

SULFIDBERGUTREDNING OCH SLÄNTSTABILITET

KVARTEREN ÄRTÅKERN, RÅGRIAN, STUBBNEKEN

2022-04-12



wsp

SULFIDBERGUTREDNING OCH SLÄNTSTABILITET

Kvarteren Ärtå kern, Rågrian, Stubbneken

KUND

Geoteknologi Sverige AB

KONSULT

WSP

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

KONTAKTPERSONER

Nikolaos Leventis

Geolog/Bergtekniker
+46 (0) 700 22 48 91
nikolaos.leventis@wsp.com

Pedro Preto

Geolog/Bergtekniker
+46 (0) 761 39 85 83
pedro.preto@wsp.com

UPPDRAGSNAMN
Västra Hagsätra, Miljöteknisk
markundersökning

UPPDRAGSNUMMER
10323296

FÖRFATTARE
Nikolaos Leventis, Pedro Preto

DATUM
2022-04-12

ÄNDRINGSDATUM

Granskad av
Viktoria Clarin/Paul Evins

Godkänd av
Paul Evins

INNEHÅLL

1	INLEDNING & SYFTE	4
2	METODIK	4
2.1	KARTERING OCH PROVTAGNING	4
2.2	TUNGMETALL OCH SVAVELANALYS	4
2.2.1	ABA-test	5
2.2.2	NAGpH-test	5
2.3	BEGRÄNSNINGAR	5
3	RESULTAT	6
3.1	BERGKARTERING OCH PROVTAGNING	6
3.1.1	Ärtåkern	6
3.1.2	Rågrian	9
3.1.3	Stubbneken	11
3.2	LABORATORIEANALYS	13
3.2.1	Tungmetallhalter	13
3.2.2	Svavelhalt	13
3.2.3	ABA- och NAGpH-test	14
3.3	SLÄNTSTABILITET	15
3.3.1	Rågrian	15
3.3.2	Stubbneken	19
4	SLUTSATSER & REKOMMENDATIONER	21
4.1	ÄRTÅKERN	21
4.2	RÅGRIAN	21
4.3	STUBBNEKEN	21
5	REFERENSER	22

1 INLEDNING & SYFTE

På uppdrag av Geoteknologi Sverige AB har WSP utfört en geologisk kartering, provtagning och analys samt släntstabilitetsbedömning i kvarteren Ärtåtern, Rågrian och Stubbneken i Hagsätra, Stockholm (Figur 1). Alla de områden omfattas i Planbeskrivning Detaljplan för Västra Hagsätra, Stadbyggnadskontoret, 2020.



Figur 1: Kvarteren Ärtåtern, Rågrian och Stubbneken. Projekt Västra Hagsätra.

2 METODIK

2.1 KARTERING OCH PROVTAGNING

Fältundersökningen utfördes den 9 februari 2022 av geologerna/bergteknikerna Nikolaos Leventis och Pedro Preto. Bergart bedömdes okulärt. Baserat på karteringen där de enskilda områdena delats in i bergartsenheter tas representativa prover för respektive bergart med fokus på variation i geologin och risk för sulfidförekomst. Mineralidentifiering av färska ytor från bergstuffer utförs med lupp. Denna karteringsrutin beskrivs i vägledningen, Steg 2 (Stockholms Stad, 2021).

2.2 TUNGMETALL OCH SVAVELANALYS

Totalt 5 stycken bergprov av cirka 0,5 kg togs med slägga från samtliga utredningsområdena och visas med diamant-markerade ställen i Figur 2, Figur 5 och Figur 8.

Proverna har krossats och malts i ALS labb i Piteå och en del av materialet har lösts upp med kungsvatten för totalhalt elementanalys i ALS på Irland. Totalhalter har analyserats med ICP-AES enligt ISO 17025:2017. Laboratoriets analysrapport för alla prover redovisas i Bilaga 1.

2.2.1 ABA-test

ABA-test (syra-bas redovisning) är ett statiskt test som används för att bestämma ett materials kapacitet att producera och neutralisera syra (Stockholm Stad, 2021). Genom testet bestäms syrabildningspotentialen (AP) och syraneutraliseringspotentialen (NP); utvärderingen av materialet görs genom kvoten $NPR = NP/AP$.

Som syraproducerande räknas alla sulfidhaltiga mineral (pyrit, kopparkis och andra sulfider) och som syraneutraliserande räknas karbonater, främst kalcit. Däremot tar testet inte hänsyn till alla buffrande mineral som potentiellt kan öka NP och neutralisera syrabildningen. När all kalcit har förbrukats kan syra fortsättningsvis buffras genom exempelvis upplösning av fyllosilikater, såsom biotit eller klorit (Stockholm Stad, 2021).

Allt bergmaterial som visar $NPR > 3$ friklassas och kan användas fritt inom projektområdet enligt Stockholm Stad (2021) och Sveriges Riksdag (2013). För bergmaterial som visar $NPR \leq 3$ bör resultaten från NAGpH-test utvärderas (2.2.2).

ABA-testet utförs av ALS på Irland.

2.2.2 NAGpH-test

NAGpH-test (NAG = Net Acid Generation) utgör ett komplement till ABA-test, då det senare inte kan bestämma neutraliseringspotential av det analyserade provet. Testet baseras på fullständig oxidation av provets sulfider i väteperoxid (H_2O_2). Syran bestäms genom återtitrering till både pH 4,5 och 7,0 och resultaten rapporteras som kg svavelsyra (H_2SO_4) per ton. Detta test är mer representativt för det aktuella pH-värdet som kan bildas från urlakning av bergmaterialet.

I Sverige (Stockholms Stad, 2021), Finland (Karlsson, 2021) och internationellt (Miller et al. 1997) klassas bergmaterial med $NAGpH \geq 4,5$ som icke-syrabildande.

NAG-testet utförs av ALS på Irland.

2.3 BEGRÄNSNINGAR

Tungmetallhalter och lakttestvärden skall ej direkt jämföras med riktvärden från Naturvårdsverkets olika föreskrifter (2009, 2010, 2016, 2020) eftersom de baseras på en genomsnittlig kemisk sammansättning för morän och sedimentära jordarter över hela Sverige och ej från berggrunden.

Tungmetallhalter i jord analyseras efter upplösning i 7 M salpetersyra, vilket bara löser de mineral som förväntas upplösas under vittring.

Efter malning är provernas kornstorlek (< 4 mm), vilket är en mycket mindre kornstorlek än det som förväntas i sprängda bergmassor. Det innebär att resultaten baseras på en större reaktionsyta per gram av material jämfört med reaktionsytorna i de förväntade bergmassorna, vilket leder till att tungmetallhalt- och tungmetalllakttestresultaten ger en mycket konservativ bedömning av risken för urlakning av metaller.

Angående analysresultat, är bergart och uppmätta halter i proverna representativa för de platser där observationer och provtagning genomförts. Det kan inte uteslutas att andra bergarter eller högre halter av analyserade ämnen och/eller halter av ämnen som inte analyserats inom ramen för denna undersökning kan förekomma i berg på andra platser i varje delområde.

3 RESULTAT

3.1 BERGKARTERING OCH PROVTAGNING

3.1.1 Ärtåkern

I kv. Ärtåken påträffas sedimentär gnejs och ytomvandlad sedimentär gnejs.

Den icke omvandlade sedimentära gnejsen är medel- till grovkornig, består av kvarts, fältspat, granater och varierande andel glimmer. Provt ART-01 togs och anses representativt för den här bergarten.

I söder påträffas även en zon med omvandlad gulrostig sedimentär gnejs. Berget är fin- till medelkornigt och består av kvarts, fältspat, en omvandlad typ av glimmer, muskovit och/eller flogopit. Detta berg anses ha hög risk för sulfidförekomst. Ett representativt prov för den gulrostiga sedimentära gnejsen togs (ART-02)

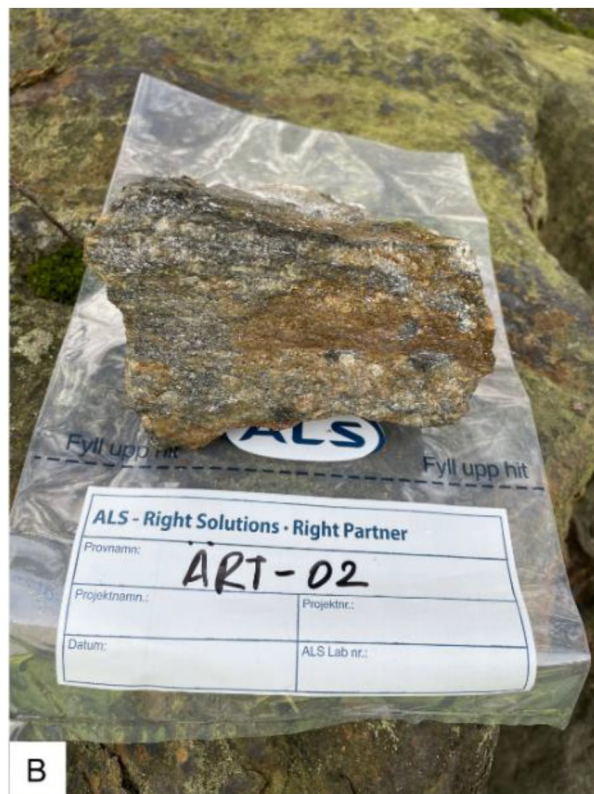
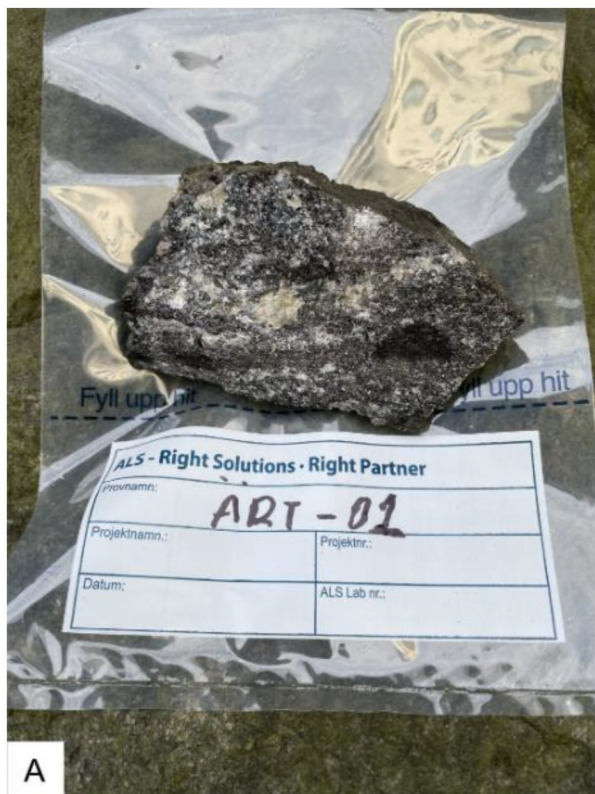
I sydväst fortsätter berget under marken och bedömningen för sulfidförande berg är begränsad.



Figur 2: Geologisk karta för Kv. Ärtåkern. De färgade områdena motsvarar till berg i dagen.



Figur 3: A. Berg i dagen vid Pålshodagränd, Hagsätra. B. Granatförande sedimentär gnejs. C. Rostig/ytomvandlad sedimentär gnejs.



Figur 4: De insamlade bergproverna från kvarten Ärtåkern. A. Granat-förande sedimentär gnejs. B. Rostig sedimentär gnejs.

3.1.2 Rågrian

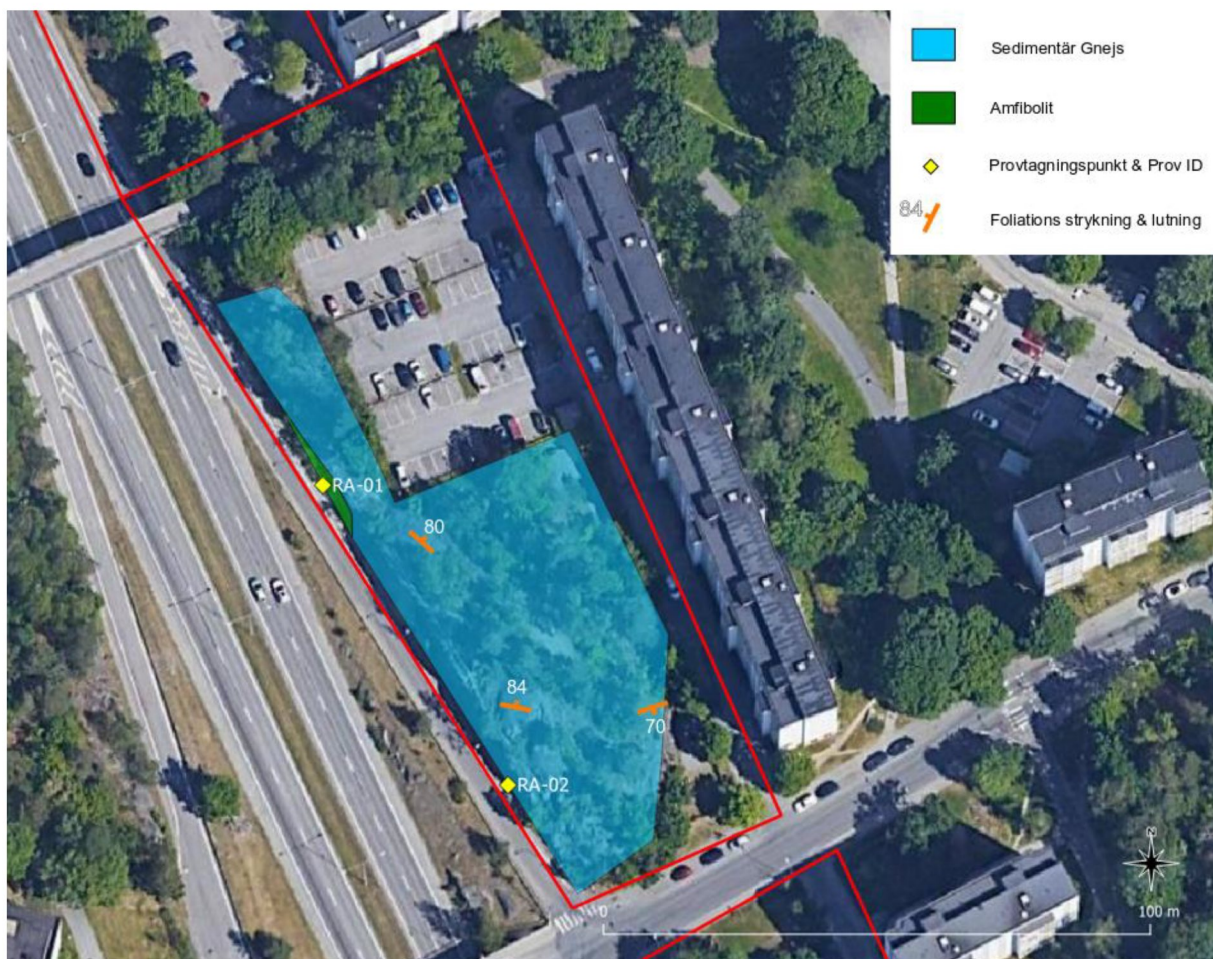
I kv. Rågrian vid parkeringsplatsen förekommer en kort slänt med få sprickor (Figur 6A).

I den höga klippan påträffas sedimentär gnejs med tydlig lagring (Figur 6B) och veckade lager i meter-skala. Berget är generellt medelkornigt och består av kvarts, fältspat och varierande andel glimmer (5-10%). Granat förekommer ställvis.

Från sidan vid Huddingevägen förekommer också amfibolit i kontakt med sedimentär gnejs. Amfiboliten är fin- till medelkornig och består av fältspat, glimmer (ca 20-25%) och varierande andel amfibol. Kvartsmängd är begränsad.

På slänten finns det även sprängpipor vilket tyder på att berget har hög högtryckhållfasthet (Figur 6C).

Proverna RA-01 (amfibolit, Figur 7A) och RA-02 (sedimentär gnejs, Figur 7B) togs från den höga berghällen vid Huddingevägen (Figur 5).



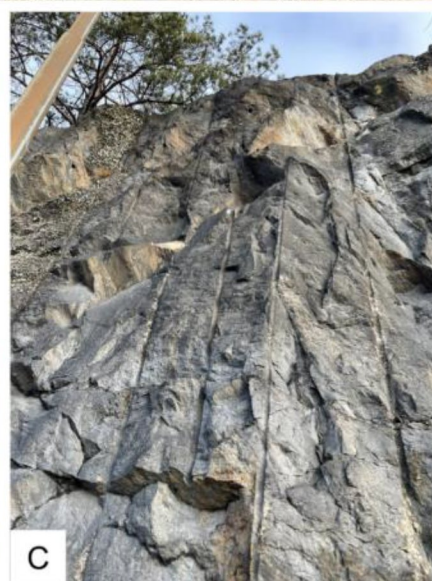
Figur 5: Geologisk karta för Kv. Rågrian. Det färgade området motsvarar till berg i dagen.



A



B



C

Figur 6: A. Berghällen vid parkeringsplatsen. Vy mot sydöst. B. Sedimentär gnejs med tydlig metamorfisk lagring. C. Sprängpipor i berghällen vid Huddingevägen.



Figur 7: De insamlade bergproverna från kv. Rågrian. A. Glimmerrik sedimentär gnejs/amfibolit. B. Granat-förande sedimentär gnejs.

3.1.3 Stubbneken

I kv. Stubbneken finns det berg i dagen längs med vägen som går tvärs Olshammarsgatan mot sydöst. Berget är medelkornigt och består av kvarts, fältspat, glimmer och granater. Provet ST-01 togs från berghällen som syns i Figur 9A. Diatexit förekommer ställvis.



Figur 8: Geologisk karta för kv. Stubbneken. De färgade områdena motsvarar till berg i dagen.



Figur 9: A. Berg i dagen i kvart Stubbneken. B. Prov ST-01, granatförande sedimentär gnejs.

3.2 LABORATORIEANALYS

3.2.1 Tungmetallhalter

Tungmetallhaltanalys visar att kobolt (Co), koppar (Cu), nickel (Ni) och vanadin (V) är något förhöjda i prov ART-02 från den omvandlade rostiga sedimentära gnejsen i Ärtåtern (Figur 3C, Figur 4B) vilket avspeglar den ökade mängden omvandling i detta berg. Värdena för övriga prover är låga, under nivån "mindre ringa risk" (MRR) som anges av Naturvårdsverket (2020).

Arsenikhalterna ligger under Naturvårdsverkets (2020) riktvärde i samtliga prover.

Resultaten av tungmetallanalyserna sammanfattas i Tabell 1. Samtliga resultat för tungmetallanalyserna redovisas i Bilaga 1.

Tabell 1: Resultat för tungmetallhalter.

Ämne (mg/kg)	ART-01	ART-02	RA-01	RA-02	ST-01
Antimon, Sb	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
Arsenik, As	< 2	3	2	< 2	< 2
Barium, Ba	100	60	70	110	80
Bly, Pb	2	4	< 2	< 2	< 2
Kadmium, Cd	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Kobolt, Co	7	16	15	10	7
Koppar, Cu	2	137	13	10	12
Kromium, Cr	78	61	53	58	58
Molybden, Mo	< 1	4	< 1	1	< 1
Nickel, Ni	29	80	24	32	18
Vanadin, V	77	106	63	77	50
Zink, Zn	60	73	19	66	60
Kviksilver, Hg	1	< 1	1	< 1	< 1

3.2.2 Svavelhalt

Totalsvavelhalt definierar bergmaterialets förbrukningspotential. Riktvärdet för totalsulfidhalt i fast material som klassas som "inert utvinningsavfall" är 1000 mg/kg (=0,1%) (Sveriges Riksdag, 2013; Naturvårdsverket, 2020; Stockholms Stads Vägledning, 2021).

Totalsvavelhalten från ART-02 (rostig sedimentär gnejs), RA-01 (amfibolit) och ST-01 (sedimentär gnejs) överstiger gränsvärdet och bedöms som "potentiellt syraproducerande (PSP)" och utvärderas därmed med ABA- och NAGpH-test (3.2.3).

De andra proverna (ART-01, RA-02) har svavelhalter som ligger under 0,1% och bedöms som "icke-syraproducerande (ISP)" (Stockholms Stad, 2021) (Tabell 2).

Tabell 2: Resultat för totalsvavelhalt.

Ämne	Enhet	ART-01	ART-02	RA-01	RA-02	ST-01
Totalsvavel	%	0,02	1,86	0,15	0,07	0,13
	mg/kg	200	18 600	1 500	700	1 300

3.2.3 ABA- och NAGpH-test

Proverna ART-02, RA-01 och ST-01 har genomgått ABA- och NAGpH-test eftersom de överstiger gränsvärdet 0,1% (Tabell 2). Resultaten presenteras i Tabell 3.

Provet ART-02 visar hög syrabildningspotential (AP) och låg neutraliseringspotential (NP). Amfibolien RA-01 visar medel syrabildningspotential (AP) och hög neutraliseringspotential (NP). Provet ST-01 visar liknande resultat för både syrabildningspotential (AP) och neutraliseringspotential (NP) (Tabell 3).

Tabell 3: ABA-test resultat.

Prov ID	Enhet	ART-02	RA-01	ST-01
Neutraliseringspotential (NP)	mg/kg	2	17	5
Syrabildningspotential (AP)	mg/kg	52,5	3,8	4,48
NPR	-	0,04	4,48	1,6
Totalsulfidhalt	%	1,68	0,12	0,09

NAGpH test används för att karakterisera och friklassa bergmaterial som visar NRP-värde < 3 i ABA-test.

Amfibolitprov RA-01 visar en relativt hög pH-värde och klassas som "icke syraproducerande material"; däremot understiger proverna ART-02 (rostig sedimentär gnejs) och ST-01 (sedimentär gnejs) riktvärdet 4,5 och klassas som "syraproducerande material" (Stockholms Stad, 2021).

Tabell 4: NAGpH-test resultat.

Prov ID	Enhet	ART-02	RA-01	ST-01
NAGpH	-	2,6	5,4	4,2

För prov ST-01 är troligtvis resultatet missvisande då visar den totalsulfidhalt mindre än riktvärdet (Tabell 3) och resultat för neutraliseringspotential (NP) och syrabildningspotential (AP) ligger nära varandra.

3.3 SLÄNTSTABILITET

Sprickkarteringen utförs med syfte att insamla data som kan användas till mjukvara DIPS och Swedge för vidare stabilitetsanalys.

Genom stereogramanalys (DIPS) bestämdes sprickgrupperna som redovisas i Tabell 5. Variationen i sprickorienteringar är liten mellan kvarteren Rågrian och Stubbenken och därför analyseras båda kvarteren gemensamt i DIPS då sprickgrupper tas ut. Uthållighet, Jr och Ja (från Q bergklassificeringssystem) uträknas från varje observation/mätning i fält. Friktionsvinkel beräknas genom $\arctan Jr/Ja$ (NGI, 2015).

Tabell 5: Sammanfattning och egenskaper av sprickgupporna efter kinematisk analys och datahantering.

Sprickgrupp	Strykning (HHR ¹)	Stupning	Uthållighet (m)	Jr	Ja	Friktionsvinkel (°)
1	219	63	5	2	2	40
2	15	53	3	3	2	52
3	316	65	4	2	3	39
4	72	71	4	3	2	51

¹ Högerhandsregeln

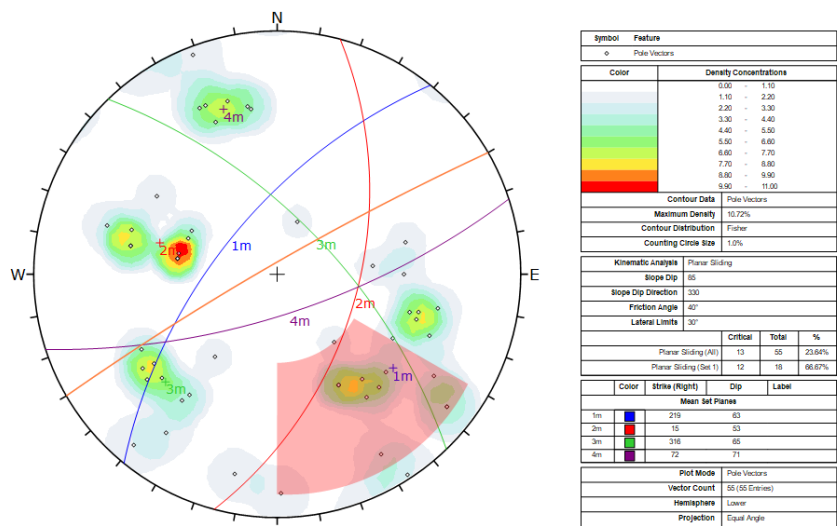
3.3.1 Rågrian

I kv. Rågrian ska en bergslänt finnas vid nya bostaden som planeras byggas i den nuvarande parkeringsplatsen (Figur 5). Kinematisk analys för potentiell plan-, kil- eller överstjälningsbrott utfördes via mjukvaran DIPS med följande indata (Tabell 6). För analysen har slänten antagits ha en lutning på 85 grader som motsvarar en lutning på 10:1.

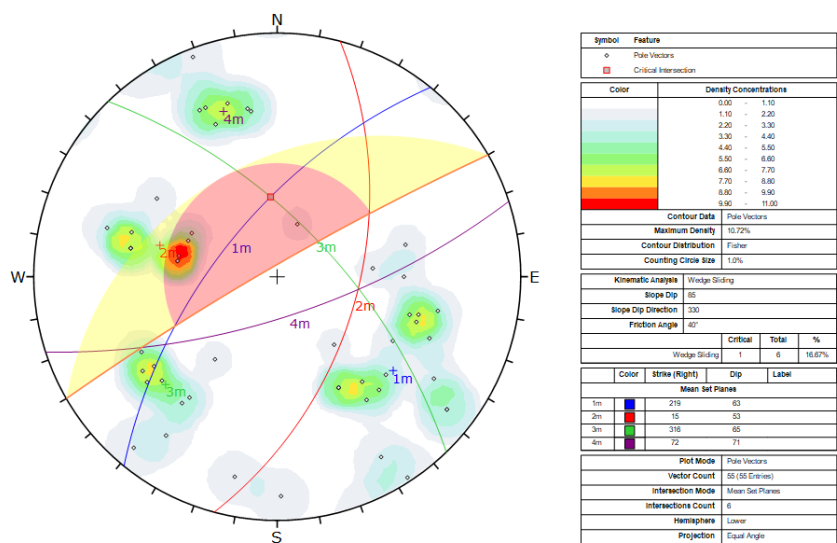
Tabell 6: Indata till DIPS och Swedge för slänten i kv. Rågrian.

Slänt	Strykning	240°
	Stupning	85°
	Höjd (m)	5
	Längd (m)	35
Bergdensitet		2,7 g·cm ⁻³

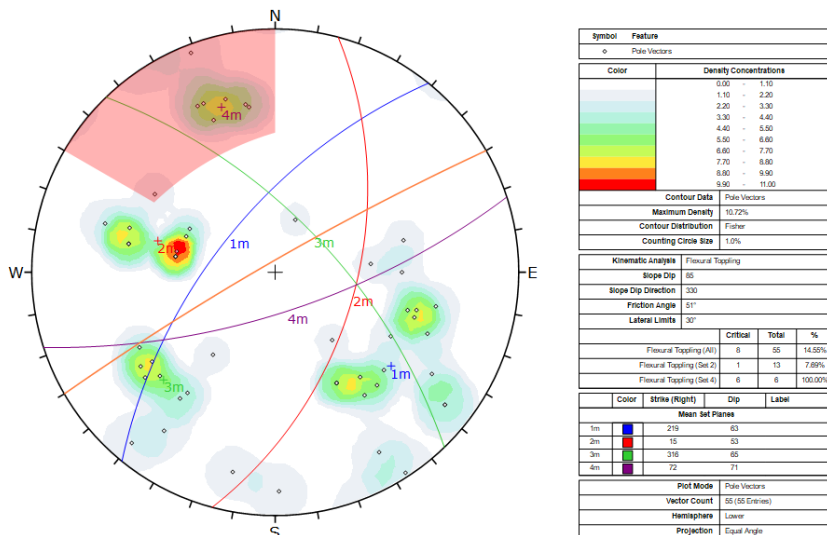
Sprickor från sprickgrupp 1 är ogynnsamt orienterade och visar risk för planbrott (rödfärgat område i Figur 10). Kombinationen av sprickgrupp 1 och sprickgrupp 3 kan bilda kilar (Figur 11, korsningspunkt av plan 1 och plan 3). Sprickor i sprickgrupp 4 kan orsaka överstjälningsbrott (Figur 12).



Figur 10: Planbrott fall. Den orangea linjen motsvarar till släntens uppgifter, strykning och stupning (Tabell 6). De små punkterna (så kallas "poler") motsvarar till sprickor/sprickmätningar. De som faller in i det rosa fältet visar ökad rasrisk för planbrott.



Figur 11: Kilbrott fall. Den orangea linjen motsvarar till släntens uppgifter, strykning och stupning (Tabell 6). De små punkterna (så kallas "poler") motsvarar till sprickor/sprickmätningar. Om två plan inom det rosa fältet korsar varandra betyder det att risk finns för kilbrott.



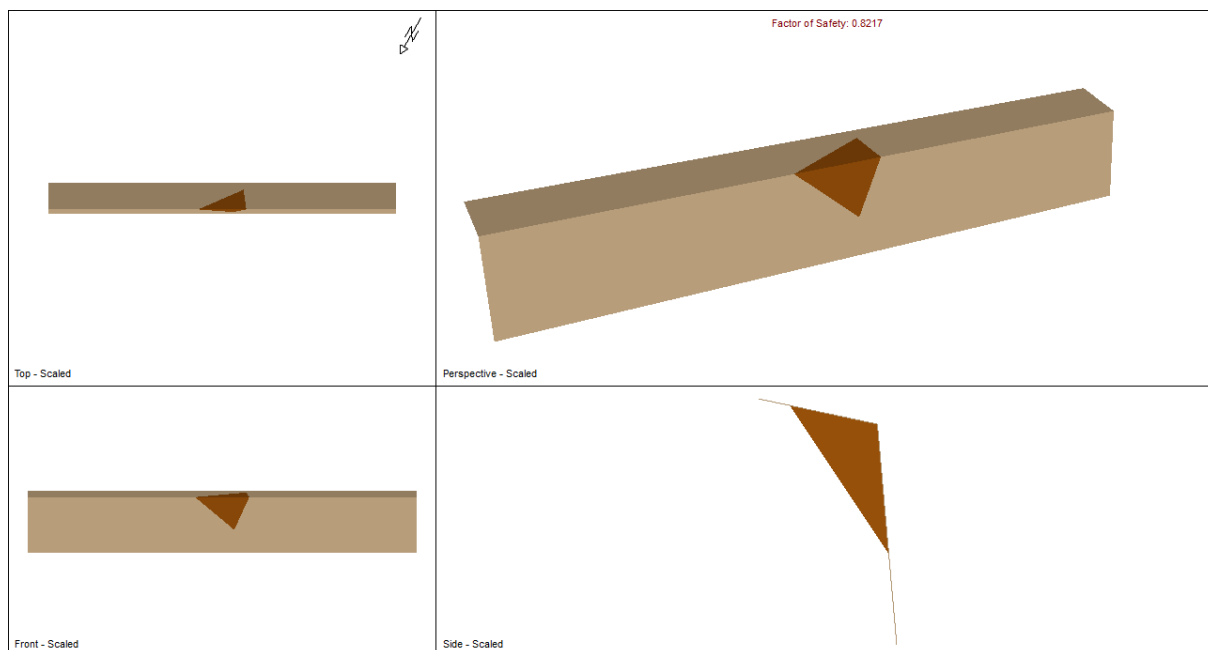
Figur 12: Överstjäpningsbrott fall. Den orangea linjen motsvarar till släntens uppgifter, strykning och stupning (Tabell 6). De små punkterna (så kallas "poler") motsvarar till sprickor/sprickmätningar. De som faller in i det rosa fältet visar ökad rasrisk för överstjäpningsbrott.

För att visualisera kilar på ett mer realistiskt sätt används mjukvaran Swedge för kilar som identifierats genom DIPS. Swedge tar hänsyn till släntens höjd och man kan modellera den största möjliga kilen utifrån inmätta sprickorienteringar.

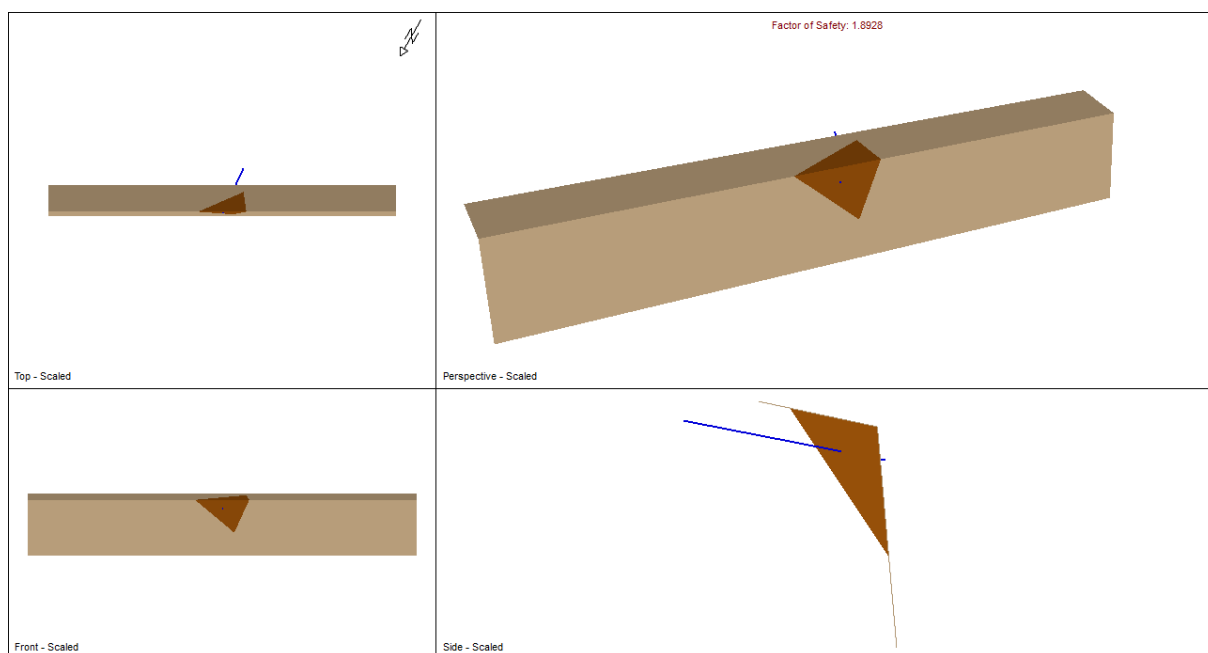
Säkerhetsfaktorn över 1 innebär att en kil kan vara stabil utan förstärkning på grund av olika parametrar, till exempel sprickråhet eller sprickomvandlingsgrad. Däremot kan Jr och Ja variera längs sprickorna och sprickhållfasthet kan eventuellt påverkas negativt (minskas) under sprängningsarbete på grund av vibrationerna.

Den planerade slänten (Tabell 6) visualiseras genom mjukvaran Swedge. Analysen i Swedge visar att kilen som identifierades genom kinematisk analys (Figur 11, kombination av sprickgrupp 1 och 3) understiger säkerhetsfaktor 1 (Figur 13) och bedöms därmed ej stabil.

För att stabilisera kilen räcker förstärkning med en 3 m lång bult (strykning 175°, lutning -10°) (Figur 14). Modelering i Swedge med olika friktionsvinklar för de sprickgrupperna visar att bulten även kan säkerställa stabiliteten för mer ogynnsamma friktionsvinklar.



Figur 13: Kilen som kan bildas genom kombination av sprickgrupp 1 och 3. Säkerhetsfaktorn är under 1.



Figur 14: Kilen med tillämpad förstärkning (bultning).

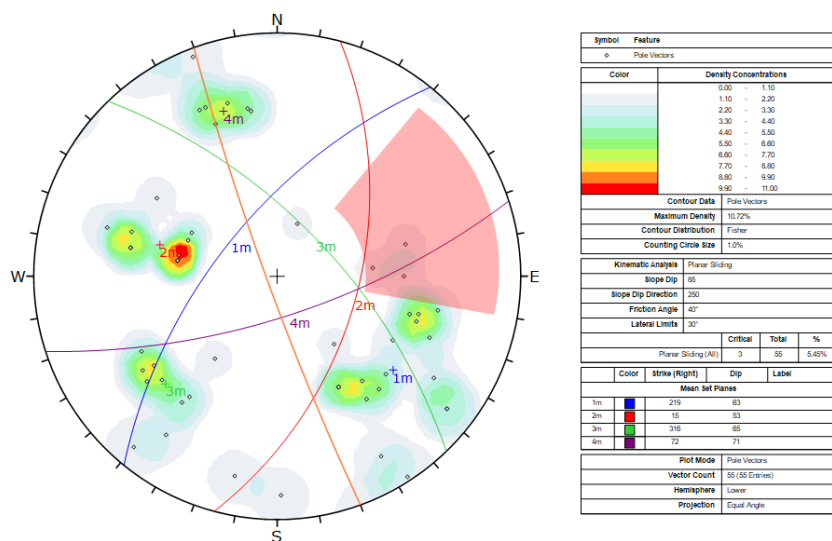
3.3.2 Stubbneken

I kv. Stubbneken ska en bergslänt finnas längs med den nuvarande vägen bland befintliga hus. Kinematisk analys för potentiellt plan-, kil- eller överstjälningsbrott utfördes via mjukvaran DIPS med följande indata (Tabell 7). För denna analys har slänten antagits ha en lutning på 85 grader som motsvarar en lutning på 10:1.

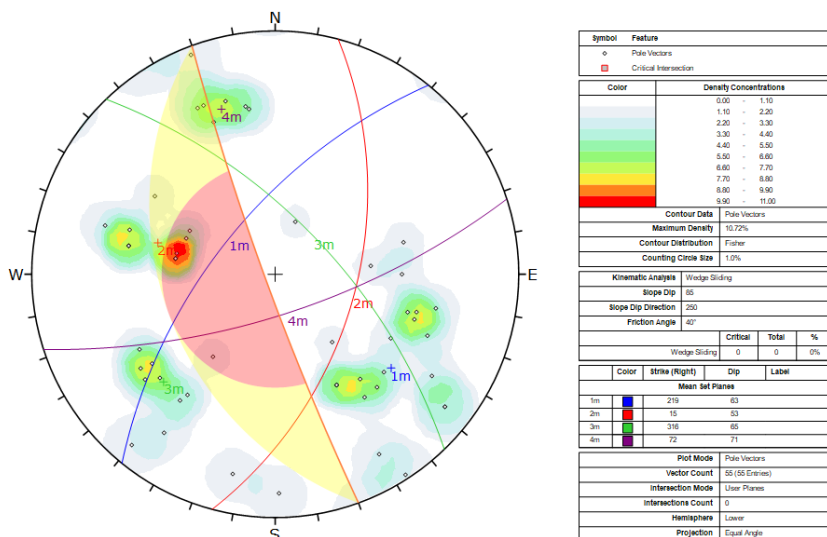
Tabell 7: Indata till DIPS för slänten i kv. Stubbneken.

Slänt	Strykning	160°
	Stupning	85°
	Höjd (m)	5
	Längd (m)	35
Bergdensitet		2,7 g·cm ⁻³

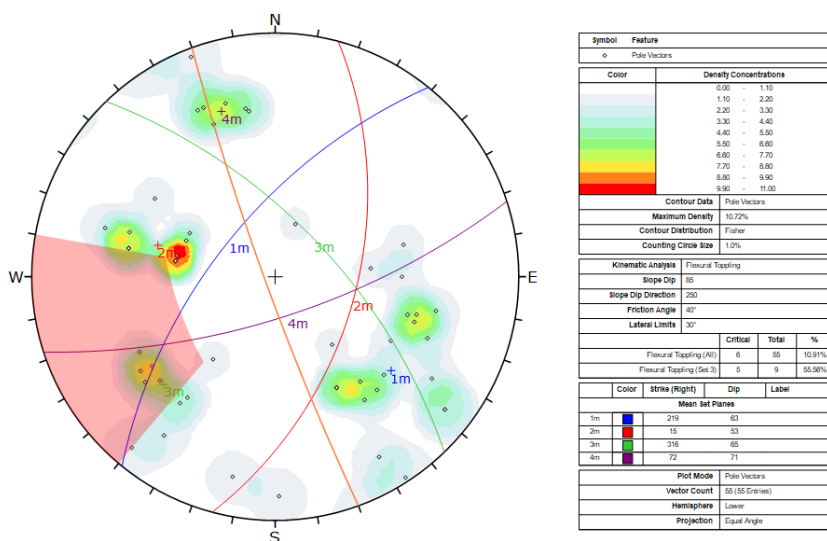
Fåtalet sprickor tillhörande sprickgrupp 1 visar risk mot planbrott (rödfärgat område i Figur 16). Analysen visar att kilbrott inte förekommer med angivna sprickgrupper (Figur 16). Sprickor från sprickgrupp 3 och troligtvis några från sprickgrupp 2 kan orsaka överstjälningsbrott (Figur 17).



Figur 15: Planbrott. Den orangea linjen motsvarar till släntens uppgifter, strykning och stupning (Tabell 7). De små punkterna (så kallas "poler") motsvarar till sprickor/sprickmätningar. De som faller in i det rosa fältet visar ökad rasrisk för planbrott.



Figur 16: Kilbrott. Den orangea linjen motsvarar till släntens uppgifter, strykning och stupning (Tabell 7). De små punkterna (så kallas "poler") motsvarar till sprickor/sprickmätningar. Om två plan inom det rosa fältet korsar varandra betyder det att risk finns för kilbrott.



Figur 17: Överstjälpningsbrott. Den orangea linjen motsvarar till släntens uppgifter, strykning och stupning (Tabell 7). De små punkterna (så kallas "poler") motsvarar till sprickor/sprickmätningar. De som faller in i det rosa fältet visar ökad rasrisk för överstjälpningsbrott.

Eftersom inga kilar förväntas bildas (Figur 16) med de angivna uppgifterna för slänten (Tabell 7) och sprickgrupperna (Tabell 5) utförs ingen Swedge-analys.

4 SLUTSATSER & REKOMMENDATIONER

I Västra Hagsätra (kvarteren Ärtåtern, Rågrän, Stubbneken) påträffas sedimentär gnejs med varierande andel glimmer. Gulrostigt berg förekommer på några ställen (i Ärtåtern mestadels och som korta svaghetszoner i Rågrän och Stubbneken). Prover togs från alla enskilda områden med fokus på representativt berg för respektive bergart .

Inget av proverna visar förhöjda halter avseende tungmetaller. Arsenikhalterna ligger under eller vid detektionsgränsen för samtliga prover (Tabell 1).

4.1 ÄRTÅTERN

I Ärtåtern visar resultatet att den sedimentära gnejsen (ART-01) visar låg totalsvavelhalt och klassas som "icke syraproducerande" material (ISP) enligt Stockholms Stad (2021).

Den gulrostiga sedimentära gnejsen (Figur 2, Figur 3C, Figur 4B) klassas som "syraproducerande material" (SP) enligt Stockholm Stad (2021 (Tabell 2, Tabell 3, Tabell 4). Omfattning av detta sulfidberg måste verifieras efter avtäckningsarbetet under byggskedet. Berget påträffas i mitten av utredningsområdet och det är osäkert hur långt det fortsätter vid södra sidan av utredningsområdet där det inte finns tillgängligt berg i dagen (Figur 2).

4.2 RÅGRÄN

I kv. Rågrän, vid Huddingevägen förekommer granatförande sedimentär gnejs och amfibolit (Figur 5). Resultatet visar att både den sedimentära gnejsen (RA-02, Tabell 2) och amfiboliten (RA-01) ej är syrabildande (Tabell 3 & Tabell 4). Däremot rekommenderas bergbesiktning och eventuell kartering och provtagning i det aktuella utredningsområdet där det inte finns tillgängligt berg i dagen för närvarande (Figur 5). Detta för att verifiera den nuvarande förståelsen och resultat av denna undersökning.

Angående släntstabiliteten i kv. Rågrän vid den befintliga parkeringsplatsen (Figur 5) kan kilar bildas genom kombination av sprickgrupp 1 och 3 (Figur 11). Sprängningsarbete inför bergschakt kan utföras utan risk för utglidning av något block eftersom den nuvarande slänten är låg och höjden ökar gradvis mot sydöst (Figur 6A). Efter den nya slänten färdigställts ska den kontrolleras med avseende på ostabila block och lämplig förstärkning bör utvärderas av bergsakkunnig.

4.3 STUBBNEKEN

Söderut i kv. Stubbneken visar den sedimentära gnejsen en försurande karaktär genom ABA- (Tabell 3) och NAGpH-resultat (Tabell 4). Däremot är totalsulfidhalten på gränsen till riktlinjerna (Tabell 3; Stockholms Stad, 2021). För detta berg och området rekommenderas besiktning, kartering och provtagning av representativt berg när berget avtäckts under byggskedet.

I kv. Stubbneken bedöms den nya slänten stabil eftersom analys av insamlad data inte påvisar någon risk för kilbrott (Figur 16). Under byggskedet och efter slänten färdigställts rekommenderas att en bergsakkunnig utför en okulär besiktning för att säkerställa släntstabiliteten.

5 REFERENSER

ALS Global. <https://www.alsglobal.se/miljoanalys/laktester> (2021-12-07)

Karlsson T., 2021. Net Acid Generation (NAG). GTK Finland. <https://mineclosure.gtk.fi/net-acid-generation-nag/> (2021-12-07)

Miller, S., Robertson, A. & Donahue, T., 1997. Advances in acid drainage prediction using the net acid generating (NAG) test. Proceedings Fourth International Conference on acid rock drainage, Vancouver, B. C. Canada May 31 – June 6, 1997, volume II, p. 533–547.

Naturvårdsverket, 2004. Deponering av avfall. Handbok 2004:2 med allmänna råd till förordningen (2001:512) om deponering av avfall och till 15 kap. 34 § miljöbalken (1998:808). Handbok 2004:2.

Naturvårdsverket 2010. Återvinning av avfall i anläggningsarbeten (NFS2010:1). <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/media/publikationer-pdf/0100/978-91-620-0164-3.pdf> (2021-12-07)

Naturvårdsverket 2020. Förslag till allmänna regler för vissa verksamheter som hanterar avfall (NFS2020).

Naturvårdsverket 2009. Riktvärden för förorenad mark. Rapport 5976. 2009 (NVV5976)

NGI, 2015. Using the Q-system. Rock mass classification and support design. <https://www.ngi.no/content/download/4014/431191/file/Handbook%20The%20Q-system%20mai%202015%20nettutg.pdf> (2022-03-03).

SGU. GE. Berggrund 1:50000-1:250000, Geologisk enhet litologi (ytor). EPSG:2400 - RT90 2.5 gon W – Projicerad

Stockholms Stad 2021. Vägledning, Provtagning och klassificering av sulfidförande berg.

Stadsbyggnadskontoret, 2020. Stockholms Stad. Planbeskrivning Detaljplan för Västra Hagsätra.

Sveriges Riksdags 2013. Förordning 2013:319 om utvinningsavfall (SR2013:319). https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2013319-om-utvinningsavfall_sfs-2013-319 (2022-03-10)

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 48 700 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00
Org nr: 556057-4880
wsp.com





ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Ojebyn
www.alsglobal.com/geochemistry

To: WSP SVERIGE AB
FE 711
838 74 FRÖSÖN

Page: 1
Total # Pages: 2 (A – C)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 7-MAR-2022
Account: MASWSP

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

CERTIFICATE PI22043132

Project: 10323296

P.O. No.: 64

This report is for 5 samples of Rock submitted to our lab in Pitea, Sweden on 21-FEB-2022.

The following have access to data associated with this certificate:

NIKOLAOS LEVENTIS

PEDRO PRETO

SAMPLE PREPARATION

ALS CODE	DESCRIPTION
WEI-21	Received Sample Weight
LOG-22	Sample login – Rcd w/o BarCode
CRU-31	Fine crushing – 70% <2mm
SPL-22Y	Split Sample – Boyd Rotary Splitter
PUL-31	Pulverize up to 250g 85% <75 um
CRU-QC	Crushing QC Test
PUL-QC	Pulverizing QC Test

ANALYTICAL PROCEDURES

ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
ME-ICP41	35 Element Aqua Regia ICP-AES	ICP-AES

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

Comments: Samples were received on 21-Feb-2022 and the SSF/Request on 21-Feb-2022.

Signature:

Andrey Tairov, Technical Manager, Ireland

To: WSP SVERIGE AB
FE 711
838 74 FRÖSÖN

Page: 2 – A
Total # Pages: 2 (A – C)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 7–MAR–2022
Account: MASWSP

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: 10323296

CERTIFICATE OF ANALYSIS **PI22043132**

Sample Description	Method Analyte Units LOD	WEI-2 I	CRU-QC	PUL-QC	ME-ICP4 I	ME-ICP4 I	ME-ICP4 I	ME-ICP4 I	ME-ICP4 I	ME-ICP4 I	ME-ICP4 I	ME-ICP4 I	ME-ICP4 I	ME-ICP4 I	ME-ICP4 I	ME-ICP4 I
		Recvd Wt.	Pass2mm	Pass75um	Ag	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Co	Cr	Cu
		kg	%	%	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm
		0.02	0.01	0.01	0.2	0.01	2	10	10	0.5	2	0.01	0.5	1	1	1
ART-01		0.44	79.1	93.3	<0.2	2.24	<2	<10	100	1.2	<2	0.07	<0.5	7	78	2
ART-02		1.04		94.0	0.3	2.44	3	20	60	1.1	<2	0.04	<0.5	16	61	137
RA-01		0.38			<0.2	7.12	2	10	70	2.1	2	4.60	<0.5	15	53	13
RA-02		0.85			<0.2	2.10	<2	<10	110	0.6	<2	0.09	<0.5	10	58	10
ST-01		0.34			<0.2	1.81	<2	<10	80	0.7	<2	0.07	<0.5	7	58	12

Comments: Samples were received on 21-Feb-2022 and the SSF/Request on 21-Feb-2022.

Ink ***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

Inkom till Stockholms stadsbyggnadskontor - 2022-04-26, Dnr 2018-06778



ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Ojebyn
www.alsglobal.com/geochemistry

To: WSP SVERIGE AB
FE 711
838 74 FRÖSÖN

Page: 2 – B
Total # Pages: 2 (A – C)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 7–MAR–2022
Account: MASWSP

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: 10323296

CERTIFICATE OF ANALYSIS PI22043132

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	
		Fe	Ga	Hg	K	La	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sb	Sc
		%	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm
		0.01	10	1	0.01	10	0.01	5	1	0.01	1	10	2	0.01	2	1
ART-01		2.85	10	1	1.26	20	0.97	184	<1	0.05	29	70	2	0.02	<2	8
ART-02		4.33	10	<1	0.75	20	0.96	132	4	0.04	80	70	4	1.86	<2	7
RA-01		1.71	10	1	0.24	<10	0.75	167	<1	0.24	24	610	<2	0.15	<2	6
RA-02		2.79	10	<1	1.15	20	0.83	184	1	0.08	32	90	<2	0.07	<2	9
ST-01		2.48	10	<1	0.77	20	0.67	260	<1	0.06	18	80	<2	0.13	<2	13



ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Ojebyn
www.alsglobal.com/geochemistry

To: WSP SVERIGE AB
FE 711
838 74 FRÖSÖN

Page: 2 – C
Total # Pages: 2 (A – C)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 7-MAR-2022
Account: MASWSP

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: 10323296

CERTIFICATE OF ANALYSIS PI22043132

Sample Description	Method Analyte Units LOD	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41	ME-ICP41
		Sr	Th	Ti	Tl	U	V	W	Zn
		ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
		1	20	0.01	10	10	1	10	2
ART-01		21	<20	0.24	<10	<10	77	<10	60
ART-02		25	<20	0.10	<10	<10	106	<10	73
RA-01		298	<20	0.08	<10	<10	63	<10	19
RA-02		16	<20	0.26	<10	<10	77	<10	66
ST-01		14	<20	0.14	<10	<10	50	<10	60
DCKN001NS statusdyggneduskunitor - 2022-04-26, DIII 2016-06718									



ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Ojebyn
www.alsglobal.com/geochemistry


To: WSP SVERIGE AB
FE 711
838 74 FRÖSÖN

Page: Appendix 1
Total # Appendix Pages: 1
Finalized Date: 7-MAR-2022
Account: MASWSP

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: 10323296

CERTIFICATE OF ANALYSIS PI22043132

	CERTIFICATE COMMENTS			
Applies to Method:	ACCREDITATION COMMENTS			
	The methods immediately below this line are ISO 17025:2017 Accredited. INAB Registration No: 173T ME-ICP41			
				
Applies to Method:	LABORATORY ADDRESSES			
	Processed at ALS Pitea located at Hammarvagen 22, SE-943 36, Ojebyn, Sweden.			
	CRU-31	CRU-QC	LOG-22	PUL-31
Applies to Method:	PUL-QC	SPL-22Y	WEI-21	
	Processed at ALS Loughrea located at Dublin Road, Loughrea, Co. Galway, Ireland.			
	ME-ICP41			



ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Ojebyn
www.alsglobal.com/geochemistry

To: WSP SVERIGE AB
FE 711
838 74 FRÖSÖN

Page: 1
Total # Pages: 2 (A)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 5-APR-2022
Account: MASWSP

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

CERTIFICATE PI22060158

Project: 10323296

P.O. No.: 64

This report is for 3 samples of Rock submitted to our lab in Pitea, Sweden on 9-MAR-2022.

The following have access to data associated with this certificate:

NIKOLAOS LEVENTIS

PEDRO PRETO

SAMPLE PREPARATION

ALS CODE	DESCRIPTION
FND-02	Find Sample for Addn Analysis

ANALYTICAL PROCEDURES

ALS CODE	DESCRIPTION	INSTRUMENT
S-IR08	Total Sulphur (IR Spectroscopy)	LECO
S-ICP19	Sulphate Sulphur / By ICP-AES	ICP-AES
S-CAL19	Sulphide Sulphur (Calculated)	LECO
C-IR07	Total Carbon (IR Spectroscopy)	LECO
C-IR06	Non-Carbonate C by HCl Leach, IR Spec	LECO
C-CAL04	Inorganic Carbon	LECO
OA-VOL08EU	AP & NP of Sulphidic Waste	
OA-ELE07	Paste pH	
OA-VOL11	Static Net Acid Generation	

This is the Final Report and supersedes any preliminary report with this certificate number. Results apply to samples as submitted. All pages of this report have been checked and approved for release.

***** See Appendix Page for comments regarding this certificate *****

Signature:

Andrey Tairov, Technical Manager, Ireland



ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Ojebyn
www.alsglobal.com/geochemistry

To: WSP SVERIGE AB
FE 711
838 74 FRÖSÖN

Page: 2 - A
Total # Pages: 2 (A)
Plus Appendix Pages
Finalized Date: 5-APR-2022
Account: MASWSP

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: 10323296

CERTIFICATE OF ANALYSIS PI22060158

Sample Description	Method Analyte Units LOD	S-IR08 S % 0.01	S-ICP19 S % 0.01	S-CAL19 S % 0.01	C-IR07 C % 0.01	C-IR06 C organi % 0.01	C-CAL04 C inorga % 0.01	OA-VOL08EU NP tCaCO3/1Kt 1	OA-VOL08EU AP tCaCO3/1Kt 0.3	OA-VOL08EU NPR Unity 0.01	OA-VOL08EU NNP tCaCO3/1Kt 1	OA-ELE07 pH Unity 0.1	OA-VOL11 NAGpH4.5 kg H2SO4/t 0.01	OA-VOL11 NAGpH7.0 kg H2SO4/t 0.01	OA-VOL11 pH Unity 0.1
ART-02		1.88	0.20	1.68	0.39	0.34	0.05	2	52.5	0.04	-51	9.1	28.8	38.4	2.6
RA-01		0.13	0.01	0.12	0.03	<0.01	0.03	17	3.8	4.48	13	5.5	<0.01	1.57	5.4
ST-01		0.10	0.01	0.09	0.14	0.10	0.04	5	2.8	1.60	2	8.8	0.20	4.12	4.2

Inkom till Stockholms stadsbyggnadskontor - 2022-04-26, Dnr 2018-06778



ALS Scandinavia AB
Hammarvagen 22
SE-943 36, Ojebyn
www.alsglobal.com/geochemistry


To: WSP SVERIGE AB
FE 711
838 74 FRÖSÖN

Page: Appendix 1
Total # Appendix Pages: 1
Finalized Date: 5-APR-2022
Account: MASWSP

An INAB accredited testing laboratory Reg. No. 173T. Accredited methods are listed in the Scope of Accreditation available on request.

Project: 10323296

CERTIFICATE OF ANALYSIS PI22060158

	CERTIFICATE COMMENTS			
Applies to Method:	ANALYTICAL COMMENTS			
	OA-VOL08EU Units: tCaCO3/1Kt = tCaCO3/1000t ore OA-VOL08EU			
	ACCREDITATION COMMENTS			
Applies to Method:	The methods immediately below this line are ISO 17025:2017 Accredited. INAB Registration No: 173T			
	C-IR07	S-IR08		
				
Applies to Method:	LABORATORY ADDRESSES			
	Processed at ALS Loughrea located at Dublin Road, Loughrea, Co. Galway, Ireland.			
	C-CAL04 OA-ELE07 S-ICP19	C-IR06 OA-VOL08EU S-IR08	C-IR07 OA-VOL11	FND-02 S-CAL19



UPPDRAGSNAMN
Västra Hagsätra, Miljöteknisk markundersökning

UPPDRAGSNUMMER
10323296

FÖRFATTARE
Nikolaos Leventis, Pedro Preto

DATUM
2022-04-12

BILAGA 2 - FOTO

ÄRTÅKERN



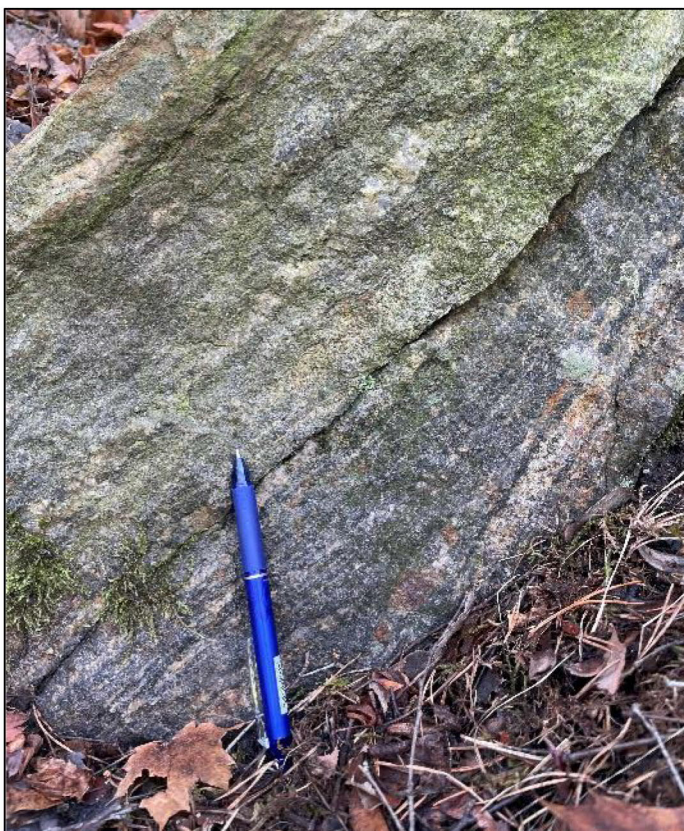
Berg i dagen i Ärtåkern. Sedimentär Gnejs.



Vy mot syd. Berget fortsätter under marken på denna sida av området.



Granater förekommer i sedimentär gnejs. Provet ART-01 togs från samma område.



Foliation i sedimentär gnejs.



Ytomvandlad/Rostig sedimentär gnejs. Provet ART-02 togs från fräscht berg från den rostiga delen av berghällen.



Gulrostiga ytor i sedimentär gnejs.

RÅGRIAN



Befintlig berghäll vid parkeringsplatsen i kv. Rågrian.



Berg i dagen är begränsad i den sydvästra delen av parkeringsplatsen.



Svagzon i sedimentär gnejs.



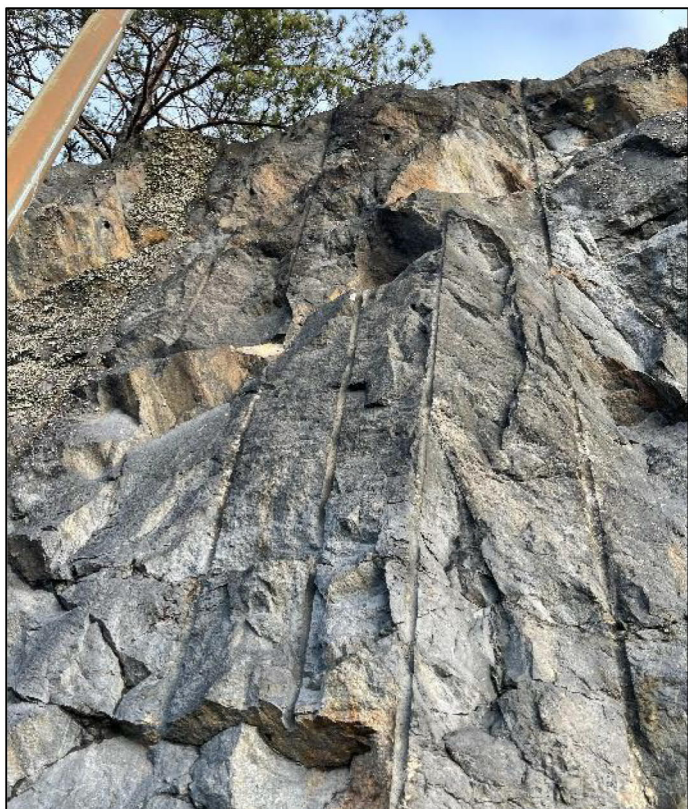
Folierad sedimentär gnejs. Foliation är parallel med släggan.



Lagring i sedimentär gnejs.



Svagzon/Ytomvandling i sedimentär gnejs.



Bergslänt vid utfartsväg till Huddingevägen. Här når bergslänten ca 10 m i höjd. Amfibolit förekommer på nedre delen av berghällen. Provet RA-01 togs från amfiboliten och är representativt för detta berg.

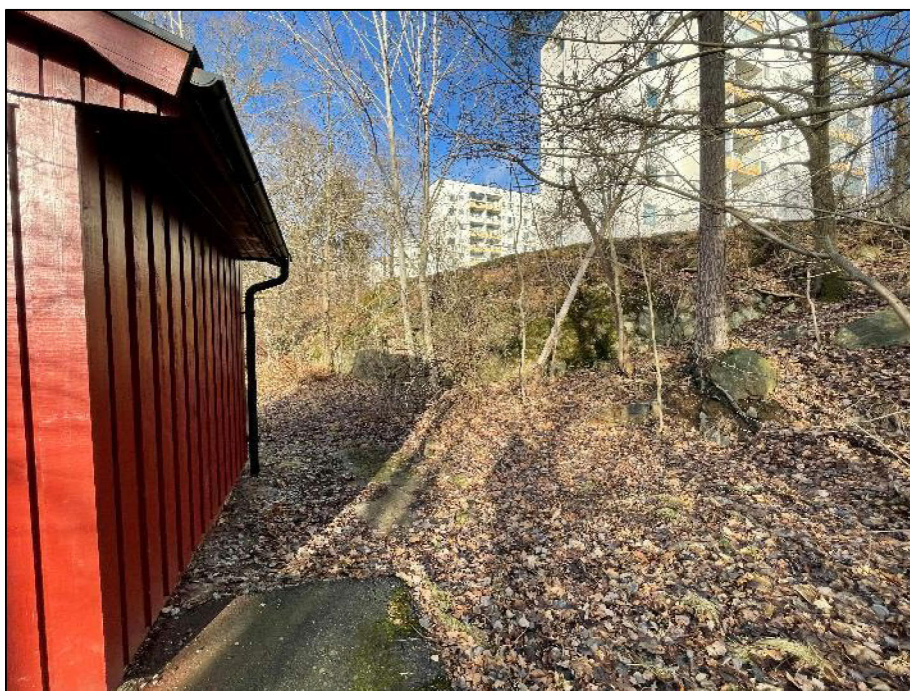


Granat-förande sedimentär gnejs. Provet RA-02 togs från detta berg.



Vy över bergslänten vid Olshammarsgatan.

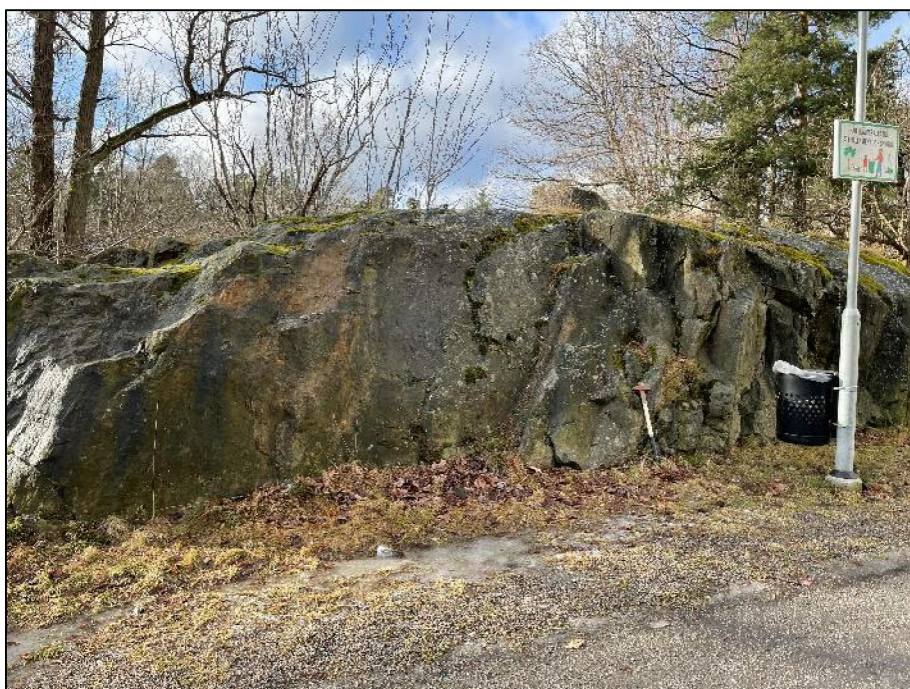
STUBBNEKEN



Vy över berghällen bakom pumphuset.



Mot syd har sedimentär gnejs berghällar samma utformning som ses i Ärtäkern.



Sedimentär gnejs med varierande ytomvandling.



Vy över bergslänten där provet ST-01 togs. Sedimentär gnejs.