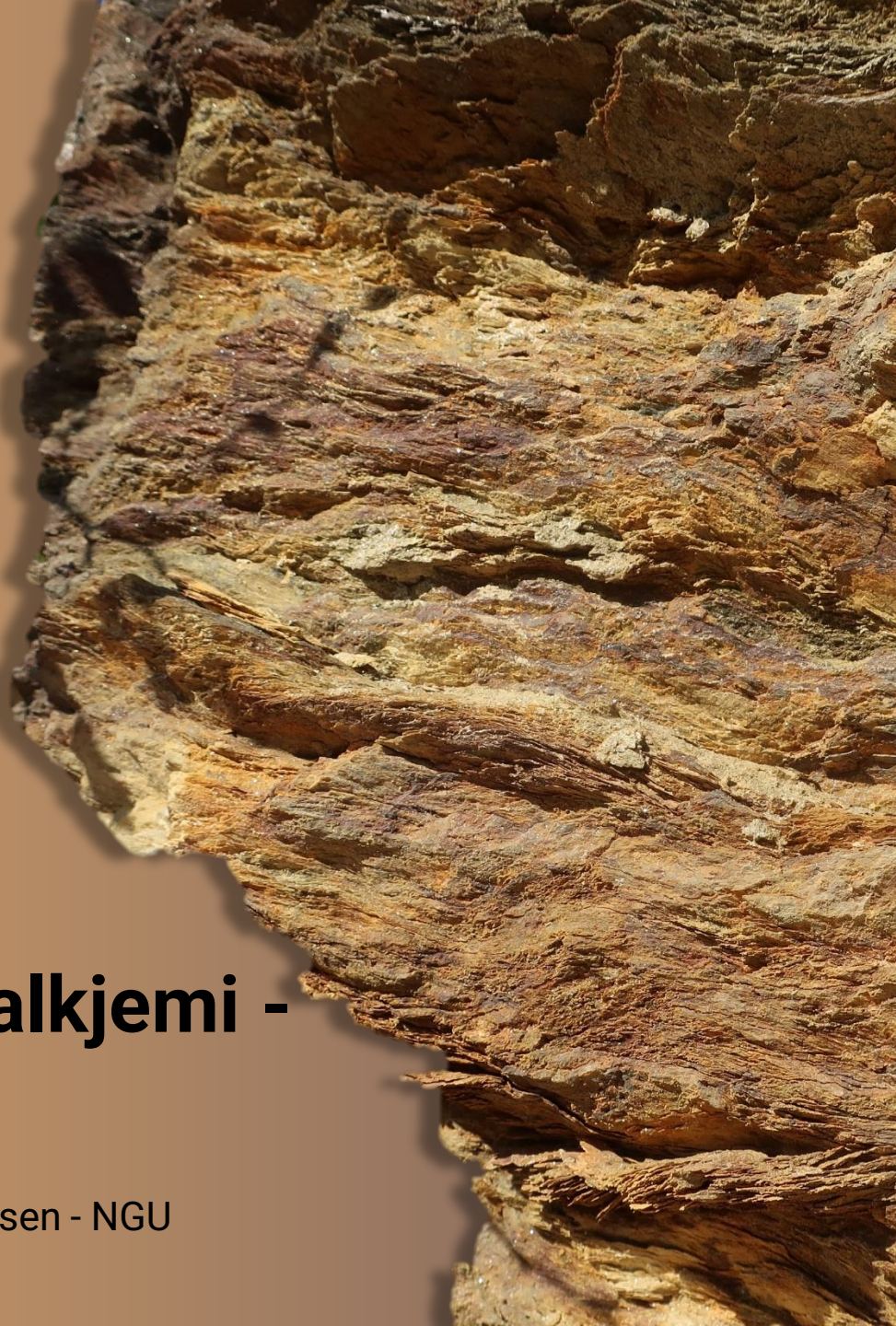




NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE

- NGU -



Ikke bare)

Fyllitt og mineralkjemi - status fra NGU

Malin Andersson, Espen Torgersen - NGU

Hva skal jeg snakke om?

- Problemstilling
- Kartoversikt
- Fyllitt i Stavanger
- Syredanning
 - Hva vet vi?
 - Hva vet vi *litt* om?
 - Hva vet vi ikke så mye om?



Problemstilling

1. Høyt metallinnhold, utlekking
2. Forsuring/syredanning



- i. Oksidasjon/oppløsning av svovelførende mineraler fører til redusert pH.
- ii. Utlekking av metaller bundet til disse oksiderte/oppløste mineralene.
- iii. Lavere pH øker løseligheten for en rekke grunnstoffer (deriblant Al fra feltspat).



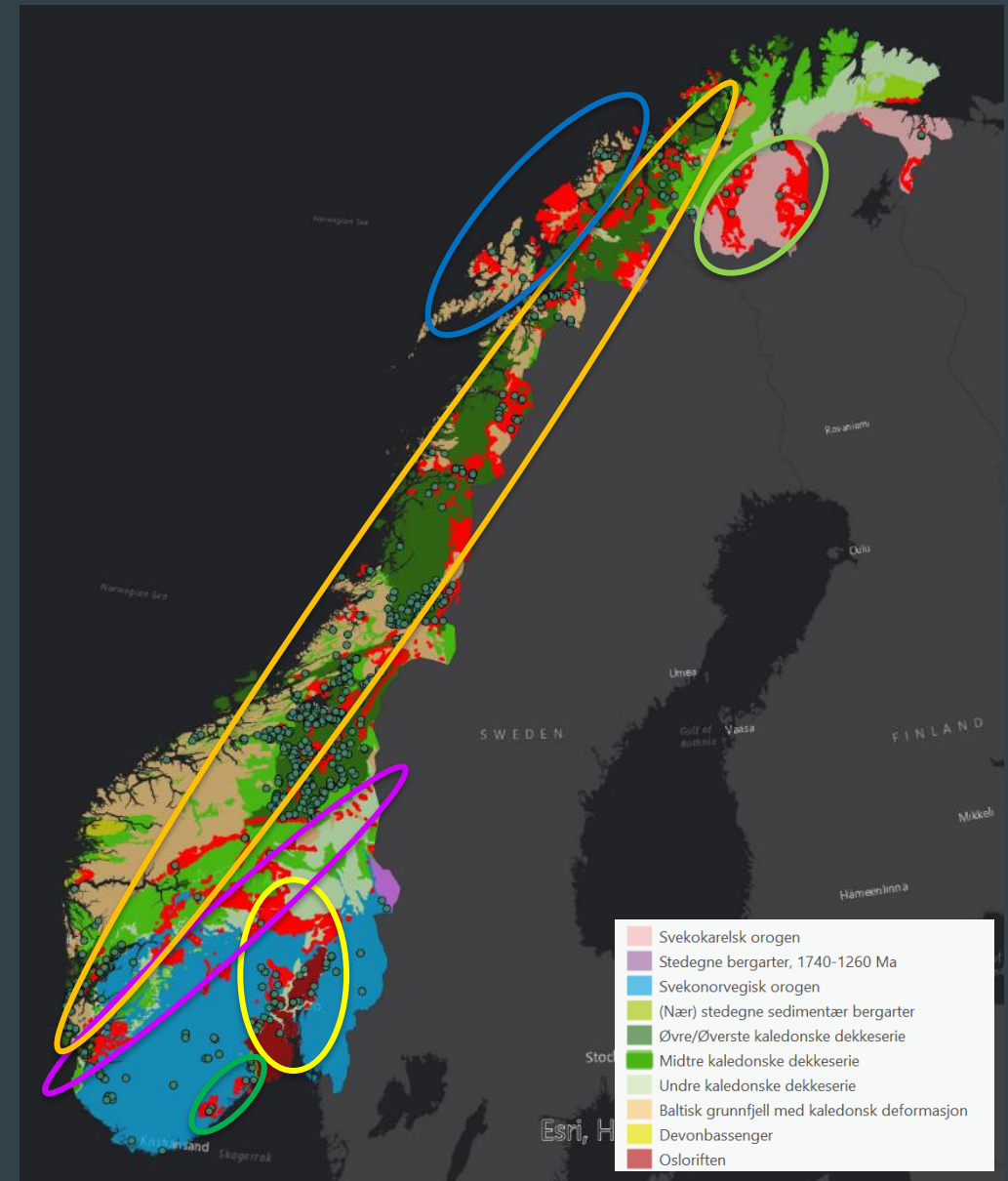
Kartoversikt

Potensielt syredannende bergarter i Norge

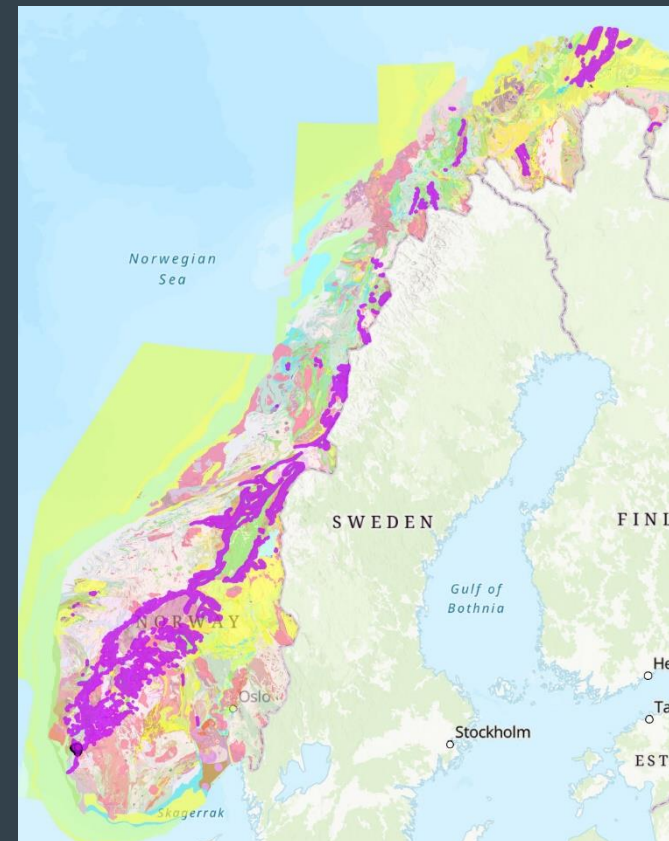
Hovedtyper/områder:

- 1) Alunskifer/Svartskifer i Osloriften
- 2) Syredannende gneiss i Bamble Litotektoniske enhet (SØ Norge)
- 3) Svartskifer/-fyllitt i undre kaledonske dekkeseerie
- 4) Grafittskifer/-fyllitt/-glimmerskifer og kisforekomster i øvre/øverste kaledonske dekkeseerie
- 5) Sulfidførende metasedimentære bergarter i Vest-Troms grunnfjellskompleks
- 6) Grafittskifer mm. i "grønnsteinsbeltene i Finnmark

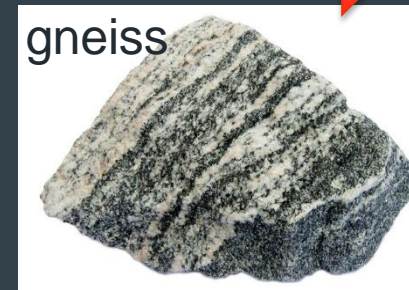
Rød farge: Inneholder ett eller flere av følgende ord: svartskifer, grafitt, sulfid, alun, kis, rust



Hva er fyllitt?



Økende trykk og temperatur 



Hva er fyllitt?



Kvarts
 SiO_2

Glimmer, muskovitt
 $\text{KAl}_2(\text{F,OH})_2$

Kloritt
 $(\text{Mg,Fe})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot (\text{Mg,Fe})_3(\text{OH})_6$

Pyritt
 FeS_2

Feltspat
 $\text{Na/K/CaAlSi}_3\text{O}_8$

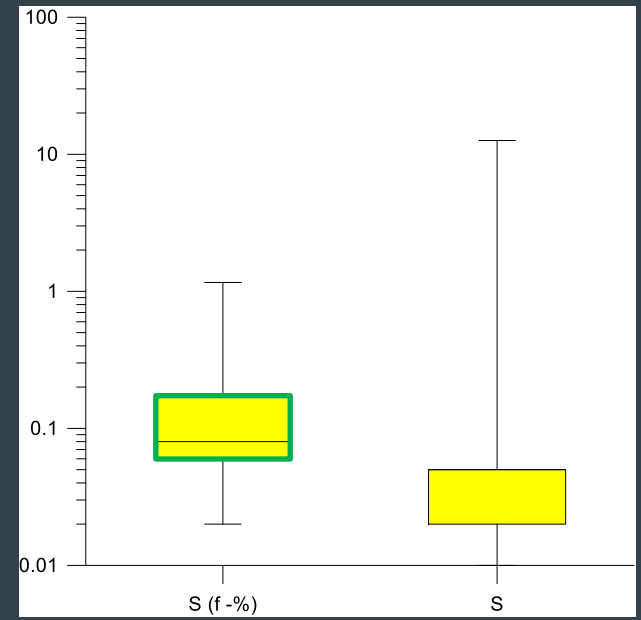
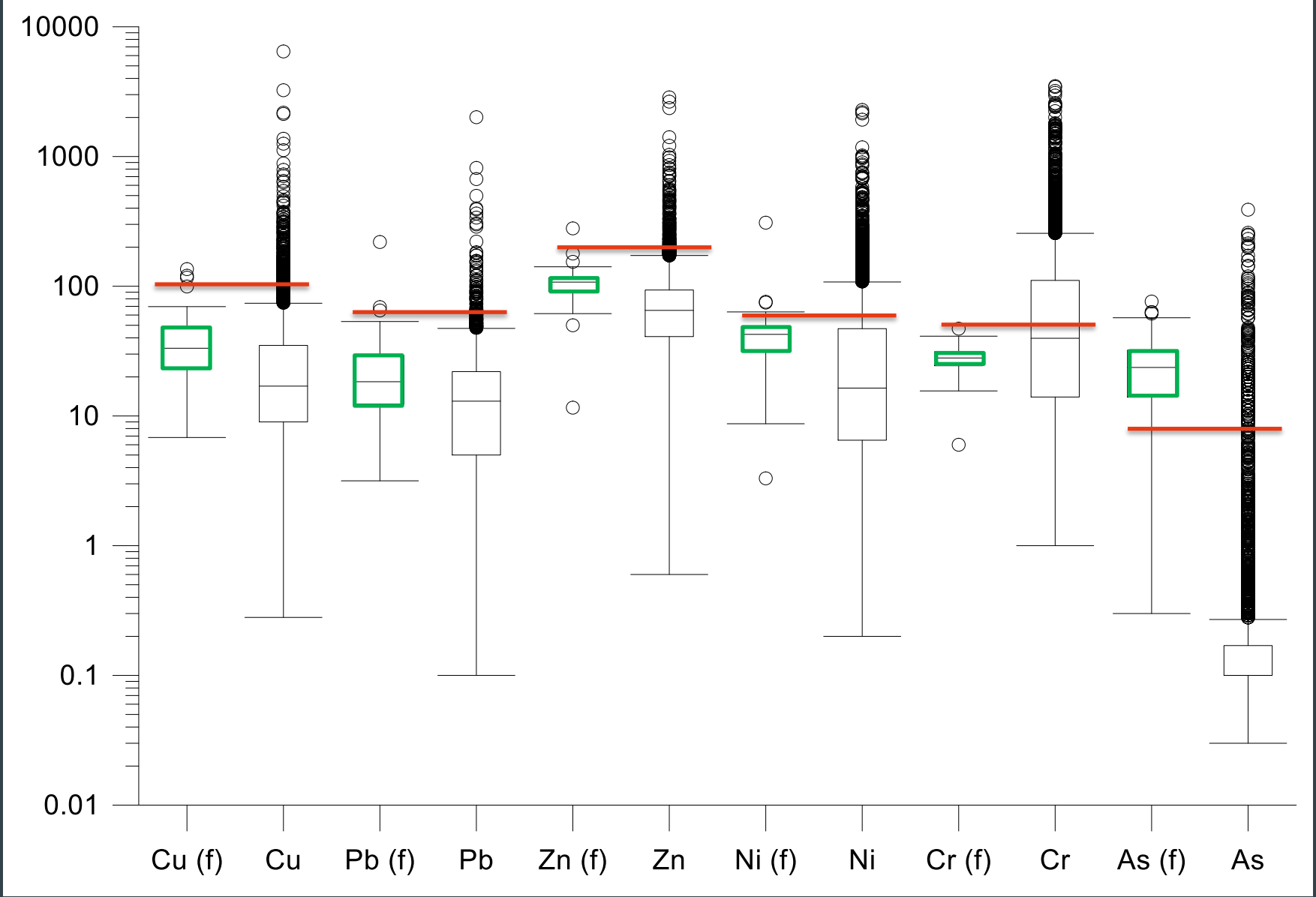
Grafitt
 C

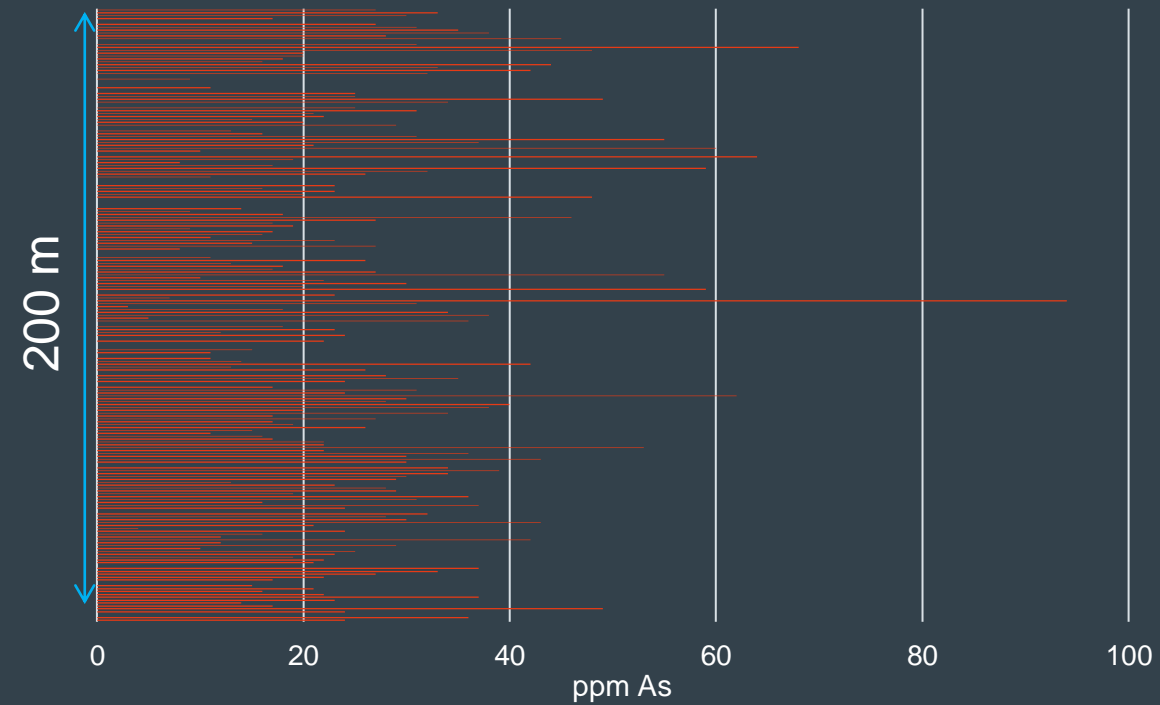
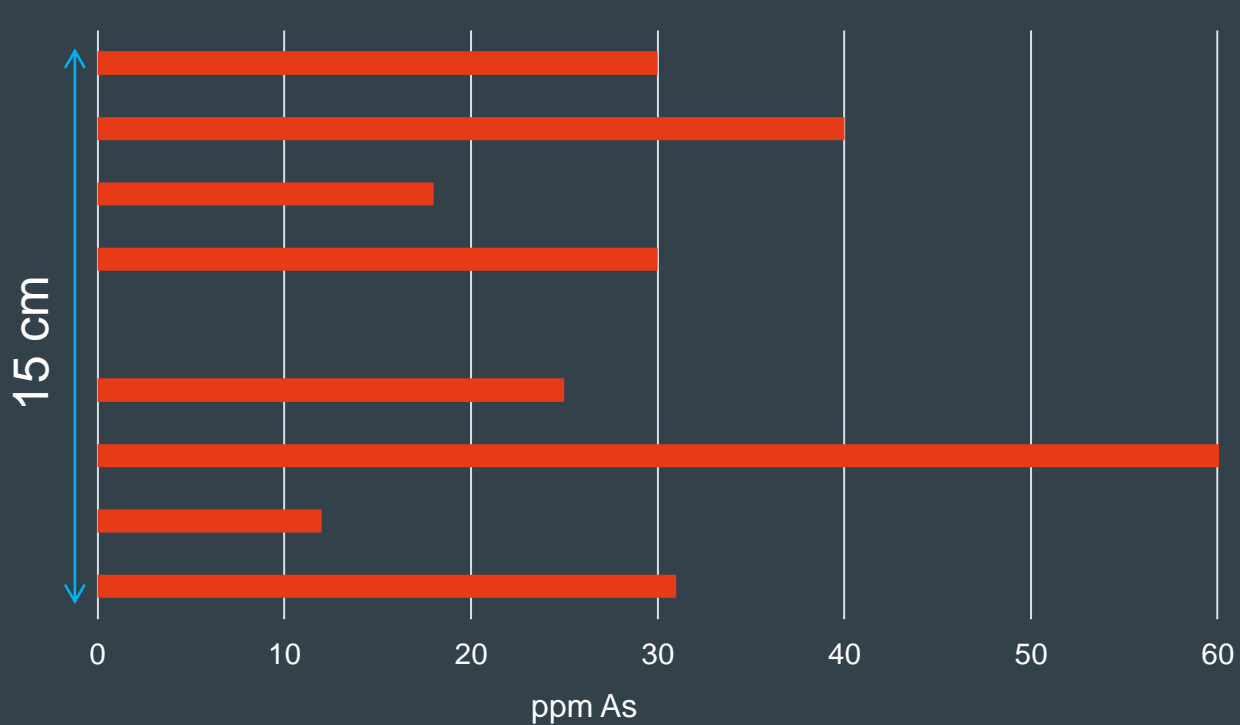
Karbonat
 CaCO_3

Kjerner Hundvågtunnellen



Fyllitt (N=58) vs. fastfjell (Norge) (N=5000-8500)



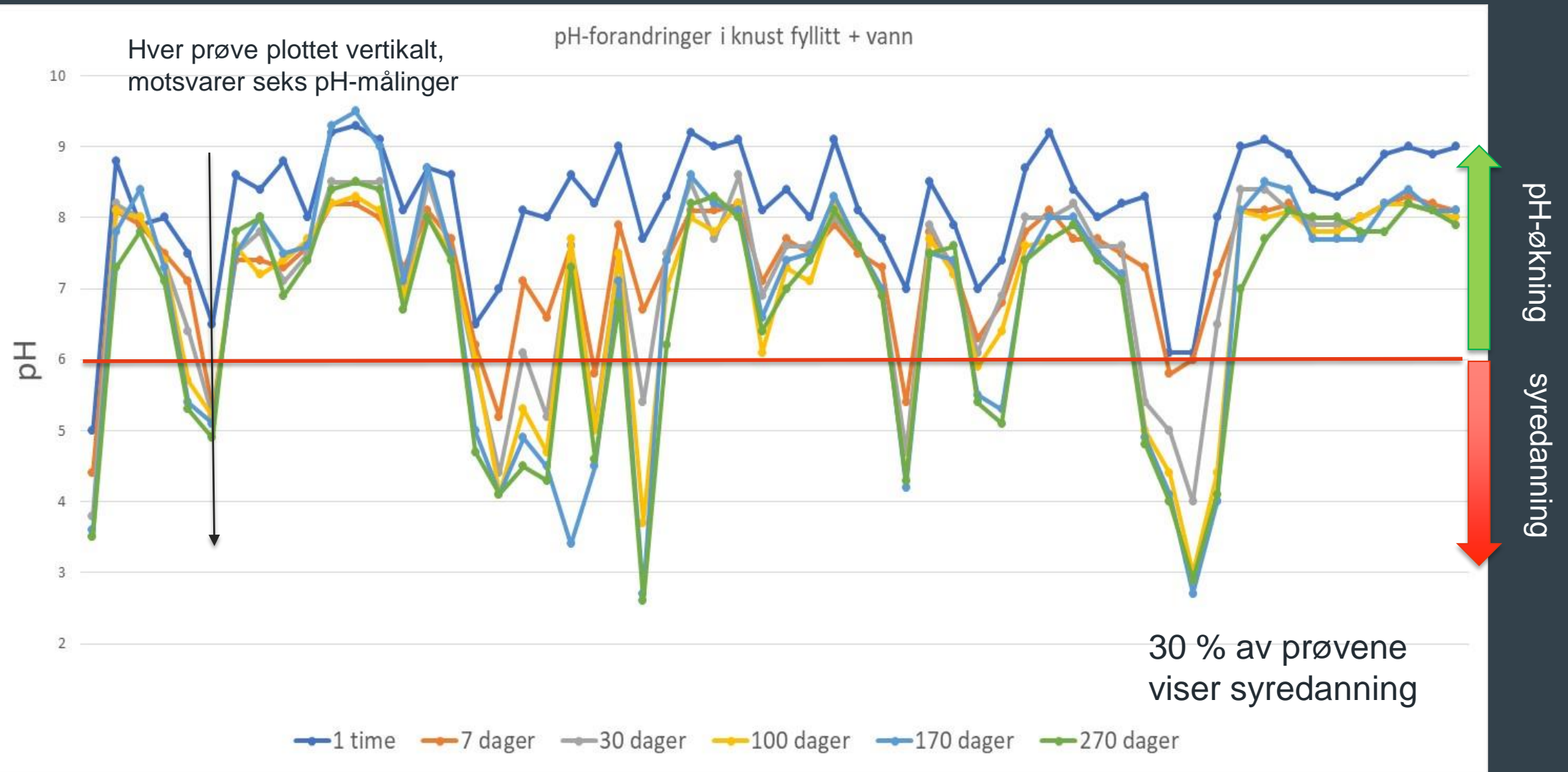


Målinger med håndholdt XRF viser:

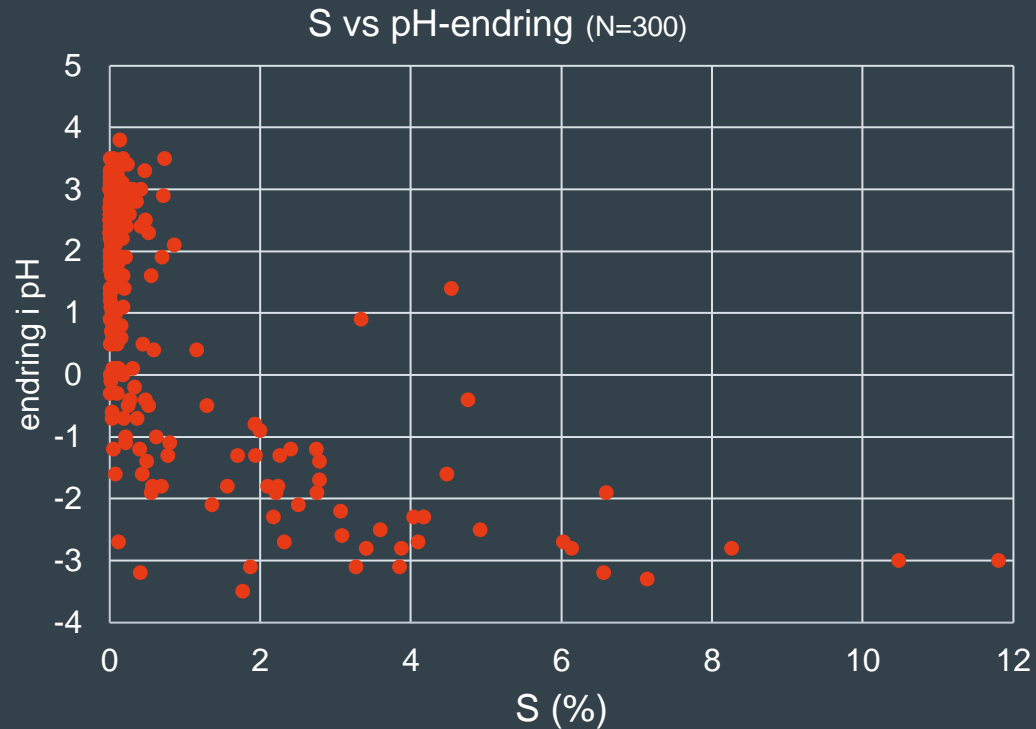
- Store variasjoner i konsentrasjon i stor og liten skala
- Alle grunnstoff viser høy variasjon
- Fyllitten er kjemisk sett veldig heterogen
- Visuelt sett kan konsentrasjoner ikke forutses

Målingene utført på kjerner fra Hundvågtunnelen, Stavanger

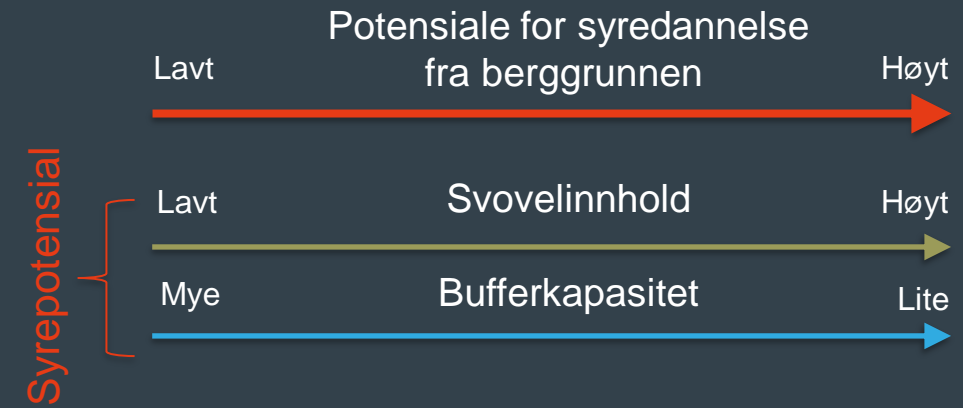




Syredanning generelt

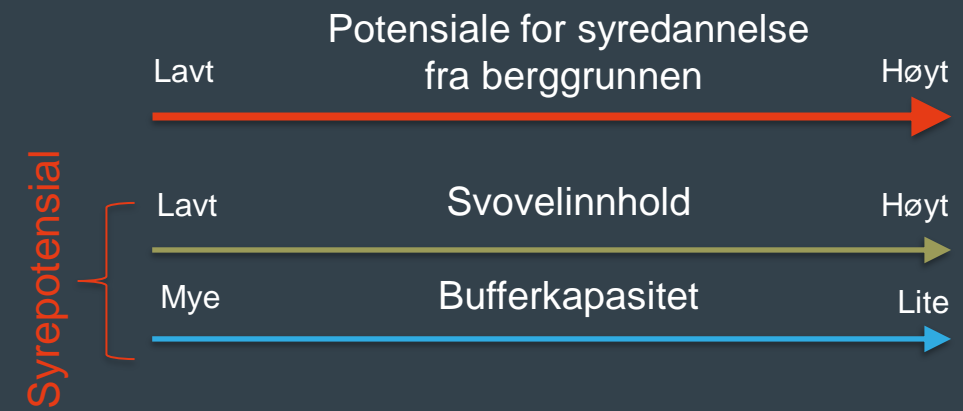
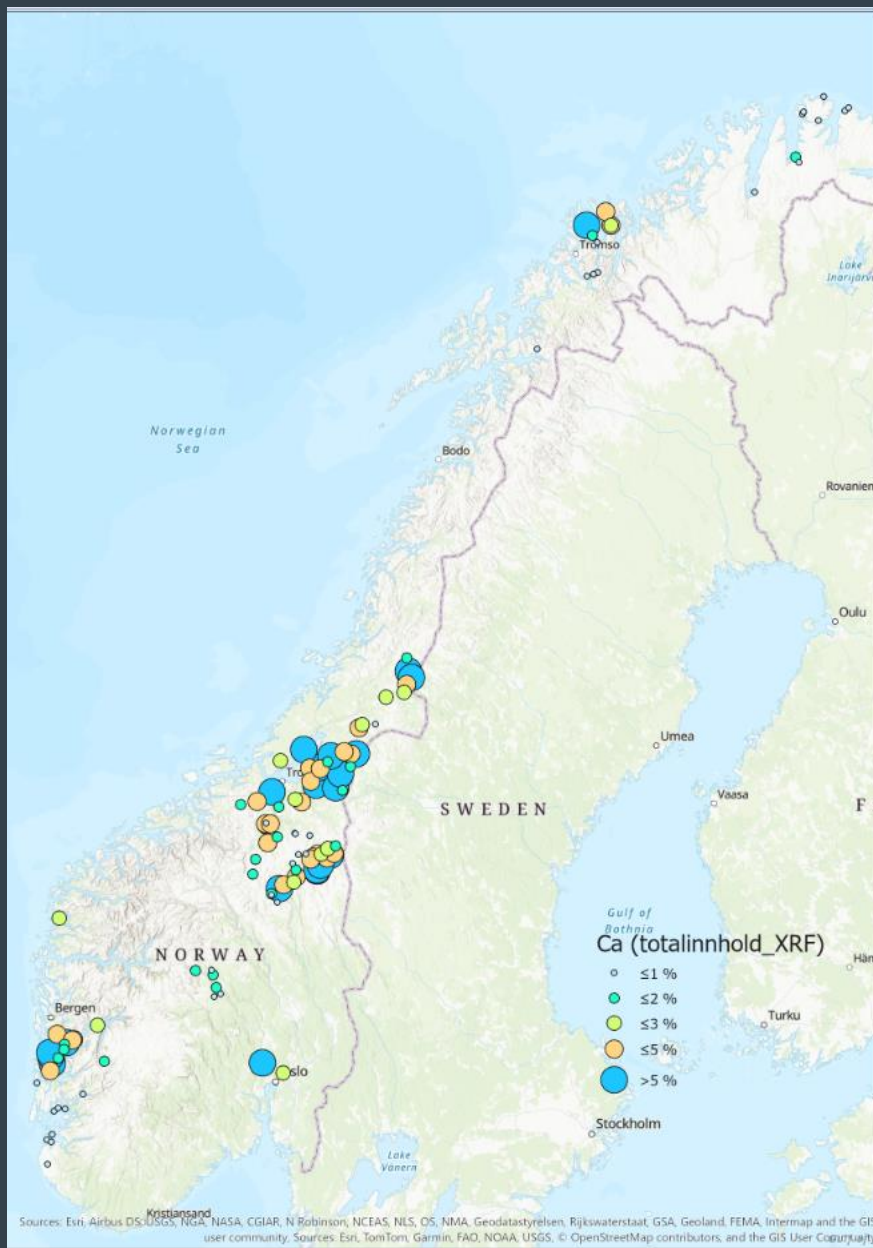


Drevet for eksempel av oksidasjon av pyritt/svovelkis:



Spesielt karbonater har egenskaper til å nøytralisere, men:

1. varierer med pH
2. holder ikke med små mengder (trenger f.eks. 4 ganger så mye kalsitt som pyritt)



Kalsium (Ca) i fyllittprøver (N=115)

Nye prøver Stavanger (0.05-0.72% Ca)

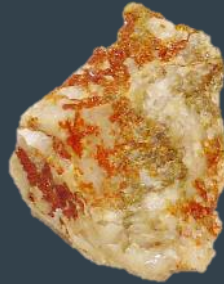
Hva vet vi *litt* om?



Pyritt/svovelkis
(FeS₂)



Pyrrotitt/magnetkis
(Fe_{1-x}S)



Jarositt (metallisk sulfat)
(KFe₃(SO₄)₂(OH)₆)

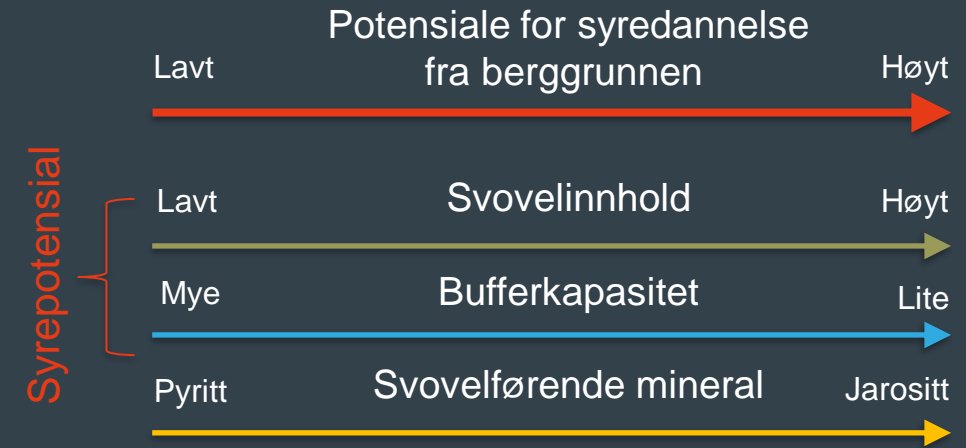
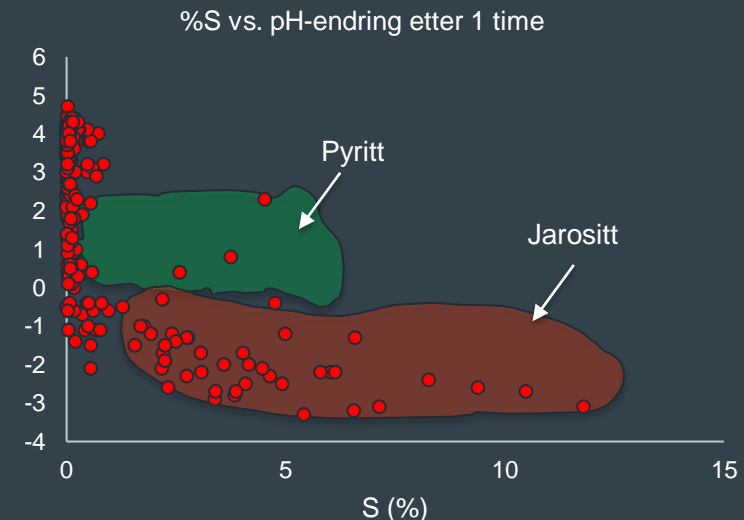


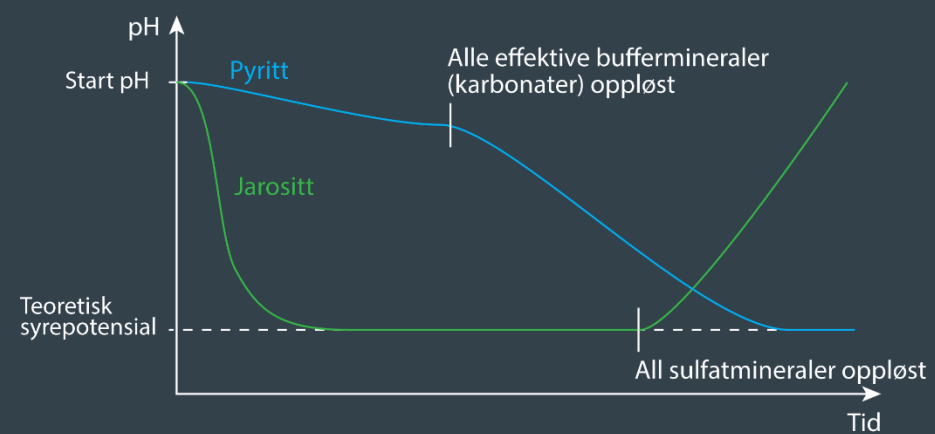
Table 2. Sulfide and sulfosalt oxidation rates (after Chopard et al. (2015)).

Oxidation rate (mg of S/kg/day)					
Fe-sulfide	Base metal sulfides		Sulfides containing As/Sb		
pyrrhotite 1	8.2	bornite	0.23	arsenopyrite	6.9
pyrrhotite 2	2.6	chalcocite	0.28	gersdorffite	93.6
pyrite 1	2.4	chalcopyrite 1	2	fahllore	3.2
pyrite 2	4.8	chalcopyrite 2	1	stibnite	0.49
pyrite 3	4.6	covellite	2.7		
		galena	0.53		
		sphalerite	2.3		
		sphalerite-Fe	3.2		

Elghali et al. (2023)



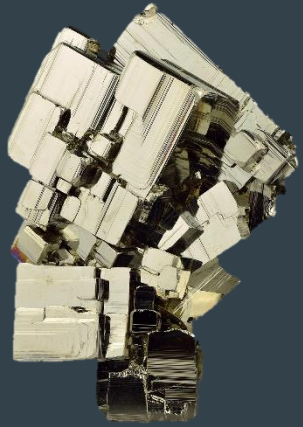
To områder med samme syrepotensial, men ulike svovelmineralogi



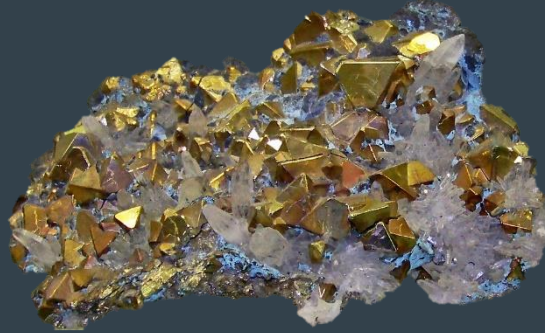
Ulike mineraler har ulik oksidasjonsrate/løselighet.



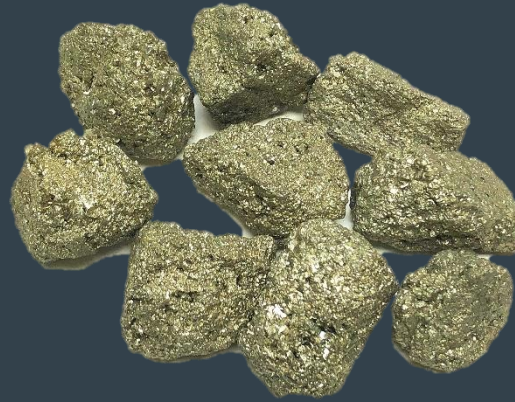
Hva vet vi ikke så mye om?



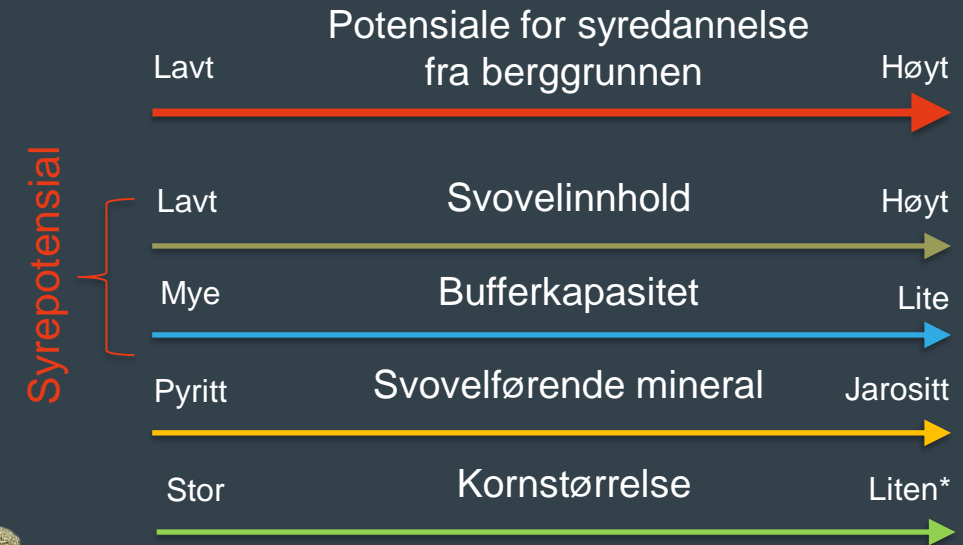
Grovkornet pyritt



Middelskornet pyritt



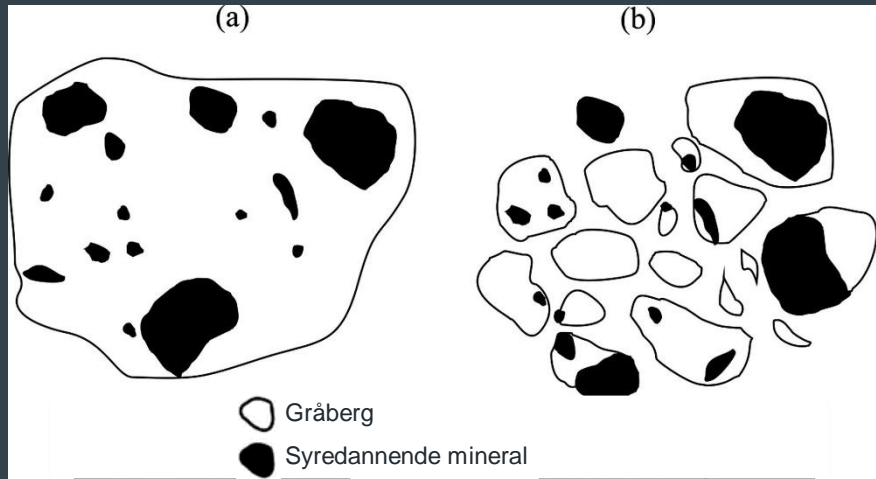
Finkornet pyritt



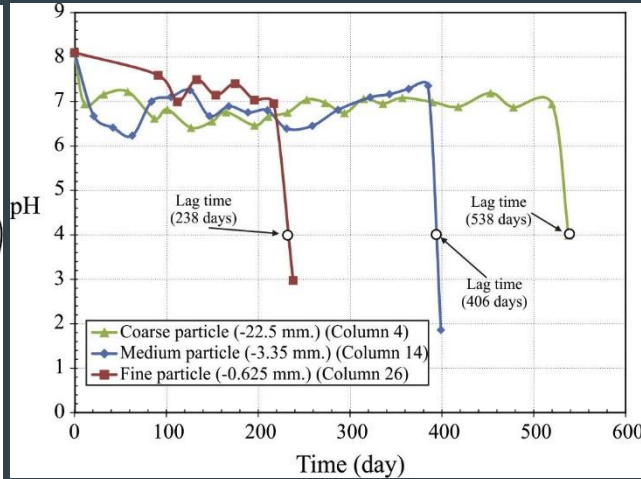
Desto mindre kornstørrelse desto større overflateareal => raskere oksidering

Men, aggregering vil redusere effektivt kontaktareal for oksygenering

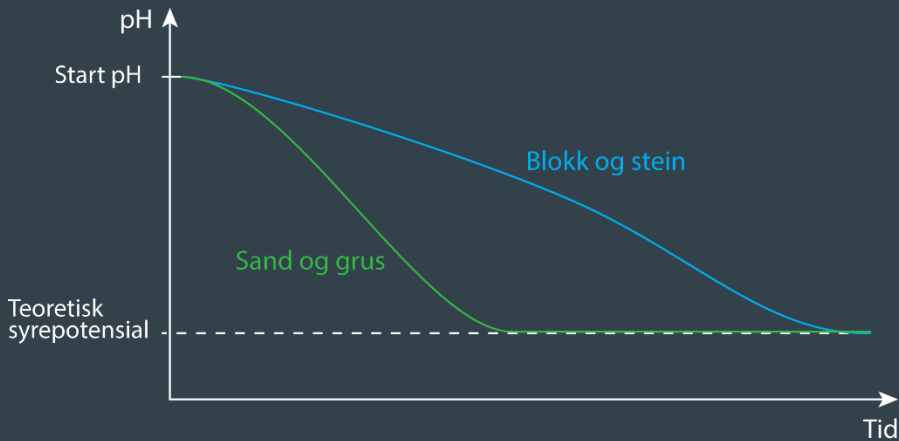
Hva vet vi ikke så mye om?



Erguler & Erguler (2015)

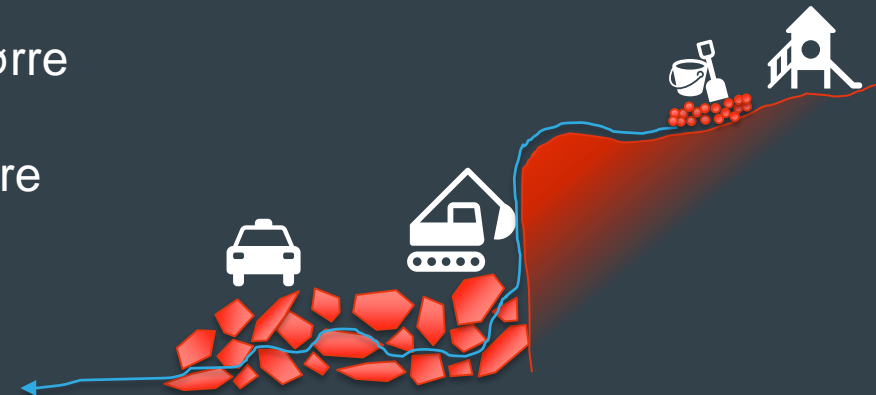


To områder med samme bergartsparementere, men ulik sprengsteinstørrelse

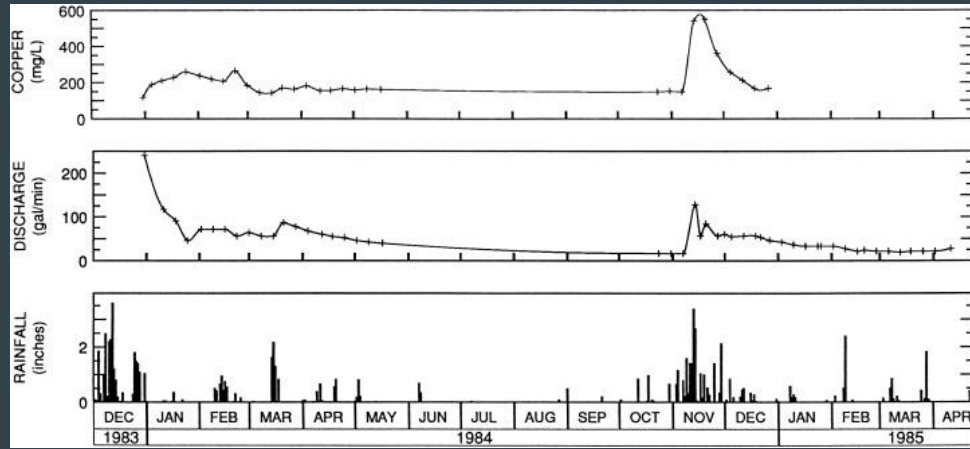


Desto finere masser, desto større overflateareal
=> raskere oksidering (og større mengder metaller)

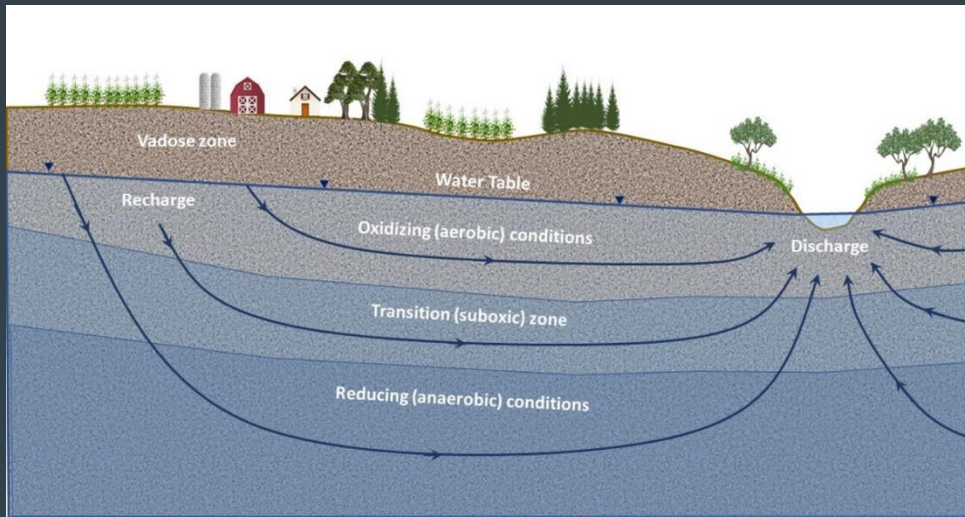
Forsurningsrate Syrepotensial



Hva vet vi ikke så mye om?



Nordstrom (2009)



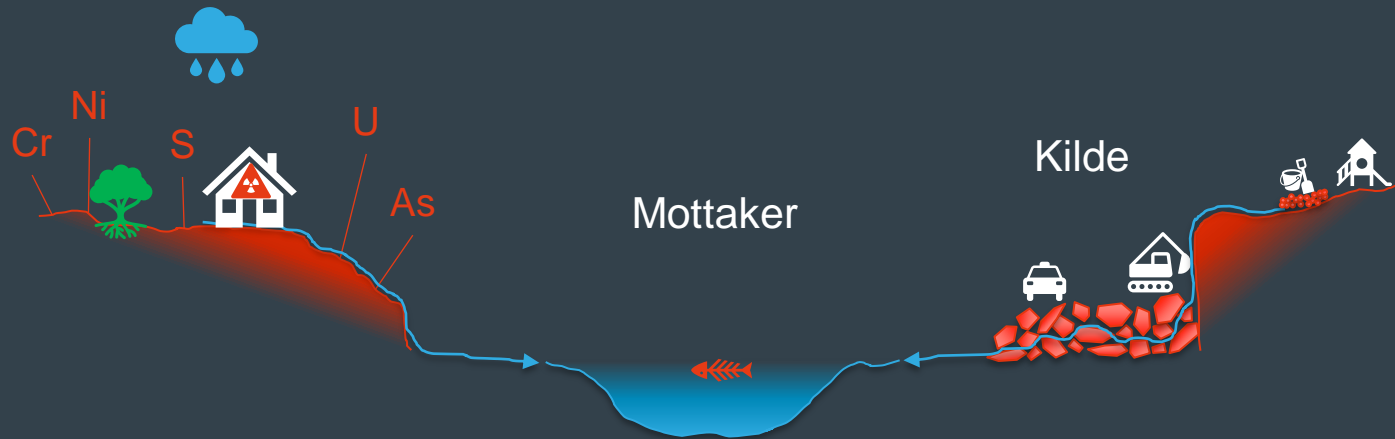
<https://books.gw-project.org>

Forsyrringsrate Syrepotensial



Veien videre

- Hva er grensen for forsuring?
- Hvor kommer metallene fra?
- Hva bestemmer utlekkingspotensiale?
- Hvordan kan graden og raten av forsuring fra sprengstein forutsees fra fast fjell?
- Hvilke analyse/felt metoder må benyttes?





TAKK og gjerne ta kontakt med oss!!