9, 10, 11; Figur 9).



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

Prov 2, 7b och 8 har förhöjd svavelhalt men proven hade samtidigt relativt hög neutraliserande potential vilket gav NPR/NNP värden inom osäkerhetszon samt *inte syraproducerande* (Tabell 9, 10, 11; Figur 9).

Prov 3 har *något förhöjd svavelhalt* men samtidigt relativt hög neutraliserande potential och ett NPR som visar på *inte syraproducerande* (Tabell 9, 10, 11; Figur 9).

Resterande prov (4, 5 6a, 6b och 7a) har *låg* eller *mycket låg* svavelhalt och samtidigt en relevant NP, vilket resulterar i relativt hög NPR och mycket låg risk i förhållande till syraproduktion (Tabell 9, 10, 11; Figur 9).

Tabell 9. Resultat från ABA-analys genomförd av ALS Gemchemistry i Piteå.

Prov	Svavel (ppm)	Svavelsulfid (ppm)	NP (tCaCO ₃ /1Kt)	AP (tCaCO ₃ /1Kt)	NPR (NP/AP)	NNP (NP-AP)
1	5900	5100	13	15,9	0,8	-2,9
2	2500	2100	17	6,6	2,6	10,4
3	600	400	12	1,3	9,2	10,7
4	200	<100	10	<0,3	>33	>9,7
5	300	<100	7	0,3	23,3	6,7
6a	<100	<100	7	<0,3	>23	>6,7
6b	300	<100	8	<0,3	>27	>7,7
7a	300	<100	12	0,3	40,0	11,7
7b	1600	1300	13	4,1	3,2	8,9
8	1300	1000	5	3,1	1,6	1,9

Tabell 10. Klassificeringstabell av svavelhalt i bergmassor i ppm enligt Trafikverket (2015).

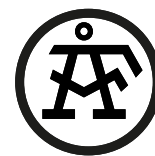
Bedömning	Svavelhalt mg/kg (ppm)
Mycket låg halt	<100
Låg halt	100–500
Något förhöjd halt	500–1000
Förhöjd halt	1000–5000
Hög halt	>5000

Tabell 11. Klassificeringstabell av NPR-värde enligt GARD guide (INAP 2020) samt Naturvårdsverket (NV 2010).

NPR	Bedömning
<1	Potentiellt syraproducerande
1–3	Osäkerhetszon
>3	Potentiellt icke syraproducerande

Tabell 12. Klassificeringstabell av NNP-värde enligt GARD guide (2020).

NNP	Bedömning
<-20	Potentiellt syraproducerande
-20-+20	Osäkerhetszon
>20	Potentiellt icke syraproducerande

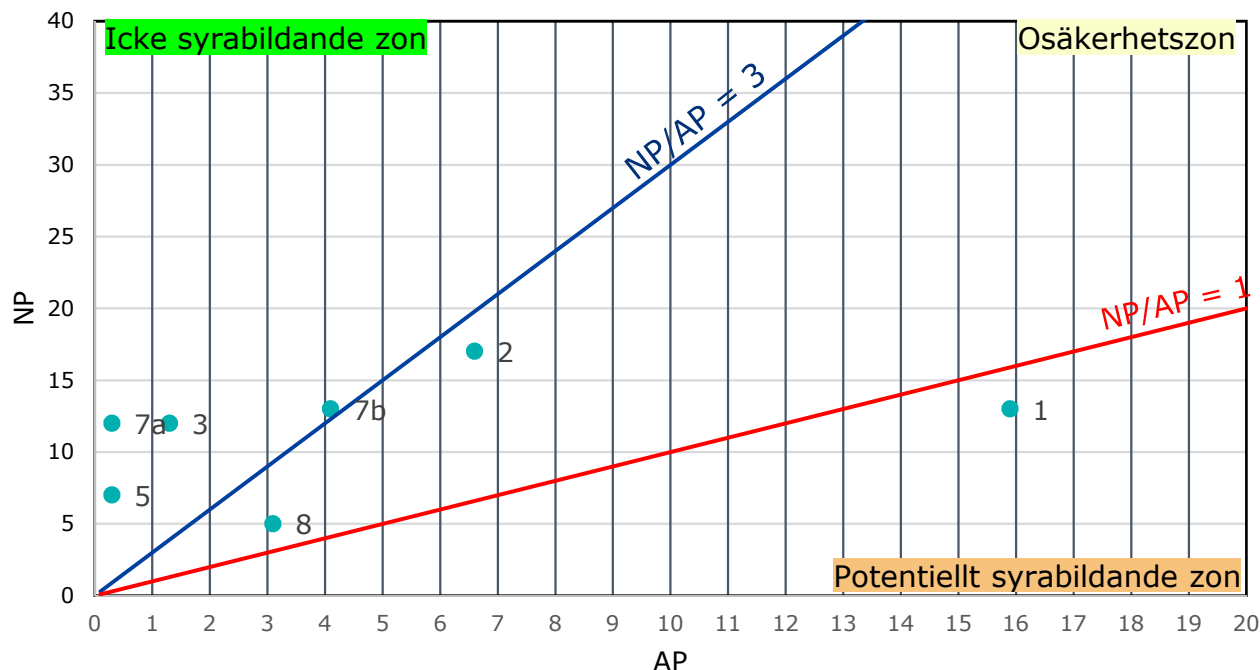


GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

Figur 9 plottar proven utifrån NP (y-axeln) samt AP (x-axeln) samt grafiskt visas två räta linjer enligt klassificeringarna av naturvårdsverket och GARD guide. Endast prov 1 hamnar i den *potentiellt syrabildande zonen* medan resterande prov hamnar antingen i *osäkerhetszonen* eller *icke syrabildande zonen* (prov 7a, 3 och 5). Den syrabildande potentialen för prov 4, 6a och 6b var $<0,3$ och redovisas därför inte i grafen.

NP-AP diagram



Figur 9. Figuren visar var proven hamnar i förhållande till om proven är potentiellt syrabildande, osäker eller icke syrabildande. X-axeln visar AP, den försurande potentialen medan y-axeln visar NP, den neutraliserande potentialen

NAG-analysresultatet redovisas i tabell 13 samt i figur 10 där NAGpH jämförs med NPR. NAGpH var $< 4,5$ (potentiellt syraproducerande) endast för prov 1. Vidare var $NAGpH_{4,5+7,0} > 5$ för prov 1, vilket tyder på att provet potentiellt är syraproducerande (INAP 2020, Karlsson)

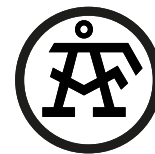
Samtliga övriga prov låg NAGpH $> 8,0$ (potentiellt icke syraproducerande) samt $NAGpH_{4,5+7,0} < 0,01$, vilket tyder på att proven potentiellt är icke syraproducerande (INAP 2020, Karlsson, T)

Tabell 13. redovisning av resultat från NAGpH-analysen.

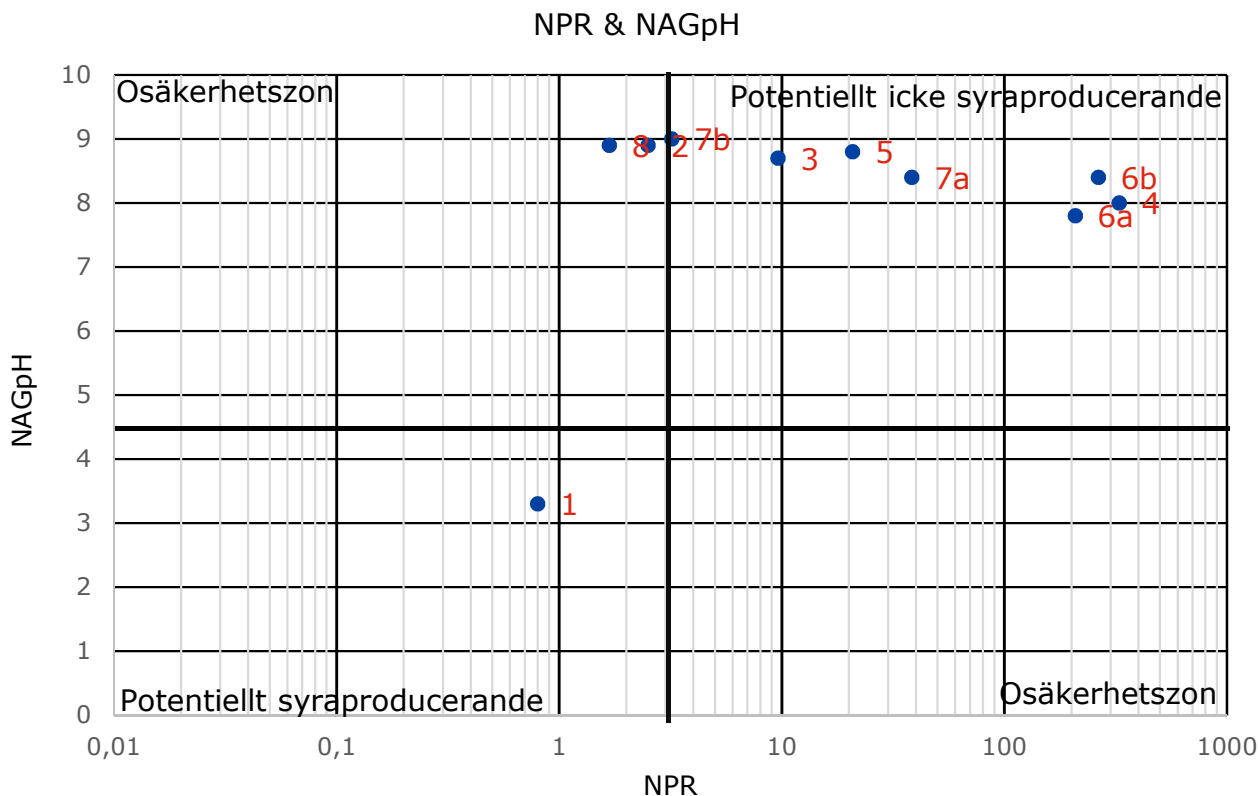
Prov	NAGpH4.5 kg H ₂ SO ₄ /t	NAGpH7.0 kg H ₂ SO ₄ /t	pH värde
1	2,31	5,42	3,3
2	<0.01	<0.01	8,9
3	<0.01	<0.01	8,7
4	<0.01	<0.01	8
5	<0.01	<0.01	8,8
6a	<0.01	<0.01	7,8
6b	<0.01	<0.01	8,4
7a	<0.01	<0.01	8,4
7b	<0.01	<0.01	9
8	<0.01	<0.01	8,9

GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR



Prov 7b, 3, 5, 7a, 6a, 6b och 5 hamnar i den icke syraproducerande zonen i figur 10. **Prov 8 och 2** hade lägre NPR men likvärdig NAGpH jämfört nämnda prov och hamnar därför i osäkerhetszonen. **Prov 1** hade både lägre NPR samt NAGpH och hamnar därför i den potentiellt syraproducerande zonen.



Figur 10. NPR jämförs med NAGpH. Figuren delas in i fyra områden baserat på de bedömningsgrunder som använts enligt Naturvårdsverket (2010) och INAP (2020).

5.3.2 Bulkanalysresultat

En sur miljö leder till att metaller och tungmetaller enklare kan mobiliseras och påverka eventuell recipient negativt. Syftet med bulkanalysen är att undersöka om bergmaterialet innehåller någon nämnvärd förhöjning av tungmetaller.

Bariumhalterna (Ba) var mer än dubbelt så höga enligt Naturvårdsverkets generella riktlinjer för förorening vid *mindre känslig mark* (Naturvårdsverket 2009; Tabell 5) för prov 6b och 7a samt höga för prov 6a, 7b och 8 (tabell 14).

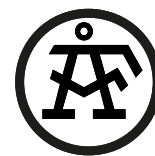
Kromhalterna (Cr) var högre jämfört med bedömningsgrunderna tillgängliga för samtliga prov, där prov 1, 2, 3, 6b och 7b översteg både Naturvårdsverkets gräns för både *nivå mindre än ringa risk* samt för halten vid *mindre känslig mark* (Naturvårdsverket, 2009).

Kopparhalterna (Cu) för prov 1, 2, och 7b översteg *nivå för mindre än ringa risk*. För prov 1 och 2 var kopparhalten mer än det dubbla än riktvärdet (Naturvårdsverket, 2009).

Nickelhalterna (Ni) för samtliga prov översteg halterna för *nivå mindre än ringa risk* och prov 7b översteg även haltgränsen för *mindre känslig mark* (Naturvårdsverket, 2009).

GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR



Tabell 14. Koncentration av metaller analyserade i bulktest (se sektion 6; 7). Gul markering visar de halter som överstiger Naturvårdsverkets (2010) halter för återvinning av avfall vid nivå mindre än ringa risk. Blå markering visar de ämnen som överstiger Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark (MKM = Mindre känslig mark). Röd markering visar de halter som överstiger båda bedömningsgrunderna. Fetmarkering visar vilka metaller som det finns tillgängliga riktlinjer för och därför är det endast dessa metaller som bedömts. Röd text vid svavel (S) innebär att provet innehar en svavelhalt som enligt trafikverket (2015) är förhöjd halt eller hög halt

Metall	Prov:	1	2	3	4	5	6a	6b	7a	7b	8
Ag	ppm	0,25	0,27	0,09	0,09	0,04	0,03	0,04	0,06	0,13	0,1
Al	%	8,04	7,51	7,31	7,59	7,39	6,35	6,97	6,87	6,54	6,83
As	ppm	1,7	<0.2	1,9	<0,2	0,8	<0.2	0,3	<0,2	1,9	0,5
Ba	ppm	300	130	110	420	120	600	660	620	330	500
Be	ppm	1,38	1,14	1,94	1,24	7,48	0,44	1,17	0,95	0,74	1,72
Bi	ppm	0,12	0,04	0,04	0,02	0,09	0,03	0,03	0,02	0,15	0,03
Ca	%	4,25	5,62	4,82	1,74	3,94	0,81	2,21	2,24	3,29	0,76
Cd	ppm	0,32	0,46	0,44	0,28	0,15	0,19	0,18	0,42	0,23	0,31
Ce	ppm	18,1	21,7	18,3	75,5	16,3	72,6	65,8	55,2	101	50,7
Co	ppm	30,8	30,8	29,2	12,6	30,1	11	22,6	18,1	35,7	13,1
Cr	ppm	166	206	253	133	112	89	155	105	432	115
Cs	ppm	2,26	1,01	1,23	1,61	4,31	1,97	1,43	1,46	5,5	1,79
Cu	ppm	105,5	93,8	24	21,5	23,8	11,4	10,8	11,4	54,1	35,3
Fe	%	4,61	5,11	4,39	3,83	6,04	4,15	4,2	4,34	5,2	5,24
Ga	ppm	19,7	15,9	14,8	18,65	21,2	16,6	17,7	15	15,65	14,55
Ge	ppm	0,2	0,21	0,18	0,22	0,23	0,12	0,16	0,23	0,28	0,2
Hf	ppm	1,7	1,8	1,2	4,6	3,2	6,1	3,7	3,4	2,5	8
In	ppm	0,061	0,067	0,081	0,047	0,074	0,056	0,053	0,076	0,054	0,065
K	%	1,22	0,63	0,74	1,78	1,27	2,7	2,76	2,42	2,01	2,38
La	ppm	8,2	9,4	8	34,6	6,2	35,9	32,3	25,5	44,7	24,7
Li	ppm	12	11,2	10,1	18,5	25,6	10,7	13,1	16,9	14,8	21,3
Mg	%	2,61	3,51	3,28	1,55	2,6	1,14	1,98	2,02	4,64	1,26
Mn	ppm	540	966	854	488	1010	650	548	590	730	1010
Mo	ppm	4,18	5,64	1,05	1,36	0,51	2,09	0,66	0,77	0,95	1,74
Na	%	1,7	1,1	1,16	2,1	2,26	1,44	1,03	0,87	1,11	1,2
Nb	ppm	9,8	5,5	4,5	9,6	19,5	12,2	9,2	6,7	9,9	8
Ni	ppm	80,1	51,7	58,3	30,7	78,6	28,1	43,1	24,8	179,5	35,2
P	ppm	600	190	130	430	410	230	270	350	520	220
Pb	ppm	9,3	6,9	9,6	18,5	10,2	20,1	17,9	13,4	10,6	18
Rb	ppm	57,2	20,8	25,9	91,4	157	142,5	121,5	113,5	135	110,5
Re	ppm	0,009	0,005	<0,002	<0,002	0,002	<0,002	0,002	<0,002	<0,002	<0,002
S	%	0,56	0,23	0,07	0,04	0,05	0,02	0,05	0,05	0,16	0,15
Sb	ppm	0,05	0,05	0,15	0,21	0,1	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Sc	ppm	17,3	33,7	27,8	16,7	16,3	19,5	19,6	20,3	23	28,8
Se	ppm	3	2	1	1	1	<1	3	1	1	1
Sn	ppm	1,5	0,6	1,8	0,4	6,2	0,7	0,5	0,5	1,9	0,8
Sr	ppm	285	111,5	114,5	157	173,5	142	137,5	158,5	141	122
Ta	ppm	0,59	0,37	0,65	0,69	2,27	0,6	0,48	0,32	0,55	0,46
Te	ppm	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	0,08	<0,05	<0,05	<0,05
Th	ppm	0,32	1,35	3,05	12,3	8,09	11,9	10,25	7,78	22,4	7,48
Ti	%	0,364	0,217	0,181	0,313	0,478	0,294	0,316	0,334	0,351	0,18
Tl	ppm	0,67	0,25	0,32	0,6	0,95	0,8	0,77	0,58	0,75	0,61
U	ppm	0,6	0,7	2,1	2,7	4,7	1,6	1,6	1,3	1,8	1,6
V	ppm	186	179	141	100	121	85	112	125	137	58
W	ppm	0,2	0,2	0,6	0,2	0,9	0,1	0,1	0,2	0,4	0,2
Y	ppm	6	11,2	9,3	19,4	56	25,2	17,6	16,4	15,4	39,3
Zn	ppm	106	103	90	89	111	79	81	125	97	91
Zr	ppm	70	73,9	42,1	187	75,1	210	123,5	139,5	104	310



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

6 Diskussion

Trafikverkets handbok ses just nu som rådgivande och planeras att revideras under nästa år (2020). Naturvårdsverkets (NV 2010:1) rekommendationer är inte heller helt tydliga med vad som avses som farligt avfall eller vilka halter eller nivåer som ska anses utgöra mindre än ringa risk. Även SS-EN 15875 håller för närvarande på att revideras. Forskning pågår i samarbete med Luleå Tekniska Universitet för att utveckla metodik och bedömningsgrunder. Baserat på detta kommer rekommendationerna nedan att utgå från den samlade erfarenhet som ÅF har kring bedömning av sulfidförande berg och vara projektspecifikt, dvs hänsyn tas till de förutsättningar som framkommit i och med undersökningarna som gjorts och de förutsättningar som är specifika för detta projekt.

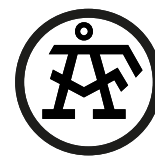
6.1 Bulkanalys

Ingen av de bedömningsgrunder använda i undersökningen är baserade direkt från bergmaterial. Några större, kvalitetsmässiga korrekta databaser för metallhalter i berg i Sverige finns inte och därför kan det vara svårt att fast avgöra vad som är anormala halter. I en rapport från MinBas, *kritiska egenskaper hos bergmaterial och alternativa material*, från 2014 presenteras en undersökning där 141 bergprov från 99 bergtäkter från hela Sverige hade analyserats i avseende för metallhalter (tabell 15). Medelvärdena kantas av hög standardavvikelse vilket tyder på att värdena hade en hög spridning.

Tabell 15. Medelvärde över olika metallhalter taget från studien "Kritiska egenskaper hos bergmaterial och alternativa material", (MinBas 2014). Studien undersökte både sura och basiska bergarter, här representeras det högsta medelvärdet oavsett sur/basisk. () De flesta analyserna är under detektionsgränsen, medelvärdet beräknat på de som överskrider detektionsgränsen, därav alltför höga halter. (**) medelvärde för svavelhalt i sura bergarter. (***) medelvärde för svavelhalt i basiska bergarter. Gul markering visar vilka prov från Gräsvreten som översteg medelvärdet från studien.*

Element	Medelvärde av 141 bergprov (ppm)	1	2	3	4	5	6a	6b	7a	7b	8
Cd	0,6*	0,32	0,32	0,44	0,28	0,15	0,19	0,18	0,42	0,23	0,31
As	2,9	1,7	<0,2	1,9	<0,2	0,8	<0,2	0,3	<0,2	1,9	0,5
Pb	21,4	9,3	6,9	9,6	18,5	10,2	20,1	17,9	13,4	10,6	18
Cu	29,1	105,5	105,5	24	21,5	23,8	11,4	10,8	11,4	54,1	35,4
Zn	124,9	106	103	90	89	89	79	81	125	97	91
S	700**/400***	5600	2300	<200	<200	200	200	500	<200	<200	1500
Cr	239	166	206	253	133	112	89	155	105	432	115
Ni	78,3	80,1	51,7	58,3	30,7	78,6	28,1	43,1	24,8	179,5	35,2
V	190,9	186	179	141	100	121	85	112	125	137	58
Co	40,9	30,8	30,8	29,2	12,6	30,1	11	22,6	18,1	35,7	13,1
Ba	676	300	130	110	420	120	600	660	620	330	500
Sb	0,8	0,05	0,05	0,15	0,21	0,1	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tl	0,9*	0,67	0,25	0,32	0,6	0,95	0,8	0,77	0,58	0,75	0,61

Huruvida, och med vilken mängd, förekommande tungmetaller lakar ut praktiskt bestäms av hur metallerna är bundna (vilka mineralmetallerna är en del av), bergarternas textur/struktur, hur sur miljön är samt hur bergmaterialet används (fin fraktion exponerar mer absolut yta för oxidationsprocesser). Halten av metall i ett bergmaterial är alltså inget mått på hur mycket som till slut kan ackumulera till en given recipient, utan kan användas för att undersöka om högre risk finns för någon metall. Med bakgrund av resultatet i tabell 11 och tabell 12 antyds det att koppar, krom, nickel och barium generellt utgör större risk vid eventuell förorening i anslutning till bergbearbetning vid Gräsvreten.



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

6.2 ABA-analys och NAGpH

ABA-standarderna som används räknar ut AP (surgörande potential) baserat på Total S_{sulfid} genom att subtrahera S_{sulfat} från Total S. Total S_{sulfid} (ppm) multipliceras därefter med faktorn 31,25 eller 62,5 (SS-EN15875). Dessa faktorer utgår från antagandet att oxidationen av 1 mol pyrit producerar 4 mol H^+ och att all sulfid antas komma från pyrit. Dock så beror mängden H^+ som produceras på vilket sulfidmineral som oxideras, exempelvis vid oxidation av kopparkis ($CuFeS_2$) eller magnetkis ($Fe_{1-x}S$) produceras endast 2 mol H^+ per mol S (GARD). Därför leder andra förekommande sulfidmineral till en överskattning av AP. ABA-analysen kan inte särskilja eller kvantifiera olika typer av sulfidmineral, för detta krävs vidare analyser, exempelvis SEM (scanning Electron Microscope), XRD eller mikroskopering med punkträkning.

Magnetkis har vidare den egenskapen att den har en mycket högre oxidationshastighet än andra sulfider (upp till 100 gånger snabbare än pyrit) vilket kan innebära stora problem vid större flöden av surt lakvattnet som kan överbelasta den omedelbart tillgängliga neutraliseringsförmågan i materialet.

Vidare beräknas i ABA-analysen AP genom att multiplicera S_{sulfid} med faktorn 31,25 baserat på hypotesen att 2 mol H^+ (från pyritoxidation) neutraliseras av 1 mol kalcit. Men vid ett neutralt pH krävs dubbelt så mycket karbonat jämfört med en sur miljö vilket kan leda till en möjlig underskattning av AP. Istället kan faktorn 62,5 användas för att simulera en miljö där 1 mol kalcit endast neutraliserar 1 mol H^+ om $pH > 6,3$ eftersträvas.

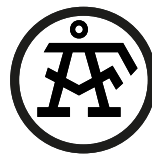
Även om ABA-metoden är en bra utgångspunkt för att fastställa neutraliseringspotentialen och den syrabildande potentialen så kan inte ABA-metoden ta hänsyn till de reaktiva icke-karbonaterna som skulle kunna bidra till neutralisation av de syrabildande mineralerna (exempelvis reaktiva lättlösliga silikatmineral) eller syrabildande (t.ex. Fe (III)-hydroxider och Fe (II)-sulfhydroxider, metallklorider och sulfater).

Det som i grunden krävs för att någon syraproduktion ska ske är närvarande sulfidmineral. Sulfidmineral består av en eller flera anjoner (svavel) som binder till en eller flera typer av katjoner (metalljoner). Innehar ett prov mycket låg svavelhalt kan man därför anta att sulfidmineralhalten också är låg.

Prov 4, 5, 6a, 6b och 7a hade samtliga en svavelhalt på 300 eller mindre (tabell 9) en del av denna svavelhalt kommer att bestå av sulfat i olika föreningar som inte bidrar till någon syrabildande potential. Enligt analysen uppkom svavelsulfidhalten till <100 ppm, parallellt med att en närvarande karbonatmineralogi gav NP värden >7 för samtliga prov ledde till NPR-värden >23 för proven (>3 är riktvärden för att ett bergmaterial ska vara icke syraproducerande (Naturvårdsverket 2010). NAGpH resultatet visar på en syraproduktion på $<0,01$ och NAGpH värden på $>7,8$ vilket ytterligare stärker provens neutrala egenskaper, proven kan därför anses inte inneha någon syraproducerande potential (figur 9; tabell 13, figur 10).

Prov 3 hade något högre svavelhalt (600 ppm) vilket trafikverket (2015) anser vara något förhöjd (tabell 9). Dock visar ABA-analysen att endast 400 ppm av dessa beräknas vara sulfidsvavel. ABA-analysen visar även på en närvarande karbonatmineralogi som kan komma att buffra eventuella försurande reaktioner och ett NPR värde på 9,2. NAGpH visade inte på någon syraproduktion samt gavs ett NAGpH värde på 8,7. ABA-resultatet i kombination med NAGpH-resultatet tyder på att prov 3 potentiellt inte innehar någon syrabildande potential (figur 9; tabell 13, figur 10).

Prov 2, 7b och 8 hade enligt trafikverkets (2015) riktlinjer förhöjda svavelhalter (2500, 1600 och 1300 ppm). En del av detta svavel var bundet som sulfat och gav något lägre sulfidhalter (2100, 1300 och 1000 ppm) (tabell 9).



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

Prov 7b hade enligt ABA-analysen en relativt hög neutraliserande kapacitet (13 tCaCO₃/1Kt) jämfört dess AP (4,1 tCaCO₃/1Kt) vilket gav ett NPR på 3,2 (Tabell 9), alltså nära skiljegränsen mellan osäker och icke syrabildande. Om provet innehåller en betydande mängd andra sulfidmineral än pyrit är AP överskattat (vid pH <6,3), däremot finns risken att AP är underskattad med en faktor på 2 vid pH>6,3 då vid neutralt pH krävs teoretiskt dubbla mängden karbonat för att neutralisera samma mängd protoner, denna hypotes leder till ett NPR på 1,6 för prov 7b och provet hamnar inom den osäkra zonen. Dock visar NAGpH-analysen ingen försurning för prov 7b vid varken pH4,5 eller pH7,0. NAGpH var vidare 9,0. Sammantaget kan bedömningen göras att prov 7b inte utgör en risk för markant försurning till pH <6,3 (figur 9; tabell 13; figur 10).

Prov 2 och 8 hade båda NPR <3 (2,6 respektive 1,6) vilket är inom osäkerhetszonen (Tabell 9)

Även om **prov 2** hade 90 % högre AP jämfört prov 8 visade ABA-analysen på en relativt hög neutraliseringspotential för provet (högst av samtliga prov) och därför ett NPR närmre 3 (2,6). Räknas AP om med faktorn 62,5 blir NPR för prov 2 0,8 och kan då anses vara potentiellt surgörande vid pH>6,3. Med endast ABA som bedömningsgrund så överstiger den surgörande kapaciteten den neutraliserande till att pH = 6,3 därefter överstiger den neutraliserande kapaciteten den surgörande med en faktor på 2,6. Återigen kommer andra förekommande sulfider än pyrit överskatta den surgörande kapaciteten (figur 9; tabell 13; figur 10).

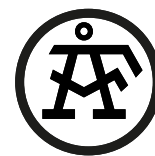
Prov 8 visade lägst neutraliserandekapacitet av samtliga prov (tabell 9). NPR för provet var 1,6 vilket är inom den osäkra zonen. NAGpH testet visade dock ingen försurningsförmåga för provet (NAGpH = 8,9 och NAGpH_{4,5}+NAGpH_{7,0} <0,01 kg H₂SO₄/t) vilket är en antydning på att AP skulle vara överskattat, exempelvis kan en del av sulfidmineralhalten bestå av mindre försurande sulfidmineral (magnetkis eller kopparkis exempelvis). Räknas NPR om med faktorn 62,5 blir den istället 0,8. Sammantaget utgör prov 8 en mindre risk för att inneha försurande potential (figur 9; tabell 13; figur 10)

Prov 1 hade högst svavelhalt (5900 ppm) och därför också högst beräknad sulfidhalt (5100 ppm) (Tabell 9). NPR blev 0,8 och bedöms då som eventuellt syraproducerande. Används faktorn 62,5 blir NPR 0,4. I NAGpH analysen var prov 1 det enda provet som visade sig potentiellt vara syrabildande. NAGpH var 7,7 kgH₂SO₄/t (>5 = potentiellt syrabildande) och NAGpH 3,3 (<4,5 potentiellt syrabildande). Resultatet tyder på att en betydande del av sulfidmineralen är pyrit som är det mest potenta syrabildande sulfidmineralet. Enligt ABA-analysen innehar provet inte tillräckligt hög neutraliserande kapacitet för att neutralisera syran som potentiellt kan bildas. Prov 1 innehöll vidare en hög barium, krom, koppar och nickelhalt enligt bedömningsgrunderna (Naturvårdsverket 2009; 2010) vilka riskerar att mobiliseras till större utsträckning om miljön blir sur. Sammantaget tyder resultatet på att prov 1 innehar stor risk för att inneha en försurande kapacitet och skulle kunna resultera i ett lakvatten med lågt pH samt hög tungmetallhalt (figur 9; tabell 13; figur 10).

En sammanfattning av bedömningen av berget baserat på de olika undersökningsmetoderna och deras resultat ges i enligt Tabell 16. Provpunkternas geografiska position med bedömning visas i Figur 11.

GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

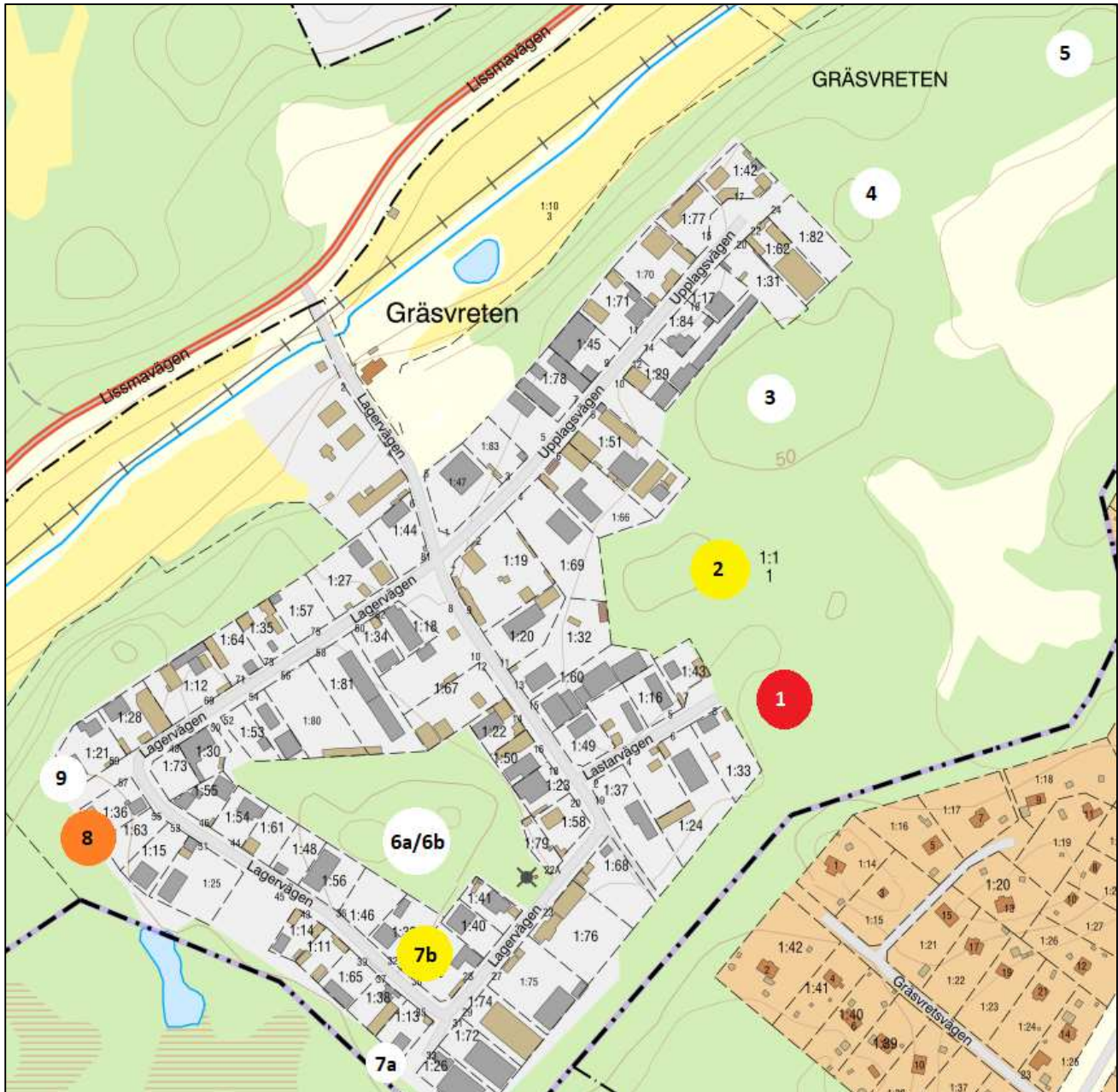


Tabell 16. Sammanfattad bedömning av proven från Gräsvreten

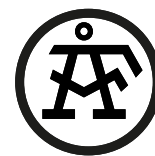
Prov	Bedömning
1	Hög risk för försurande kapacitet samt metallurlakning
2	Risk för försurning till pH6,3, därefter låg risk för ytterligare försurning
3	Låg/ingen risk för försurande kapacitet
4	Låg/ingen risk för försurande kapacitet
5	Låg/ingen risk för försurande kapacitet
6a	Låg/ingen risk för försurande kapacitet
6b	Låg/ingen risk för försurande kapacitet
7a	Låg/ingen risk för försurande kapacitet
7b	Risk för försurning till pH6,3, därefter låg risk för ytterligare försurning
8	Risk för försurning

GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR



Figur 11. Karta över Gräsvreten med provpunkterna från studien. Röd färg betecknar provpunkt med hög risk för försurning, orange färg betecknar provpunkt med risk för försurning och gul punkt betecknar provpunkt med låg risk för försurning till pH <6,3.



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

7 Slutsats och rekommendationer

Provpunkterna ger endast en indikation på bergmaterialets egenskaper vid exakt den punkten. Dess geografiska exakta position bör inte ensamt stå som grund för hur man ska hantera bergmassan just vid den platsen. Exempelvis prov 7a och 7b, (tabell 9) där hade prov 7b förhöjda svavelhalter (1600 ppm) och prov 7a låg halt (300 ppm) samtidigt som provpunkterna låg geografiskt nära varandra (ca 100 m).

Studien kom fram till att det inom undersökningsområdet i Gräsvreten finns sulfidförande berg som vid bearbetning (bergsskärning, krossning, deponering, ballastanvändning) kan leda till en försurning av miljön. Den större delen av proven visade sig utgöra låg eller ingen risk för försurning (tabell 9; tabell 10) medan prov 1 (från den östliga delen) och prov 8 (från den västliga delen) visade sig ha viss risk eller hög risk för att inneha försurande kapacitet (Tabell 9; tabell 10)), detta leder till att uppdragsgivare samt entreprenör bör förhålla sig till vissa rekommendationer.

Syftet och vad som praktiskt sker med de förekommande bergarterna vid Gräsvreten resulterar i olika rekommendationer. Själva skärningar i sig bedöms inte utgöra den största risken i den här studien, utan bergskrossmaterialet som bildas och brukas under byggandeprocessen utgör större risk. Minskande fraktion av bergskrossmaterialet leder till ökad absolut ytarea och därför ökad potential för oxidationsprocesser. En större fraktion av bergmaterialet är därför att föredra.

7.1 Bergskärningar

En skärning genom berg med höga sulfidhalter kan leda till sur avrinning genom ett ökat vattenflöde genom sprickor med sulfidförekomster och ytavrinning nedför skärningen över exponerade sulfidförekomster. Vattentillförseln kommer från ytavrinning, nederbörd och grundvatten. Vattnet kan ha stor inverkan om berget är mycket uppsprucket. Sulfidhalten är dock den avgörande komponenten och därför är det viktigt att kvantifiera sulfidhalten i skärningen. I bergskärningar där stora mängder sulfidmineral är exponerade på själva bergytan kan syraneutraliserande material som exempelvis kalksten placeras ut i väg diket. Det är då viktigt att materialet är placerat så att vattnet som rinner i diket kommer i direkt kontakt med det syraneutraliserande materialet och inte tar andra flödesvägar. En lösning är att gräva ut diket, täta med lera och eventuellt något tätskikt, därefter fylls diket med berg-material uppblandat med kalksten (trafikverket 2015). Man kan även välja att lägga ner slänten (1:2) och täcka den med lera eller annat tätt material som till exempel en lerig morän. Därigenom hindras fortsatt oxidering och urlakning av sulfiderna. Då släntlutningen påverkar arbetsområdets utbredning bör detta beaktas redan under arbetet med arbetsplanen (trafikverket 2015). Övriga eventuella åtgärder är att exempelvis fylla sprickor med inert material för att undvika vattentillförsel, täcka skärning för strypning av syretillförsel, applicering av "geotextile/geoweb" eller täckning med cement (INAP, 2020)

7.2 Bergkrossmaterial

I norra delen av området (provpunkt 4 och 5 i december 2019 provtagningen samt provpunkt 1 och 2 i januari 2019 provtagningen) visade analyserna att berget var förhållandevis sulfidfattigt och med viss neutraliserande kapacitet, bedömningen är därför att bergmaterial från det här generella området inte utgör någon större risk för försurning vid användning.

För bergmaterial från skärningar i den **nordostliga delen av området** (provpunkt 1 och 2 i december 2019 provtagningen samt provpunkt 3 och 4 i januari 2019 provtagningen) bör någon typ av kontrollprogram framtas där man successivt kontrollerar svavelhalterna allteftersom nytt berg exponeras. Beroende på resultatet av det successiva mätandet kan olika rekommendationer ges. Är svavelhalterna låga (<500–1000 ppm) kan berget sannolikt användas utan vidare restriktioner. Om halterna är höga kan antingen ytterligare studier föreligga, säker deponering eller någon form av neutraliserande åtgärder vidtas för det berörda krossberget. Det **södra** partiet (provpunkt 8, 9, 7a och 7b) och det **centrala** partiet av området (6a/b och 7a) fick blandade resultatet från studien. Generellt gäller att risken är lägre i detta område för försurande bergmaterial jämfört det nordostliga området och inga vidare restriktioner bör föreligga. Om större bergarbeten och berguttag sker från dessa områden gäller samma rekommendationer som för den nordostliga delen.



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

7.3 Förslag på kontrollprogram

Ett kontrollprogram kan baseras på användningen av en handhållen XRF (röntgenfluorescens) som på plats enkelt och snabbt kan användas för att ta reda på svavelhalten i berget av antingen utbildad entreprenör eller konsult. Metodik för XRF kontrollprogram gällande sulfidförande berg undersöks just nu av ÅF Infrastructure baserat på en rapport från statens vegvesen; *"Bruk av XRF på bergarter for vurdering av miljørisiko"*, 2016.

7.4 Vidare rekommendationer

- Att blanda bergkrossmaterial från olika riskgrupper kan göra att en större del av materialet kan brukas. Blandas exempelvis bergmaterial med egenskaper likt prov 1 (hög försurande kapacitet) med bergmaterial likt prov 7a (hög neutraliserande kapacitet och låg sulfidhalt) i goda förhållanden kan det leda till att materialet som helhet får en resulterande icke surgörande förmåga. Utgångsläget är då fraktionen som används tillåter att bergkrossmaterialet kan blandas väl (INAP 2020).
- Bergkrossmaterial som inte utsätts för både syre och vatten resulterar inte heller i någon produktion av surt lakvatten. Är användningsområdet av den typen minskar risken för konsekvenser. Exempelvis om bergkrossmaterialet/skärningen är täckt av ett tätt skikt, som lerig morän eller sprutcement (INAP 2020).
- Om provtagning av materialet under byggtiden visar att bergmaterialet är mer försurande än tidigare antagits och den naturligt förekommande neutraliserande bergarten inte räcker till för att neutralisera det syrabildande bergmaterialet kan man överväga att blanda upp materialet med till exempel betong, mesakalk eller någon annan neutraliserande produkt för att buffra massorna och minska risken för försurning av omgivningen (INAP 2020).



GRÄSVRETENS INDUSTRIOMRÅDE

PROVTAGNING BERGMASSOR

8 Referenser

AMIRA International, 2002, "ARD test handbook", projectP387A

International network for acid prevention (INAP), 2019, "GARDguide", hämtad: 2020-01-03
http://www.gardguide.com/index.php?title=Main_Page

Karlsson, T, "Net Acid Generation (NAG)", Geological Survey of Finland, hämtad 2020-01-15 <https://mine-closure.gtk.fi/net-acid-generation-nag/>

MinBas Innovation, 2018, "Kritiska egenskaper hos bergmaterial och alternativa material", Rapport 2014-04347

Naturvårdsverkets Riktvärden för förorenad mark, Rapport 5976, september 2009.

Naturvårdsverket, NFS 2004:10, ISSN-1403.8234, "Naturvårdsverkets föreskrifter om deponering, kriterier och förfaranden för mottagning av avfall vid anläggningar för deponering av avfall"

Naturvårdsverket, 2010, "Återvinning av avfall i anläggningsarbeten", handbok 2010:1

Svensk Standard SS-EN 15875:2011, "Karaktärisering av avfall – Statiskt test för bestämning av syrabildnings- och neutralisationspotential i sulfidhaltigt avfall"

Trafikverket, "Trafikverkets handbok för hantering av sulfidförande bergarter", Rapport 2015:057

Warwick, S., et. Al, 2006, "Advances in acid rock drainage (ARD) characterization of mine wastes"