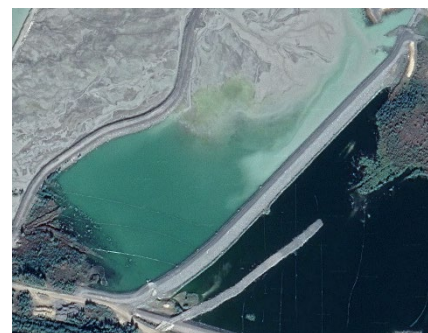




Sulfider i berg

Josef Mácsik
Ecoloop AB



Innehåll

Förekomst av sulfidberg?

- Olika skeden i ett byggprojekt
- Väga riskerna med sulfidberg
- Bedömning
- Hanteringsalternativ för att minimera problem och kostnaderna



Problemet är försurning som i sin tur leder till ökad metallutlakning

Sulfidhalt
~ AP



Halt av sulfid ~ AP

Acid potential (AP) [kg CaCO₃/ton berg]

Neutralisation potential (NP) [kg CaCO₃/ton berg]

$NNP = NP - AP$

Olika skeden i ett byggprojekt

Entreprenadberg lika med "Resurs" eller "Avfall"?

X¹

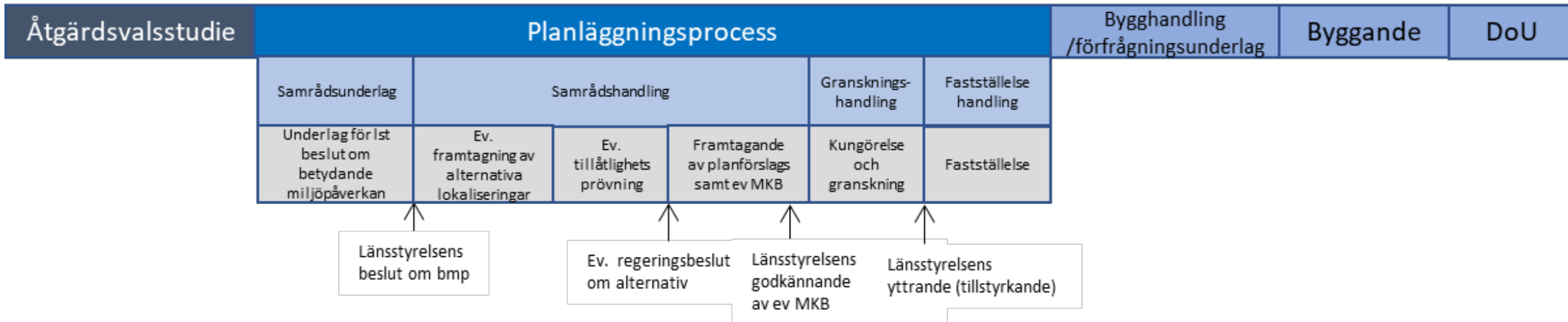
X²

X³

X⁴

X⁵

Kommunal detaljplaneprocess
Miljödomar



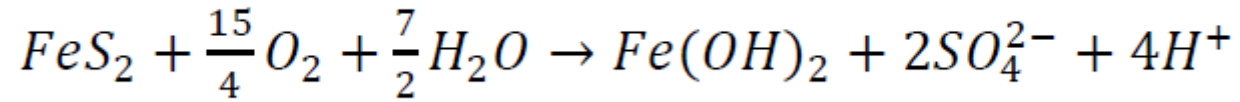
Riskerna med sulfid i berg

- * Vittring av Pyrit - FeS_2
 - * Redox potential & pH och buffring
- * Kornstorleksfördelning
 - * Specifik yta
 - * Permeabilitet
 - * Absorberat vatten

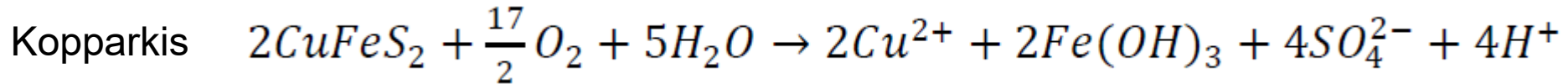


Vittring/Oxidation

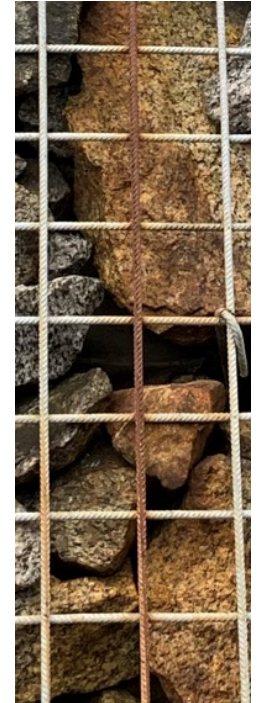
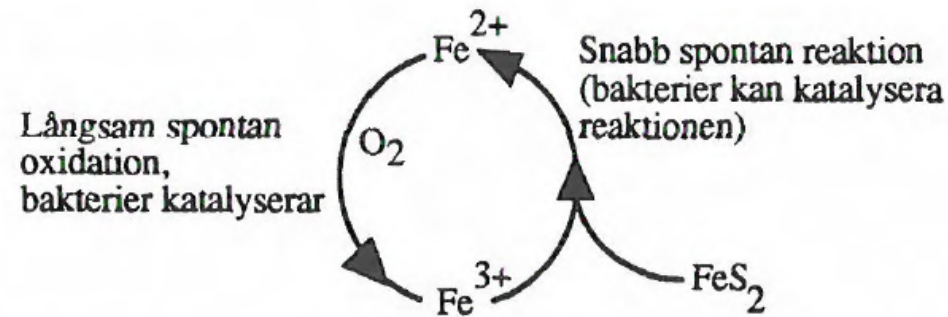
Pyrit



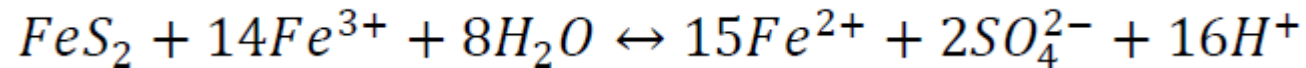
Kopparkis



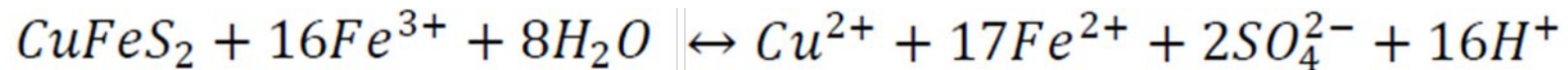
Vittringen leder också till en högre halt lösta metalljoner av Cd, Zn, As, Cu, Pb, Fe, Mn och Al



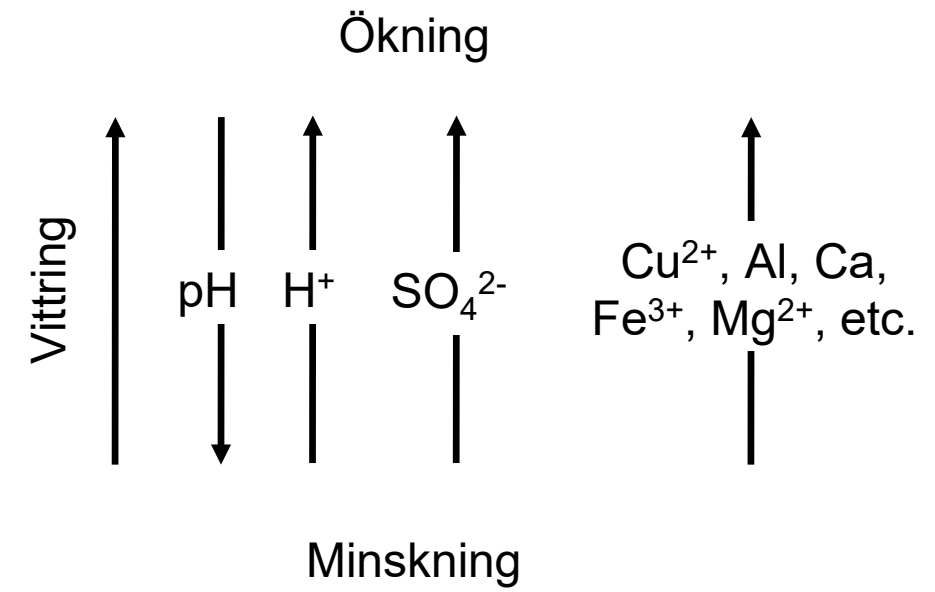
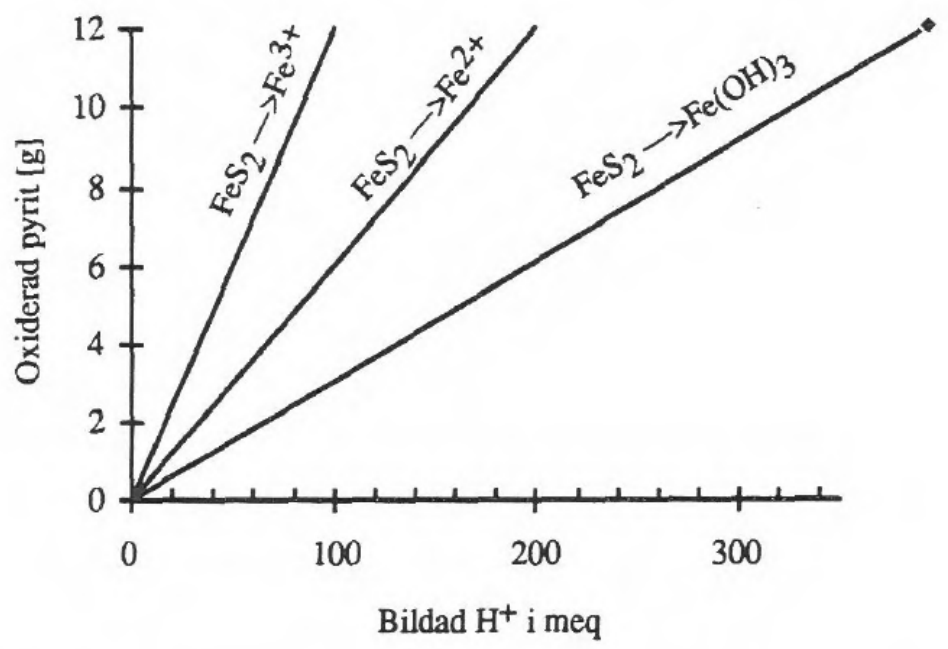
Pyrit



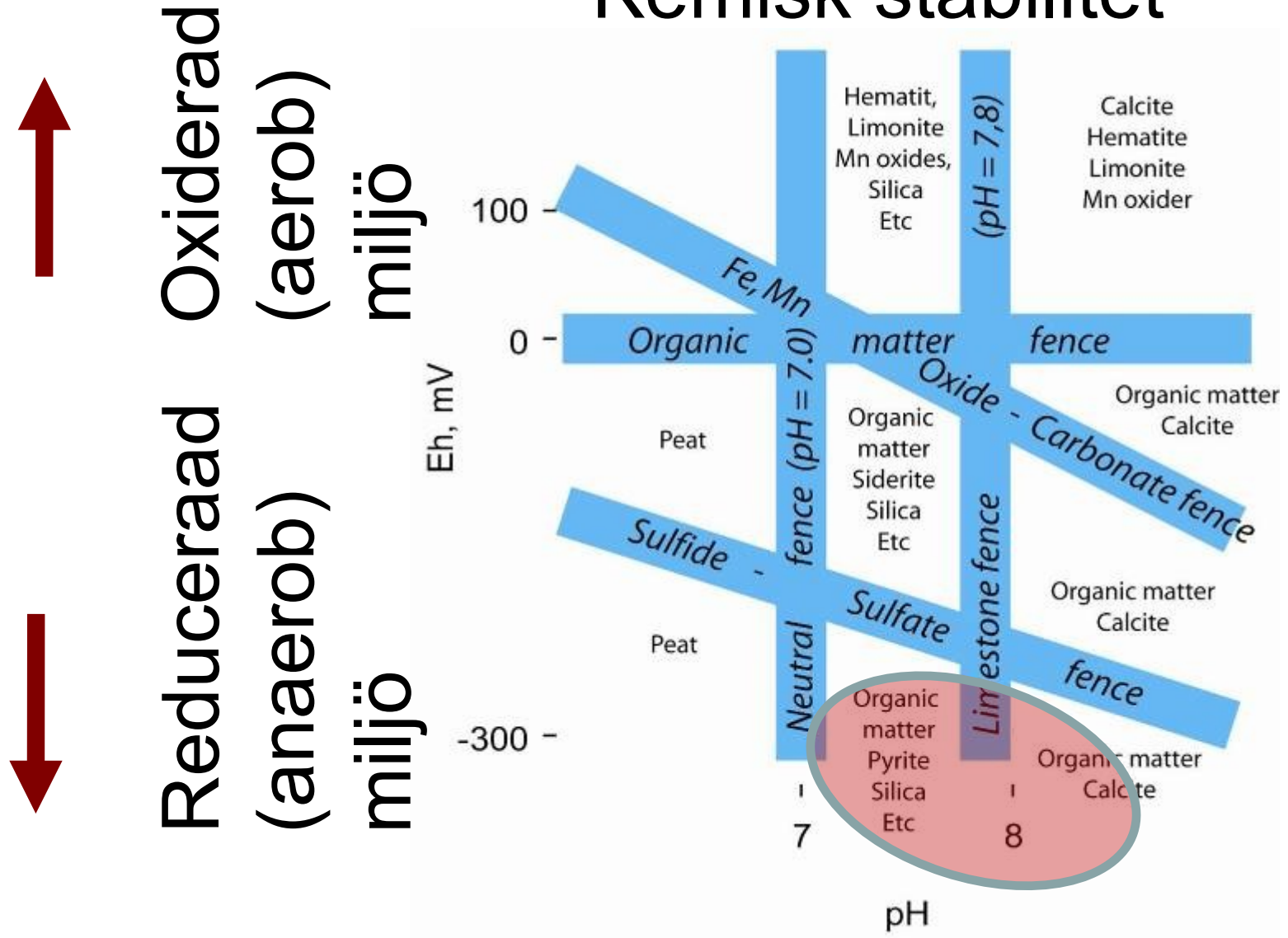
Kopparkis



Redox – Vittring/oxidation (O_2 eller Fe^{3+})



Kemisk stabilitet



Kornstorleksfördelning

Specifik yta

$$D1 = 4 \text{ mm}$$

Yta

$$Y1 = 4 \times 4 \times 6$$

$$= 96 \text{ mm}^2$$



Daniilo Rizzuti / FreeDigitalPhotos.net

$$D2 = 1 \text{ mm}$$

Yta

$$Y2 = 1 \times 1 \times 6 = 6$$

$$6 \times 4 \times 4 \times 4 =$$

$$= 384 \text{ mm}^2$$



Permeabilitet för några material

<u>Material</u>	<u>k [m/s]</u>
Berg	$10^{-6} - <10^{-10}$
Lera	$10^{-8} - 10^{-10}$
Morän	$10^{-5} - 10^{-9}$
Moränlera	$10^{-7} - 10^{-9}$
Grus	$10 - 10^{-3}$
Sand	$10^{-4} - 10^{-5}$
Bentonitblandad jord	$10^{-8} - 10^{-10}$
Bentonitmatta	$10^{-9} - 10^{-10}$
Stabiliserad aska	$10^{-7} - 10^{-9}$
Mn/GLS	$4 \times 10^{-9} - 4 \times 10^{-10}$

Bedömningen baseras på följande:

- Kartmaterial (kartgenerator, SGU)
- Växtprov
- Bergprov
 - Bergmaterialets halt av svavel
 - Bergmaterialets pasta pH
 - Bergmaterialets neutraliseringspotential (NNP, NNR)
- Bergartsbeskrivning (inkl. foto)
- Grundvattenkemi

- Förslag på kontrollprogram

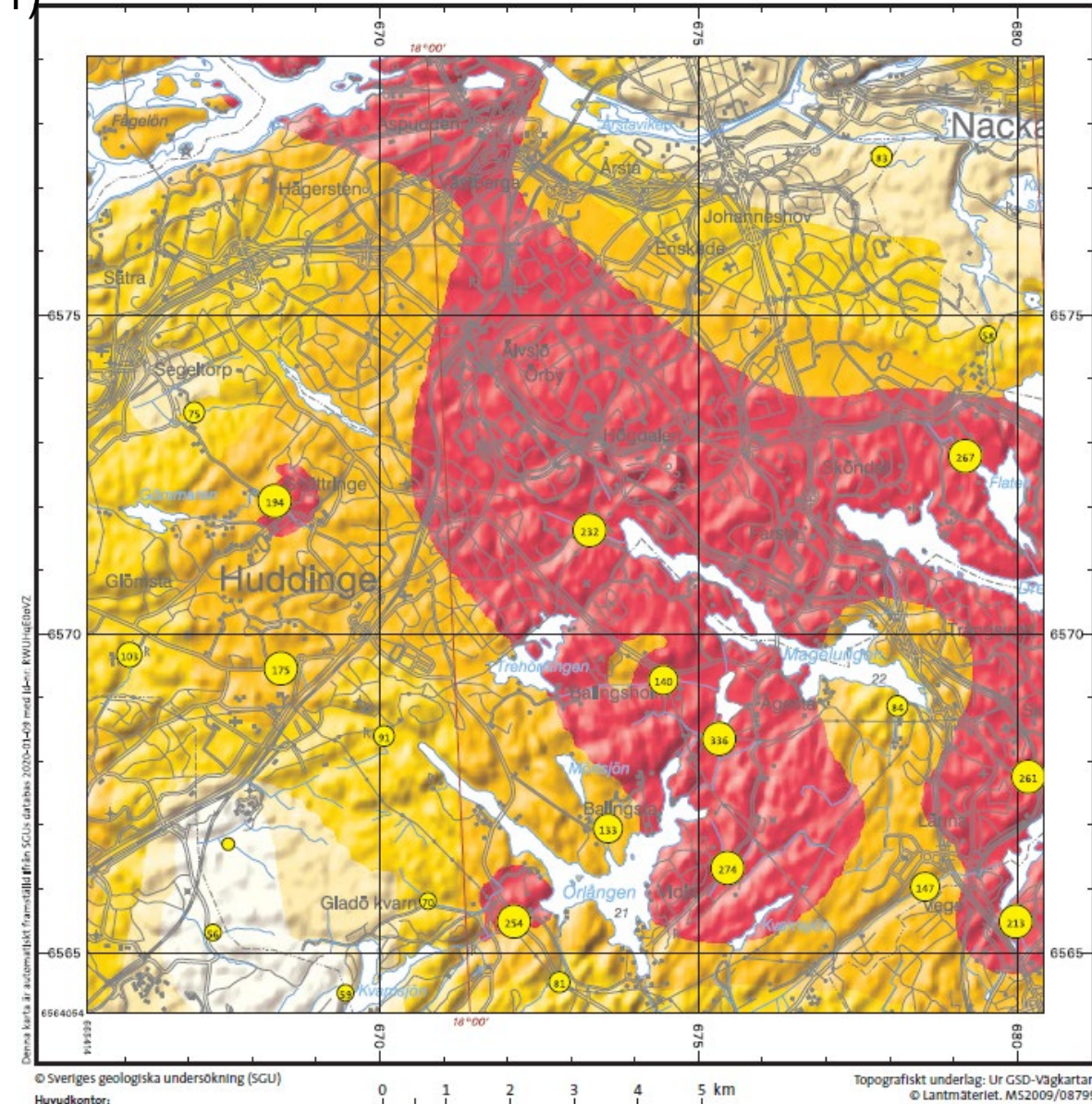
Hanteringsalternativ

Kartmaterial

Koppar förekommer som spårelement i magmatiska bergarter.

Koppar förekommer bundet till svavel i ett flertal egna mineral och är en viktig beståndsdel i sulfidmineraliseringar.

Liksom ett flertal andra metaller med relativt små jonradier tenderar koppar att anrikas i lermineral.



Provtagning av starrväxter (rotsystem)

- * Koppar är ett rörligt ämne och när sulfidmineral vittrar frigörs kopparjoner, en process som påskyndas i sura miljöer. I dessa fall är det ofta enkelt att spåra källan till förhöjningarna.
- * Den antropogena spridningen av koppar i Sverige är av viss betydelse.



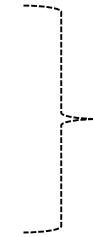
Borrkärna och stufundersökning

- Bergets innehåll av svavel
- Bergets pH ger indikation på om vittring av sulfidhaltiga mineral pågår (mäter materialets egenskaper i nutid)
 - Pasta pH (berget mals ner och dess pH mäts)
 - *Alt. Humidity cell tests (HCT)* och kolumn test. (tidskrävande test)
- ABA-test (summerad försurningspotential)



ABA-test

- * ABA (Acid Base Accounting)
 - * AP (syraproducerande potential)
 - * NP ((neutraliserande potential)
 - * $NNP = NP - AP$
 - * $NNR = NP/AP$



Enheten är: kg CaCO₃/t berg.

Några riktlinjer:

Enligt Lottermoser (2003) tolkas NNP och NP/AP-kvoten enligt;

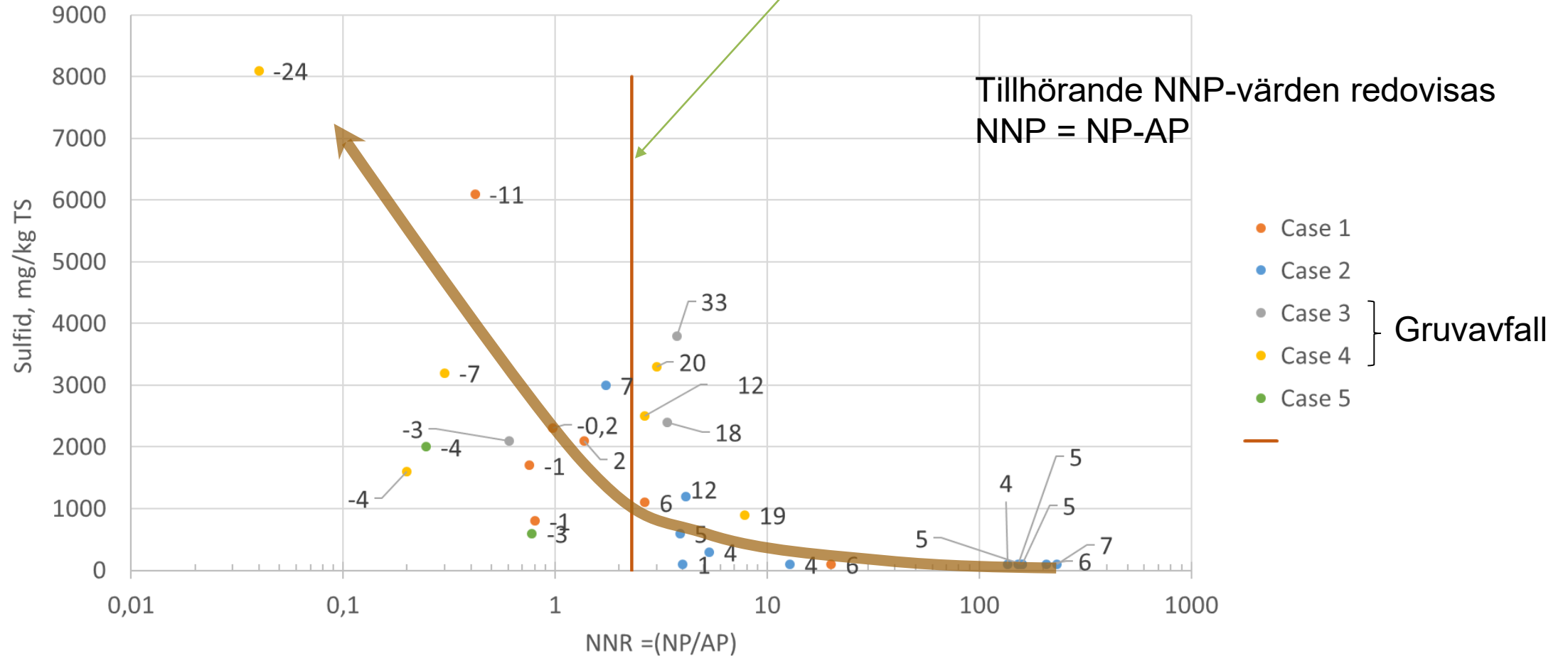
- NNP = positiv (större än +20), finns ingen syrabildningspotential.
- NNP = negativ (mindre än -20), finns potential för syrabildning.

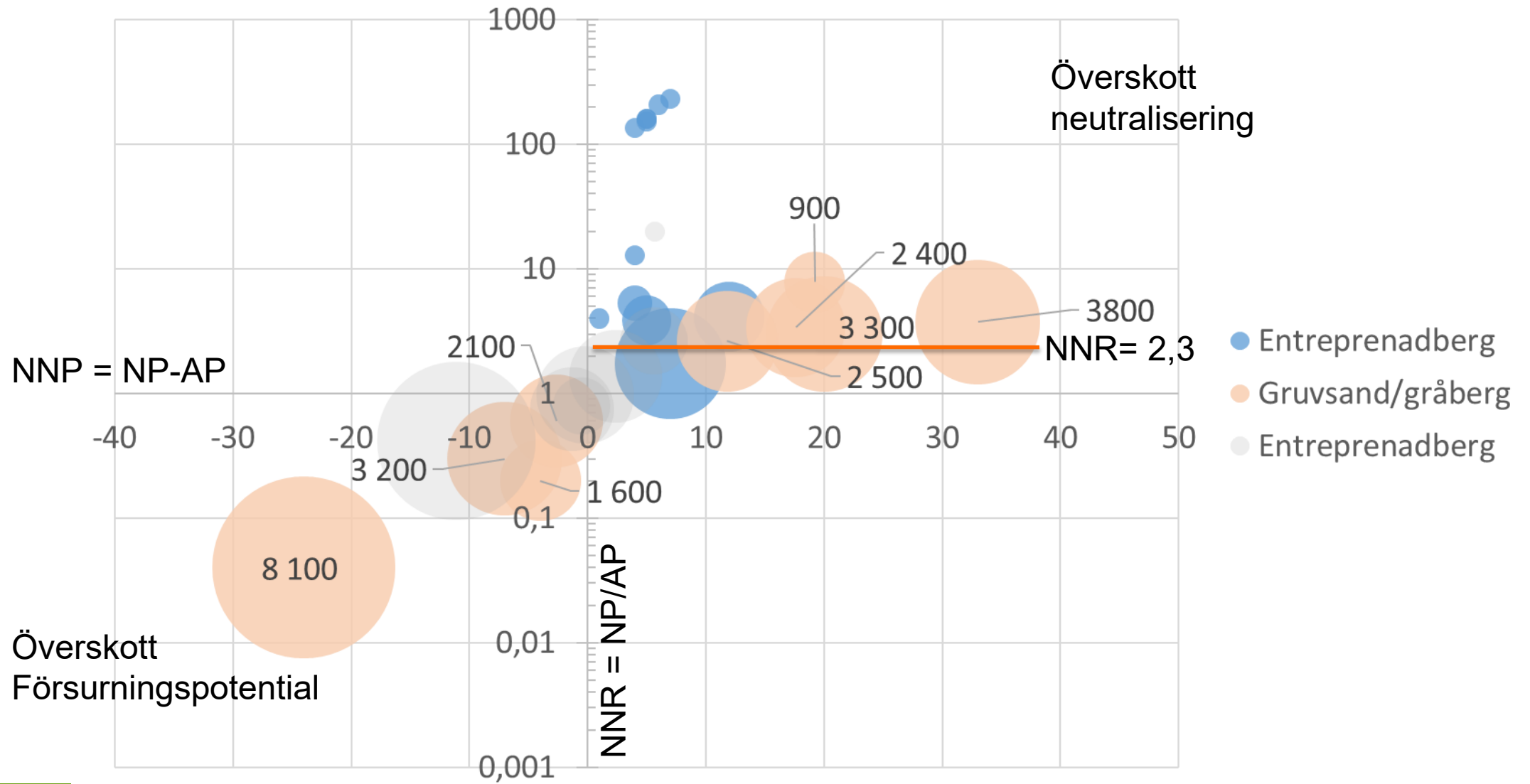
NP/AP-kvoten anger den teoretiska kapaciteten för bergmaterialet att generera surt lakvatten.

- NP/AP-kvot < 1 bergmaterialet kommer troligen producera syra.
- NP/AP-kvot $> 2,3$ bergmaterialet är inte syraproducerande.

Exempel på resultat från ABA-test

- Undersökning av några case.





Kontrollprogram

1. Bergart: Bergmaterial beskrivs som exempelvis sedimentgnejs (kornighet), granit.
2. Analys av bergmateriallets innehåll av metaller, svavel och kalcium som ger en allmän beskrivning av bergets mineralsammansättning. Här föreslås totalhalter i fasta material, bergarter (ALS-Globals analyspaket eller motsvarande). Notera att analysen kompletteras med Ca (kalcium) och Fe (järn).
3. Pasta-pH- analys utförs på bergprov som är tagna över grundvattennivån. Ger information om bergmateriallets befintliga pH. Antagandet är att om berget är försurande har det redan inträffat i ytligt vittrat bergmaterial i den oxiderade zonen.
4. ABA-test (acid base account). Bergmateriallets summerade neutraliseringspotential bestäms.

Förslag på klassning som anpassas till applikationen

Återanvändning av entreprenadberg utan restriktioner:

- Svavelhalt ≤ 300 mg/kg (tot S)
- Svavelhalt 300 – 1 000 mg som utifrån NNP och NP/AP kvot bedöms som icke försurande.

Bergmaterial som undersöks vidare för eventuella skyddsåtgärder:

- Svavelhalt $> 1\ 000$ mg/kg undersöks med avseende på NNP och NP/AP -kvot.

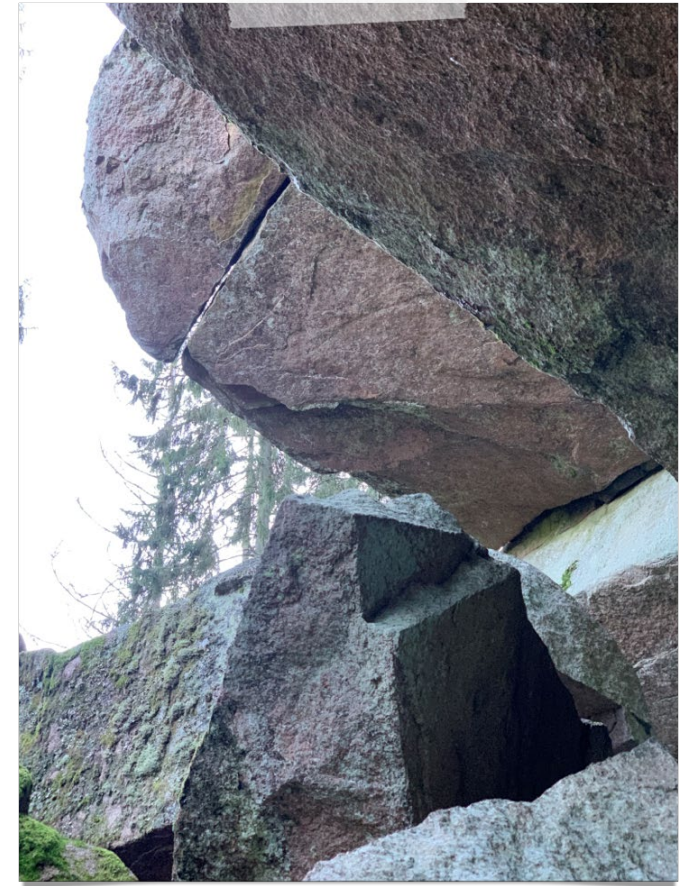


Åtgärder – bör baseras på platsspecifik bedömning och selektiv hantering

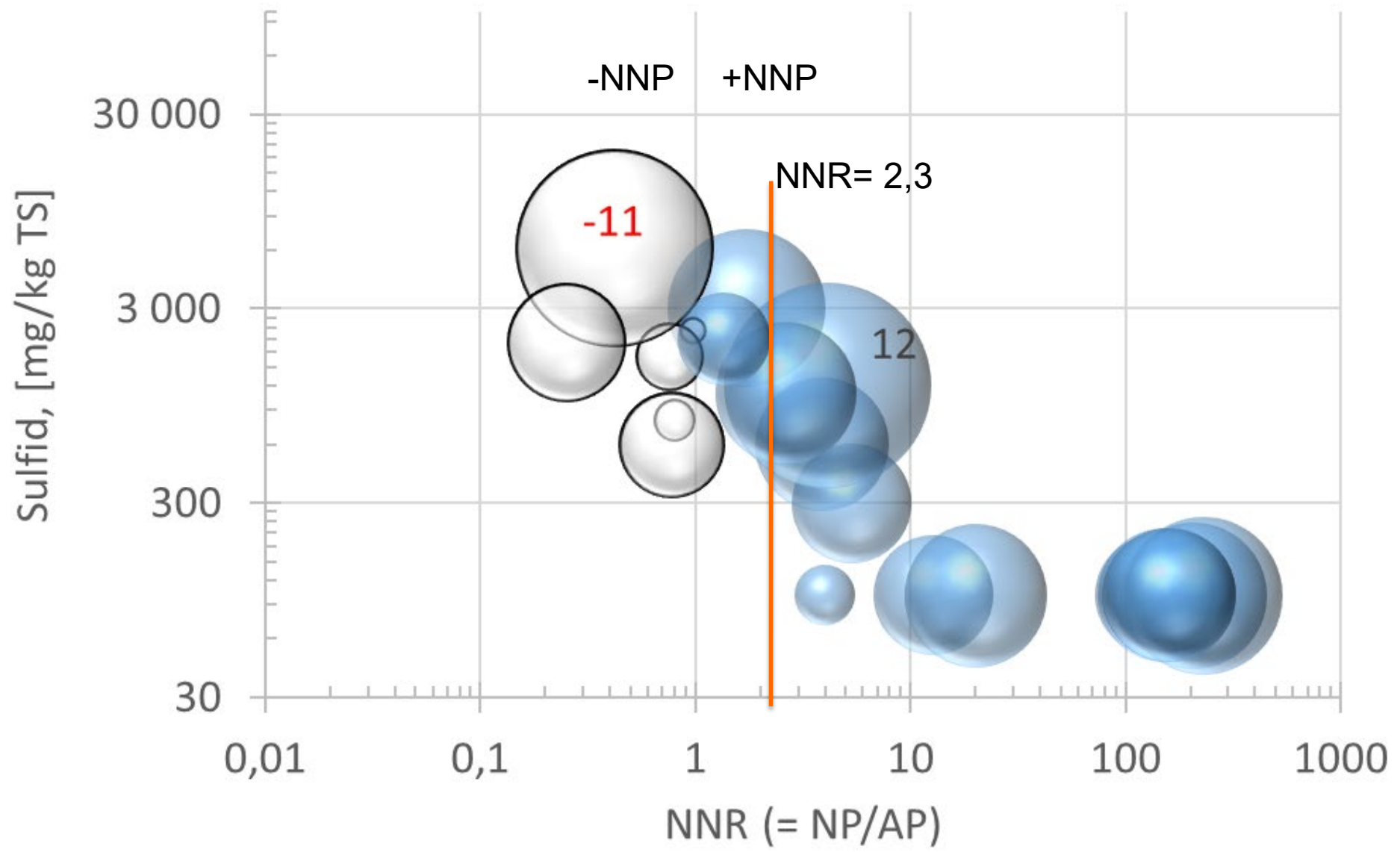
- Berg som bedöms som ej försurande
- Kontroll av S och Ca halter
 - hanteras fritt.
- Berg som bedöms ha försurningspotential
 - Kornstorleksfördelning
 - Begränsa vittringsytan
 - Vattenmättnad
 - Begränsa vittringen
 - Begränsa vittringshastigheten
 - Buffring
 - pH
 - Redoxpotential

Big data och vägen framåt

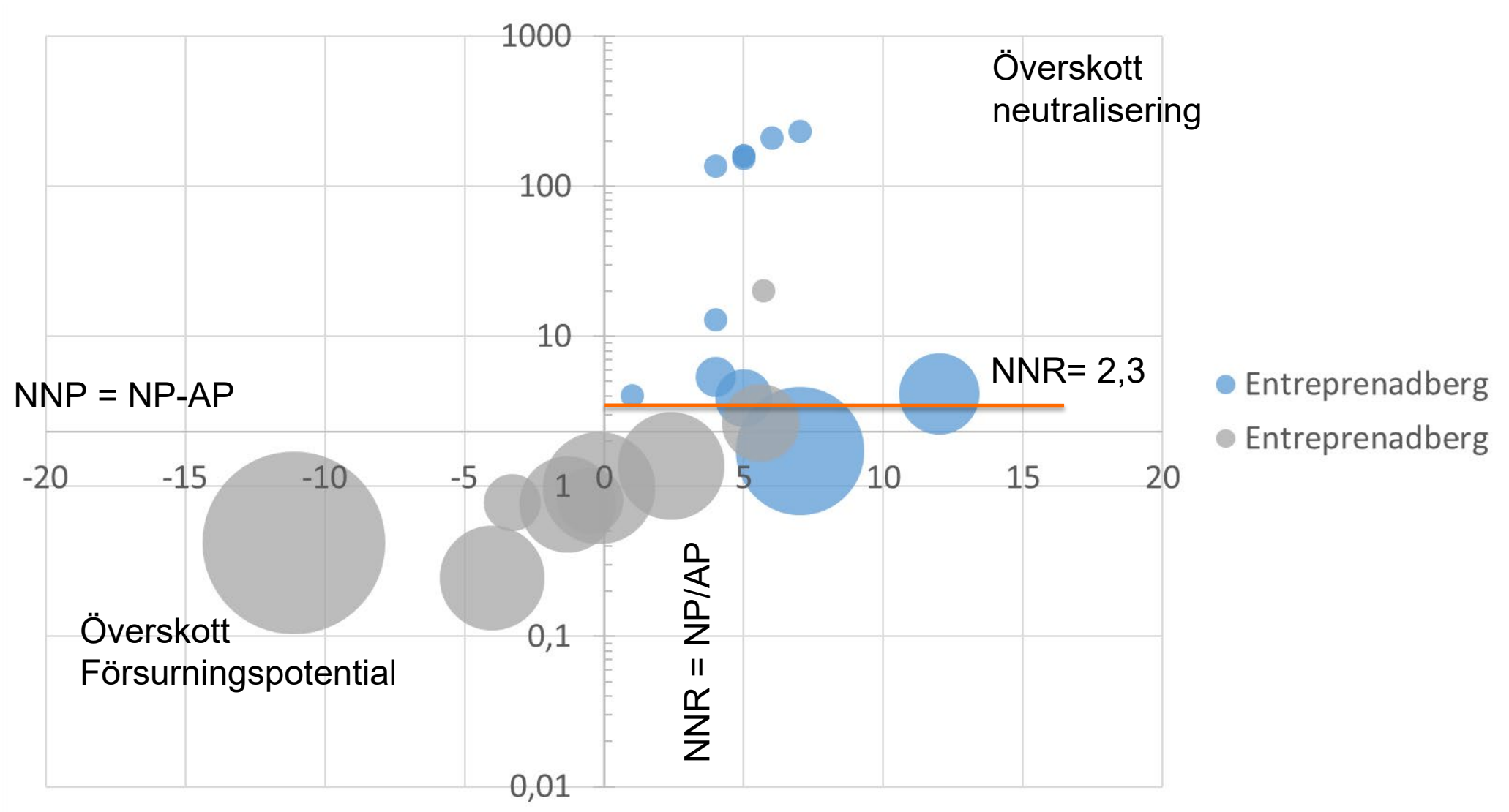
- * Bedömningsunderlag / korttidsminnesförlust (Doris-effekten)
- * Åtgärder (Utveckla åtgärder for hantering av sulfidberg)
- * Metodik (Trafikverket tar fram "ny" vägledning)



+NNP



Entreprenadberg, exempel



Adsorption

- Catjonbyteskapacitet (CEC) & specific yta

	Specifik yta, [m²/g]
Kaolin (lera)	12 – 20
Montmorillonit (lera)	700 – 840
Illit (lera)	65 - 100
Silt	0,01 - 1
Humus	> 600
Activated Carbon	800 - 1500

Fysikaliska och kemiska krafter

-Kemiskt bundet vatten

-Kristallint vatten

-Adsorberat vatten

- Fritt vatten

$pF = 2$ is equivalent to a hydraulic head of 100 cm water suction.

