

# Miljøringen 25 år

## Alunskifer i 25 år – og hva nå

Figurer

# Alunskifer i 25 år – er vi blitt noe klokere?

- Hvilke egenskaper har dette materialet?
- Katalysatorer
- Spesifikt overflateareal
- Bakken spratt opp og slo – surprise eller vann i bevegelse?
- RIF veileder – er det noe nytt i her
- NRD – ARD
- Syredannende vedtatt.... Men kan dette unngås, kan bergartenes sorte får temmes?
- Så raskt kan det gå men trenger det egentlig det? Hva er det du finner på!
- I stedet for å gi tyn... hva med fortykning
- Sustainable solutions Black shale
- Tørt - Relativ fuktighet – Vått
- Mekaniske egenskaper kan endre seg over kort tid
- Dynamisk eller statisk
- Bakgrunnsverdier – kan disse benyttes
- Vi er jo omgitt av disse elementene og vi trenger dem i små eller enda mindre doser
- Miljøindikatorer, vekslingen i Tøyen
- Snittet fra RKV
- Tilstandsklasser – er dette så ille?
- Rådene blir dyre de løses jo i syre
- SEM – storeslem? Hvor mye kan vi satse?

# Vi mennesker gjør mye godt, og noe ikke så godt

- Overskuddsmasser av alunskifer har i tidligere tider blitt plassert eller dumpet der det har passet uten særlig bekymring for mulig miljøpåvirkning
- Ser vi 25 år tilbake til 1993, hva ble gjort på 90 tallet?
- Dittenkvartalet i Oslo er ett eksempel...
- .... og etterspillet



3568 x 2335  
Osloinner | Byen i forandring  
arkiv.nrk.no



Dittenvartalet — urban mutasjon - Arkite...  
arkitektur-n.no



Fil:Dittenvarkomplekset Akersgata 55...  
no.wikipedia.org



Osloinner | Byen i forandring  
arkiv.nrk.no



Dittenvartalet — urban m...  
arkitektur-n.no



Osloinner | Byen i forandring  
arkiv.nrk.no



Dittenvartalet — urban m...  
arkitektur-n.no



Regjeringskvaralet – Wikipedia  
no.wikipedia.org



3568 x 2335 - Bilder kan være beskyttet av opphavsrett. Finn ut mer - Opphavsrett til bildet

### Osloinner | Byen i forandring

NRK  
Dittenvartalet 13. mai 1993, der tinghuset, vg-huset og Ibsen parkeringshus kom etter hvert.

Besøk Del

#### Relaterte bilder:



Se flere

Få hjelp - Send tilbakemelding

## Spørsmål/interpellasjon til kommunestyrets møte 25.10.17

Arkivsaknr	17/4706-8
Arknr.:	033 &29

Meldt av:	Marthe Arnesen
Parti:	Miljøpartiet De Grønne
Mottatt dato:	20.10.2017

### ALUNSKIFERDEPONIET PÅ TARALDRUD

Miljøpartiet De Grønne er fortsatt svært bekymret for alunskiferdeponiet på Taraldrud, og lurer på hva status er for opprydningen av deponiet. Deponiet kan som kjent forurense både drikkevannet i Gjersjøen, lekket tungmetaller og spre radioaktiv forurensing til områdene i nærheten. Vi ser på dette som et alvorlig miljøproblem, som potensielt kan føre til helse - og miljøkatastrofe.

Vi viser til vedtak 14/15 og 30/16 i Plan og byggesaksutvalget, hvor det ble etterlyst og vedtatt at det skal foreligge en godkjent tiltaksplan for opprydding av alunskiferdeponiet på Taraldrud.

Spørsmål til ordfører:

1. Hva er status på opprydningen av alunskiferdeponiet på Taraldrud?
2. Hvilke virkemidler vil kommunen bruke for å sikre fremgang i denne saken, og følge opp vedtakene gjort i 2015 og 2016?
3. Når kan vi forvente en ferdigstillelse av både tiltaksplanen og selve opprydningen av deponiet?

### ORDFØRERS SVAR:

Saken ble i 2006 overført til Fylkesmannen som forurensningsmyndighet og det var Fylkesmannen som rettet pålegget mot forurenser.

Fylkesmannen vurderte senere saken som svært kompleks og at den kunne skape presedens. Fylkesmannen valgte derfor å oversende saken til Miljødirektoratet i 2015. Siden da er det Miljødirektoratet som har vært forurensningsmyndigheten.

Miljødirektoratet valgte i mai 2016 å gi avslag på omdisponering av deponerte alunskifermasser og stilte krav nye utredninger (tiltaksplan) innen november 2016. På grunn av behov for tilleggsutredninger for å avklare konsekvenser for E6 ble fristen utvidet til 30. april 2017. Ski

### Fotodokumentasjon



Figur 1. Containere med homogeniserte masser klare for levering NOAH Langøya.



Figur 2. Ferdig tildekkede containere klare for levering.

# Vedlegg 1 - analyseresultater homogeniserte masser

Grunn som danner syre.....

Det ble tatt ut tre parallelle prøver av massene som viste omtrent samme analyseverdier.

Deres prøvenavn	Taralrud A jord 05.12.13			
Labnummer	N00282357			
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode
Tørrstoff (E)	84.6	8.46	%	1
Al (Aluminium)	12900	2590	mg/kg TS	1
As (Arsen)	2.53	0.50	mg/kg TS	1
Cd (Kadmium)	<0.10		mg/kg TS	1
Cr (Krom)	17.9	3.58	mg/kg TS	1
Cu (Kopper)	29.5	5.90	mg/kg TS	1
Fe (Jern)	33400	6670	mg/kg TS	1
Mn (Mangan)	305	61.0	mg/kg TS	1
Ni (Nikkel)	38.3	7.6	mg/kg TS	1
Pb (Bly)	6.9	1.4	mg/kg TS	1
Zn (Sink)	66.0	13.2	mg/kg TS	1
U (Uran)*	24.4	4.9	mg/kg TS	1
TOC	3.66		% TS	2
TIC	0.260	0.027	% TS	3

Deres prøvenavn	Taralrud B jord 05.12.13			
Labnummer	N00282358			
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode
Tørrstoff (E)	83.0	8.30	%	1
Al (Aluminium)	13200	2640	mg/kg TS	1
As (Arsen)	2.23	0.44	mg/kg TS	1
Cd (Kadmium)	0.22	0.04	mg/kg TS	1
Cr (Krom)	20.6	4.12	mg/kg TS	1
Cu (Kopper)	30.7	6.14	mg/kg TS	1
Fe (Jern)	34200	6840	mg/kg TS	1
Mn (Mangan)	312	62.4	mg/kg TS	1
Ni (Nikkel)	47.5	9.5	mg/kg TS	1
Pb (Bly)	6.4	1.3	mg/kg TS	1
Zn (Sink)	75.5	15.1	mg/kg TS	1
U (Uran)*	31.1	6.2	mg/kg TS	1
TOC	3.56		% TS	2

Tilstandsklasse/ Stoff	1	2	3	4	5
	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Arsen	< 8	8-20	20-50	50-600	600-1000
Bly	< 60	60-100	100-300	300-700	700-2500
Kadmium	<1,5	1,5-10	10-15	15-30	30-1000
Kvikksølv	<1	1-2	2-4	4-10	10-1000
Kobber	< 100	100-200	200-1000	1000-8500	8500-25000
Sink	<200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-25000
Krom (III)	<50	50-200	200-500	500-2800	2800-25000
Krom (VI)	<2	2-5	5-20	20-80	80-1000
Nikkel	< 60	60- 135	135-200	200-1200	1200-2500
∑PCB <sub>7</sub>	< 0,01	0,01-0,5	0,5-1	1-5	5-50
DDT	<0,04	0,04-4	4-12	12-30	30-50
∑PAH <sub>16</sub>	<2	2-8	8-50	50-150	150-2500
Benzo(a)pyren	< 0,1	0,1-0,5	0,5- 5	5 -15	15-100
Alifater C8-C10 <sup>1)</sup>	< 10	≤10	10-40	40-50	50-20000
Alifater > C10-C12 <sup>1)</sup>	< 50	50- 60	60-130	130-300	300-20000
Alifater > C12-C35	< 100	100-300	300-600	600-2000	2000-20000
Trikloretan	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,6	0,6-0,8	0,8-1000

De kjemiske analysene dokumenterer ikke at dette er masser med et fortsatt syredannende potensiale. Her må analysen inkludere svovel og i tillegg må det utføres XRD (mineralidentifikasjon) for å bekrefte at det fortsatt er sulfider i massene eller om de er omdannet (oksidert) til sulfater.

1	KARO
1	KARO
1	KARO

### Analyseparametre - ukeblandprøver:

Partikler (SS), pH, ledningsevne, jern (Fe), mangan (Mn), arsen (As), vanadium (V), aluminium (Al), kobolt (Co), krom (Cr), kobber (Cu), sink (Zn), nikkel (Ni), bly (Pb), uran (U), thorium (Th), strontium (Sr) og molybden (mo).

Alle metaller analyseres som løst etter filtrering (0,45 µm).

### 7.2.2 Snipetjernsbekken oppstrøms og nedstrøms

På stasjonene i Snipetjernsbekken tas det ut stikkprøver av vannkvalitet hver 14. dag som støtte for resultater samlet inn ved on-line måling.

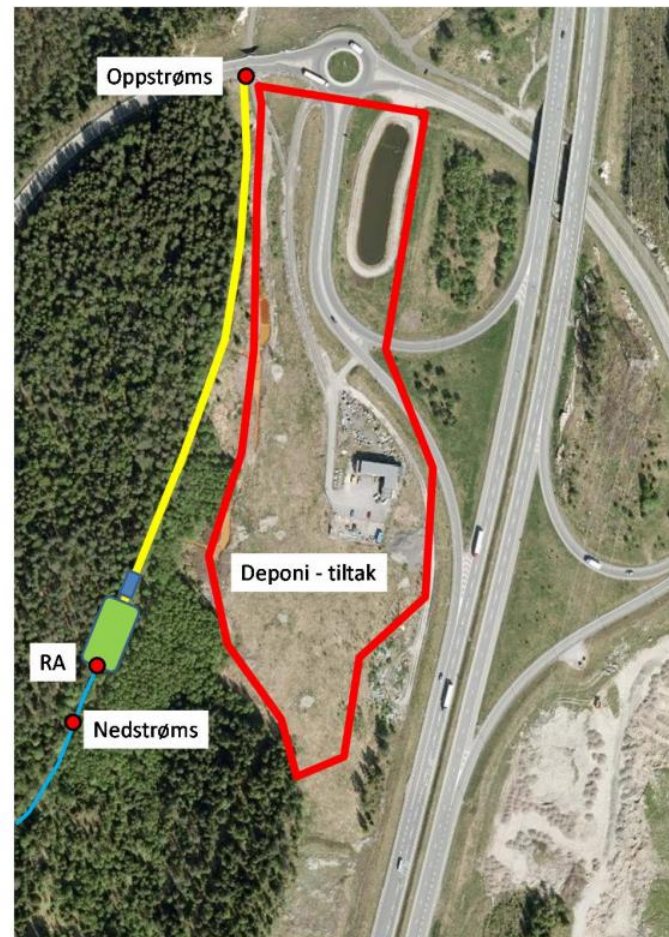
En bør i slike vurderinger inkludere vannmengden i resipient og volum som lekker ut for å kunne vurdere risiko. Stikkord: Bakgrunnsverdier



#### Forslag til resipientmål Snipetjernsbekken (veiledende grenseverdier):

- pH skal ikke variere ut over intervallet [6,9]
- Turbiditet < 400 NTU
- Mengde partikler i blandprøve < 200 mg SS/l
- Løste metaller skal ikke overstige grenseverdi klasse III (TA-3001/2012)
- Unntaket er nikkel, skal ikke overstige 40 µg Ni/l (målt konsentrasjoner på over 30 µg Ni/l i bekken etter deponiet).
- Uran skal ikke overstige 15 µg U/l (uran er ikke beskrevet i TA-3001/2012, målt i konsentrasjoner opp til 13 µg U/l i bekken etter deponiet. WHO bruker i dag en grenseverdi på 30 µg U/l for drikkevann, mens det tidligere var 15 µg U/l).

Fortsettelse av miljøoppfølging utover et års varighet vurderes på bakgrunn av en sammenstilling av innsamlede resultater. Programmet skal ta utgangspunkt i EUs nye klassifiseringssystem for økologisk og kjemisk tilstand for ferskvann. Det tas bunndyrprøver og prøver av begroingsalder oppstrøms og nedstrøms anlegget før oppstart og etter at arbeidene er avsluttet.



Figur 1. Prinsippkisse som viser stasjoner for miljøovervåking; (1) Oppstrøms, (2) Rensanlegg og (3) Nedstrøms. Viser også deponiareal med forurensete masser (rød), kulvert for bekkelukking (gul), bekk (lyseblå) og rensetiltak containere (blå) og våtmarksfilter (grønn).

# Materialeegenskaper alunskifer

- Kamelon i bergmekaniske egenskaper
- Den kan fremstå rank og fin og vise styrke, men har ikke som de fleste bergarter evighetens perspektiv
- Derfor også byggeskikk i Oslo sentrum med terrassering av den opprinnelig skrånende terrengoverflaten fra krysset Akersgata x Grensen og i retning Oslo S og Akershus festning
- **Bakken spratt opp og slo – surprise eller vann i bevegelse?**



Vann + alunskifer = litt av hvert

Innfesting?

Røde piler:  
Veggen  
presses ut

Gult rektangel:  
Vegg er fundamentert  
Direkte på skiferen  
Det er fare for at hele  
veggflaten kan  
kollapse.

Legg merke til  
guldfargen (sulfater)  
som øker opp mot  
betongdekket



## Drenert løsning Høydesprang

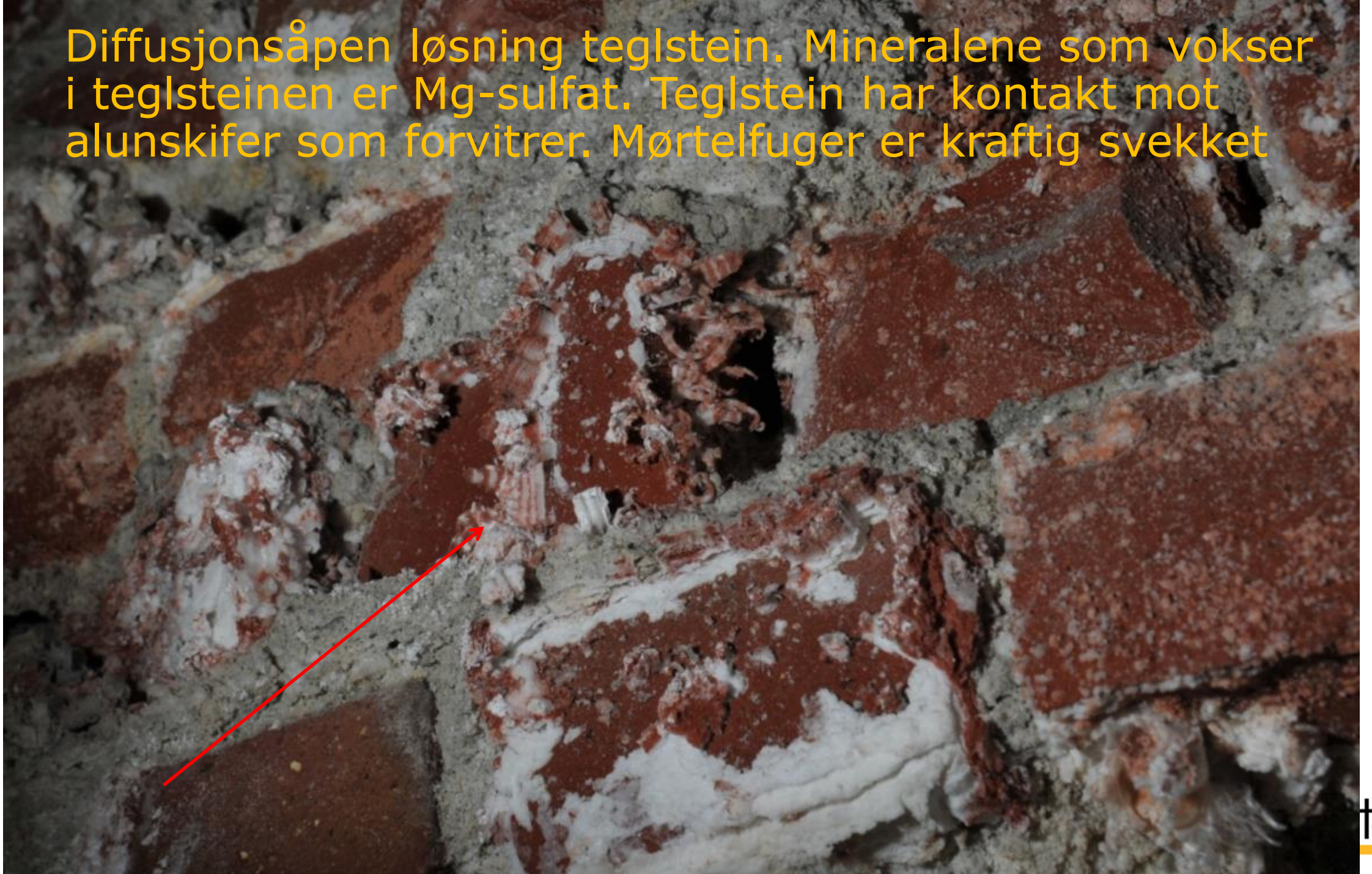
Fargene her viser oksy-hydroksider. pH i vannet er da  $\text{pH} > 4$ . Jern-oksy-hydroksider vil når de feller ut (først som amorf masse) fange opp mange tungmetaller og aluminium og uran

# Pumpesumper for grunnvann er forhåpentligvis fortid



Grunnvannspumper har vært vanlig i de fleste bygårder i Oslo sentrum. Resultatet er vann i bevegelse gjennom elle ri kontakt med alunskifervolumer. Dette er kilde til høye kostander og redusert levetid

Diffusjonsåpen løsning teglstein. Mineralene som vokser i teglsteinen er Mg-sulfat. Teglstein har kontakt mot alunskifer som forvitrer. Mørtelfuger er kraftig svekket



I pukklaget under eksisterende betonggulv er pukken dekket av et gult lag fra svovelmineraler (Fe-sulfater). Disse observasjoner indikerer at underliggende leirskifer har svovelforbindelser (sulfider) som ved forvitring (oksidasjon) går over til gips (Fe/Al-sulfater) og Jarositt (Fe-sulfat).

DIFFUSJONSÅPEN LØSNING. Relativ fuktighet avtar og temperatur øker opp mot det tynne betongdekket. Da felles sulfatene ut som et gult belegg på inerte tilkjørte masser



# Føringer for prosjektering på svarte leirskifre

- **Prosjekterende fag må få riktig grunnlag for sin prosjektering**
- ARK: Overordnet planlegging areal og volum
- RIB: Dimensjoneringsgrunnlag, fundamenteringsløsninger, plassering diffusjonstette løsninger (A, B, C), tykkelse bunnplate, kote graveplan, kvalitet på bergoverflater.
- RIV: Plassering VA, ikke blande grunnvann og bruksvann, fordrøyningsløsning – ikke til grunn. Kommunikasjon over eiendomsgrenser (vann inn/ut, sprinkler, fjernvarme)
- RIE: Jordspyd, jording, tilpasning diffusjonstett sjikt
- RIByFy: Konflikt diffusjonsåpen løsning og forvitring/fukt som gir forvitring i alunskifer. Særlig overgang over/under terreng (teglsteinsgårder) (Temperaturendringer, kondens, offerpuss med mer.)
- RIM: Miljøkrav og kontrollrutiner (tiltaksplan, MOP), dokumentasjon deponikategori
- **Det er alt for mange eksempler på suboptimalisering og feilprosjektering grunnet for lite samhandling mellom de ulike prosjekterende disipliner**

# Forvitring

- Forvitring i svarte leirskifre skyldes tilgang på fukt/vann/oksygen.
- Alle forvittringsmineraler som dannes inneholder oksygenmolekyler og vannmolekyler
- $\text{FeS}_2 \rightarrow (\text{Fe})_a(\text{SO}_4)_b \cdot x\text{H}_2\text{O}$  (sulfider omdannes til sulfater)
- Alle sulfatmineraler har vannmolekyler tilknyttet krystallstrukturen
- Vann/fukt i bevegelse er viktig(igste) kilde til forvitring!
- Vann/fukt i bevegelse er derfor årsak til miljøbelastning
- Fukt gir volumutvidelser (årsak til utvikling av svelletrykk)



# Syredannende potensiale

- Syredannende **potensiale** er en vurdering av et worst case og er en forenkling av en ABA test (Acid-Base-Accounting) som er mye benyttet i gruveindustrien.
- Denne testen forutsetter at alt i bergarten er løselig og kan frigjøres til en vannfase.
- Det vurderes ikke over hvor lang tid denne frigjøringen (utlekkningen) vil skje.
- Et potensiale kan realiseres eller en kan velge løsninger slik at det ikke realiseres
- Det er valgene en gjør som avgjør om det syredannende potensiale skal realiseres eller ikke

# Grunn som danner syre

- Forskriftens kapittel 2 omtaler grunn som danner syre. Veilederen til kapittel 2 (§2) omtaler bakgrunnsverdier og hvordan en da kan betrakte masser som forurenset eller ikke med referanse til bakgrunnsverdiene.

# Erfaringer med masselagring av store volumer med alunskifer

- Oppkonsentrering i store volumer
- Vann i bevegelse gjennom/eller i kontakt med massene
- Forvittringsmiljø med akselerert forvitring (innholdet frigis til omgivelsene over et betydelig kortere tidsspenn
- Red-oks prosessene får optimaliserte betingelser
- Uheldige miljøkonsekvenser, vannsig med svært høye konsentrasjoner tungmetaller, uran og aluminium
- De fleste mineralene går i oppløsning ved kraftig svovelsyreløsning

# Kriterier for realisering av syredannende potensiale (1)

- De viktigste forvittringsprodukter er:
  - Ved pH ca. 3 - 4 eller lavere: sulfatforbindelser (vannløselige)
  - Ved pH  $>$  ca. 4 - 5  $<$  6: hydroksider (rustfargede utfellinger)
  - Ved pH ca. 6 – 8: syredannende reaksjoner skjer så langsomt at materialet ikke anses som syredannende.
  - Ved nøytrale pH verdier frigjøres grunnstoffer fra alunskifer som ikke bidrar til red-oks prosessene: Nikkel, molybden, uran. Disse er vanligvis på ioneform (dokumentert ved å sammenlikne filtrert og ufiltrert vannanalyse).

# Kriterier for realisering av syredannende potensiale - volum (2)

- Det forutsettes et minste volum alunskifermasser for å realisere det syredannende potensiale.
- Det er kontaktarealet mellom overflaten til sulfidmineralkorn og fukt/oksygen som *samtidig* eksponeres for fukt/oksygen/passe mengder vann som avgjør om det syredannende potensialet realiseres
- Er volumet for lite, vil ikke det syredannende potensialet kunne realiseres
- Et forvittringsmiljø der et det ikke skjer en reduksjon av pH, vil ikke være et akselerert forvittringsmiljø. Eventuell frigjøring av metaller vil da foregå over et lengre tidsspenn

# Kriterier for realisering av syredannende potensiale - vann (3)

- Realisering av det syredannende potensialet forutsetter i tillegg til et minste volum en *passe mengde* vann.
- For mye vann vil vaske ut forvittringsmaterialet og de katalysatorene (jern- og eller svovelbakterier, eller  $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$ ) som er nødvendige i den akselererte forvittringsprosessen som gir redusert pH.
- For lite vann vil medføre at det kan over tid dannes sulfatmineraler og/eller hydroksider gitt at volumet er større enn det nødvendige *minste volumet*.

# Hvilke valg har vi for å eliminere det syredannende potensialet?

- Unngå/hindre tilgang på vann. Uten vann ingen forvitring der sulfatmineraler eller hydroksider kan dannes.
  - Ligger alunskifermasser tørt realiseres ikke det syredannende potensialet.
- Fordele massene slik at de er under *minstevolumet* (egentlig det samlede overflateareal av jernsulfid) for å kunne utvikle et akselerert forvitningsmiljø med utvikling av redusert pH.
  - Ved samblending med inerte masser og samtidig fordele disse samblandete massene tilstrekkelig, vil innholdet av alunskifer i massene være under minstevolumet for å igangsette et akselerert forvitningsmiljø. Massene kategoriseres da heller ikke som «grunn som danner syre...»
- La vanngjennomstrømningen være så stor at utvikling av et akselerert forvitningsmiljø hindres (katalysatorene igangsettes ikke)

## Acid mine drainage I: chemical reactions for oxidation of sulfides

Many ore deposits from which humans extract metals like copper and zinc are rich in sulfide minerals. For example, copper is commonly mined from rocks rich in chalcopyrite ( $\text{CuFeS}_2$ ) and zinc is commonly mined from rocks rich in sphalerite ( $\text{ZnS}$ ). Such rocks are commonly also rich in pyrite ( $\text{FeS}_2$ ).

As mining exposes these pyrite-rich rocks to the atmosphere, and/or leaves behind pyrite in contact with the atmosphere, the sulfur is oxidized from its reduced condition  $\text{S}^{2-}$  or  $\text{S}^0$  to its oxidized state ( $\text{S}^{6+}$ ).

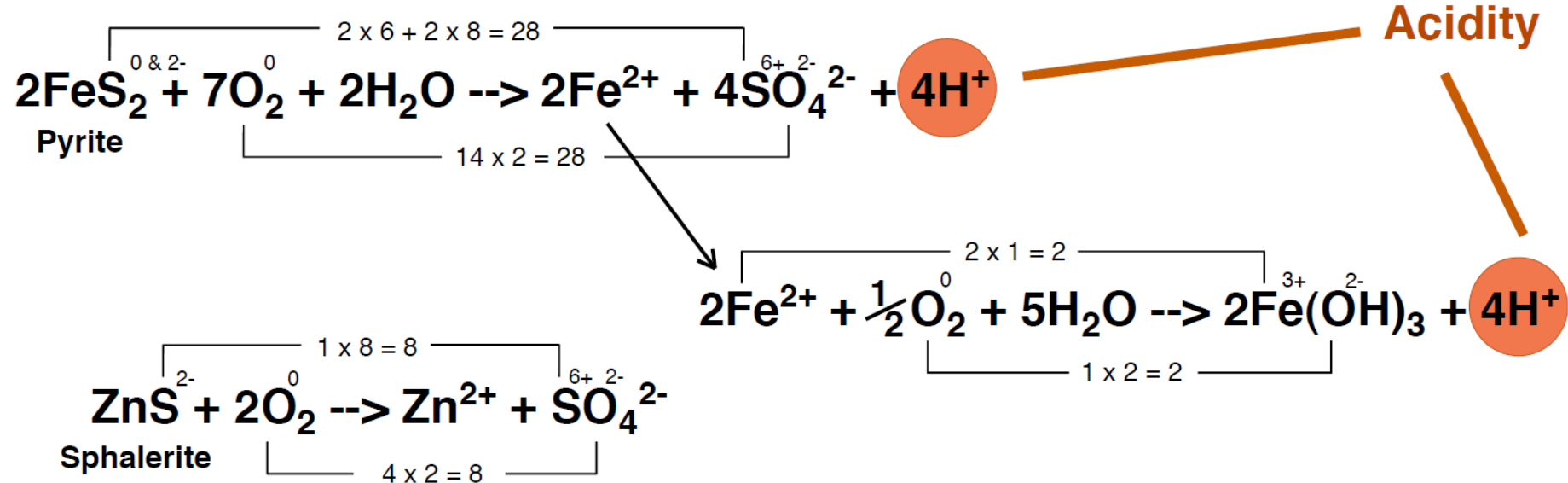
The inevitable result is the generation of acidic solutions, as is shown below. The waters draining from mines are thus commonly very acidic, and those waters are called "acid mine drainage".

The same reactions take place when pyrite-rich rocks are exposed to the atmosphere by natural erosion. Thus some acidity may be found in streams in regions of unmined pyrite-rich rocks. However, mining greatly accelerates exposure of pyrite to the atmosphere and thus commonly produces much more acidic drainage than the waters

produced by natural erosion and weathering.

The generation of acidity occurs with the oxidation of pyrite and marcasite ( $\text{FeS}_2$ ) and, to a lesser extent, with pyrrhotite ( $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ ). However, as  $x$  goes to zero and the stoichiometry of a sulfide goes to  $\text{MeS}$  (as in sphalerite), the generation of  $\text{H}^+$  goes to zero as well (as is shown in the oxidation reaction for sphalerite below).

Part II of this series looks at some data from mines and considers further the chemistry of waters in those mines.





Figuren viser hvorfor det er så viktig å være innen for NRD området.

Ved  $\text{pH} < 5$  vil bakterier akselerere redoks reaksjonene.

Det er flere ti-er potenser i forskjell i reaksjonshastigheter.

Det er i hovedsak to katalysatorer:

1. Ved ca.  $3 < \text{pH} < 6$  Biologisk (bakterier; jern og svovelbakterier)
2. Ved  $\text{pH} < 3$  (4)  $\text{Fe}^{2+}$  og  $\text{Fe}^{3+}$

Det er  $\text{Fe}^{2+}$ - $\text{Fe}^{3+}$  katalysatoren som er mest effektiv

Er ikke disse katalysatorene tilstede, vil det ikke utvikles et akselerert forvitringstiljø.

Dette kan da tilsvare et rent uorganisk forvitringstiljø

Figure 2-4: Diagram Showing ARD, NMD, and SD as a Function of Sulphate Concentrations

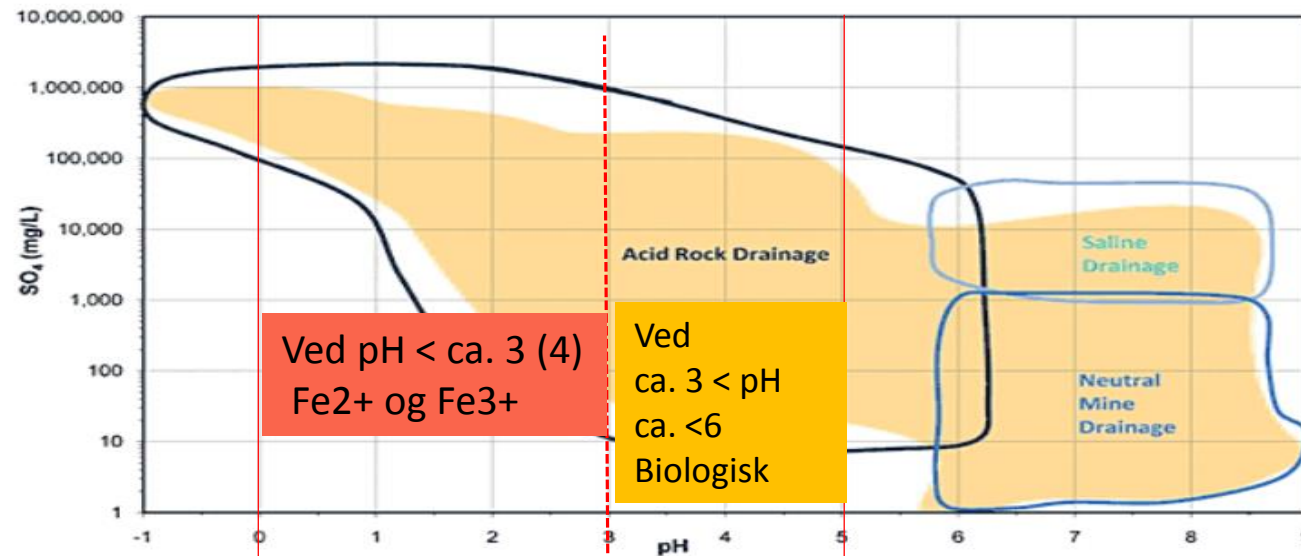
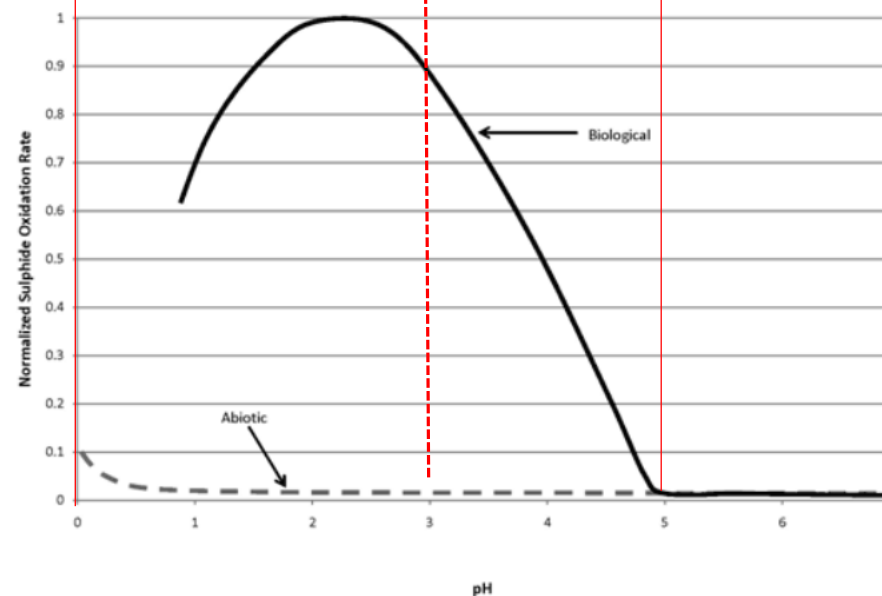


Figure 2-9: Schematic Illustration of Normalized Sulphide Oxidation Rates with and without Bacterial Mediation (after Robertson and Broughton, 1992)

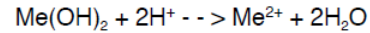


## Acid mine drainage II: patterns in acid mine drainage

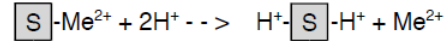
Part I of this series discussed the chemical reactions of acid mine drainage. The plots below show data from mine drainage waters in a variety of mines. The concentration of selected heavier metals is shown on the vertical axis, and pH is shown on the horizontal axis. There are at least four things to note:

1) The overall trend toward greater concentration of metals in more acidic (lower pH) waters. That can be viewed two ways, one in terms of the effect of acidity on metals that would normally be housed in solid

hydroxide minerals:



and the other in terms of release of adsorbed cations from mineral surfaces (S) in response to greater acidity:

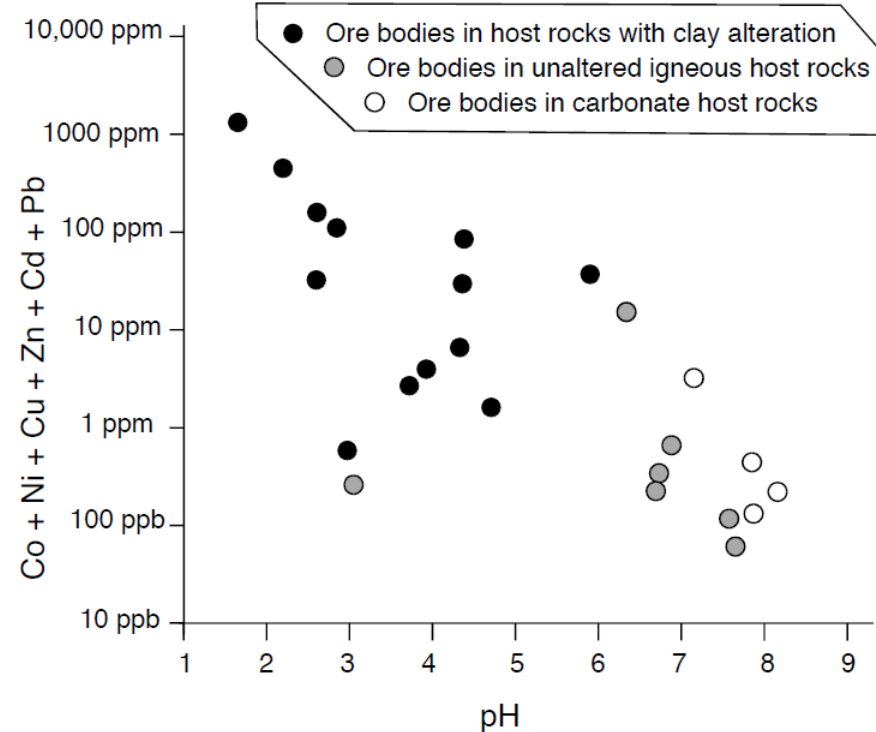
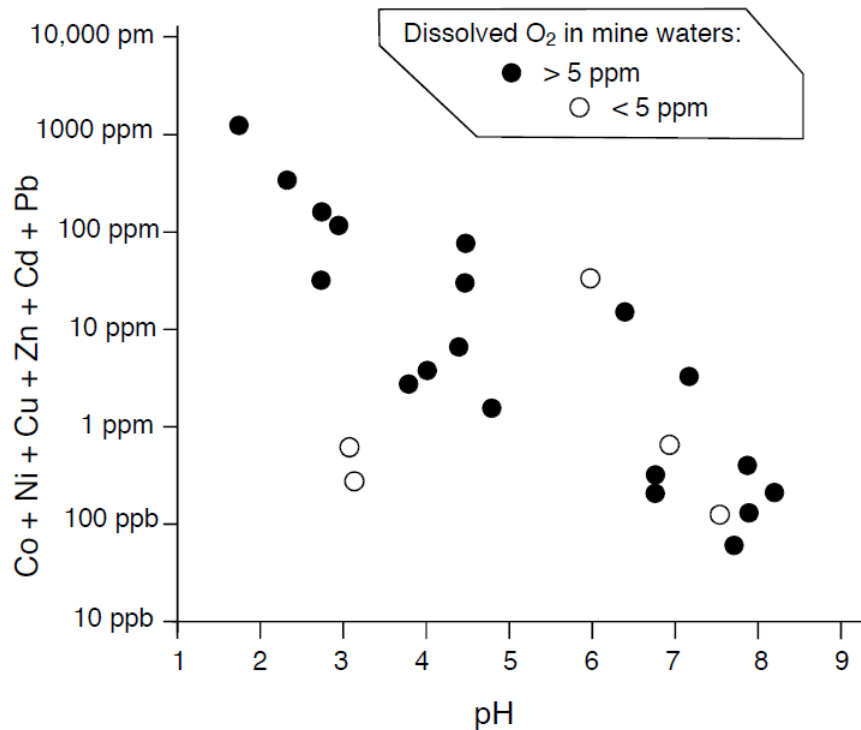


For more on the latter, see the *SFMG* page on "Adsorption of cations, and adsorption isotherms".

2) The extremely large concentrations of metals and extremely low pH of the waters plotting at the upper left of these graphs. They are "extreme" in the sense that no natural waters have these characteristics.

3) The slight tendency toward lesser concentrations of metals and greater pH in mines where the concentration of  $\text{O}_2$  is smaller (as on the plot at left). That makes sense, because  $\text{O}_2$  is needed to sustain the oxidation of sulfides that causes acidity with  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

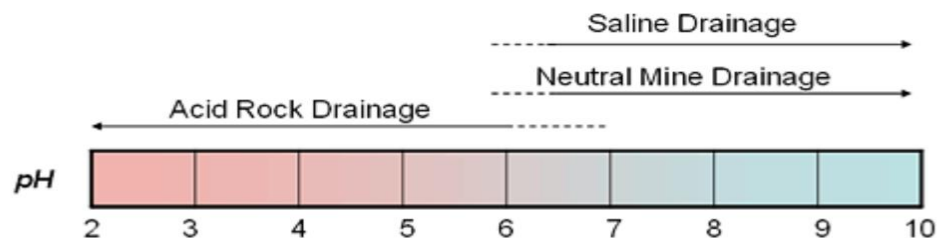
4) The greater concentration of metals and lower pH in mines hosted by clay-rich rocks that have little capacity to buffer acidity (as on the plot at right). On the other hand, mines in carbonate rocks that can buffer acidity have waters with smaller concentrations of metals and higher pH.



Data are from Plumlee, G.S., Smith, K.S., Ficklin, W.H., and Briggs, P.H., 1992, Geological and geochemical controls on the composition of mine drainages and natural drainages in mineralized areas, in Kharaka, Y.K., and Maest, A.S., Water-

rock interaction: Proceedings of the 7th International Symposium on Water-rock Interaction, Vol. 1: Rotterdam, A.A. Balkema, p. 419-422.

## Typical relation to drainage pH:



## Typical drainage characteristics:

Acid Rock Drainage:	Neutral Mine Drainage:	Saline Drainage:
<ul style="list-style-type: none"> <li>acidic pH</li> <li>moderate to elevated metals</li> <li>elevated sulphate</li> <li>treat for acid neutralization and metal and sulphate removal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>near neutral to alkaline pH</li> <li>low to moderate metals. May have elevated zinc, cadmium, manganese, antimony, arsenic or selenium.</li> <li>low to moderate sulphate</li> <li>treat for metal and sometimes sulphate removal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>neutral to alkaline pH</li> <li>low metals. May have moderate iron.</li> <li>moderate sulphate, magnesium and calcium</li> <li>treat for sulphate and sometimes metal removal</li> </ul>

Tabell 3. Grunnstoff som frigjøres ved nøytrale pH verdier. Det må bemerkes at grunnstoffene listet opp i tabellen også inkluderer grunnstoffer som frigjøres ved red-oks prosesser (som danner H<sup>+</sup> ioner) og dermed kan påvirke pH i vannet. Grunnstoffer som ikke bidrar i red-oks prosesser (som ikke påvirker pH verdien i vannmiljøet) er vist med uthevet skrift

Grunnstoff	Observert i vannanalyser med nøytral pH fra svart leirskifer (alunskifer)	Kommentar
<b>Antimon (Sb)</b>	(x)	Ikke ofte analysert
<b>Arsen (As)</b>	X	
<b>Kadmium (Cd)</b>	X	
Krom (Cr)	-	Ikke observert ved nøytral pH, løses ut ved lav pH
Kobolt (Co)	-	Ikke ofte analysert
Kobber (Cu)	-	Lave konsentrasjoner, øker betydelig ved lav pH
Jern (Fe)	moderat	
<b>Mangan (Mn)</b>	X	Karakteristisk ved nøytral pH
Kvikksølv (Hg)	-	Svært lave konsentrasjoner i <a href="#">svarte</a> leirskifere
<b>Molybden (Mo)</b>	X	Signifikant ved nøytral pH
<b>Nikkel (Ni)</b>	X	Signifikant ved nøytral pH
Selen (Se)	(x)	Ikke ofte analysert
<b>Sulfat (SO<sub>4</sub>)</b>	X	Variierer
<b>Uran (U)</b>	X	Signifikant ved nøytral pH
<b>Sink (Zn)</b>	X	Signifikant ved nøytral pH

Grenseverdier drikkevann			
	Kjemisk tegn	Grenseverdi	enhet
Antimon	Sb	5,0	µg/l
Arsen	As	10	µg/l
Bly	Pb	10	µg/l
Bor	B	1	mg/l
Fluorid	F	1,5	mg/l
Kadmium	Cd	5,0	µg/l
Kobber	Cu	2,0	mg/l
Kvikksølv	Hg	1,0	µg/l
Nikkel	Ni	20,0	µg/l
Nitrat	NO3	50,0	mg/l
Selen	Se	10,0	µg/l
Tiltaksgrenser			
Aluminium	Al	0,2	mg/l
Ammonium	NH4	0,50	mg/l
Jern	Fe	0,2	mg/l
Klorid	Cl	250	mg/l
Ledningsevne	mS/m	250	
Mangan	Mn	0,05	mg/l
Natrium	Na	200	mg/l
pH		6,5-9,5	
Sulfat	SO4	250	mg/l
TOC		ingen unormal endring	
Sink	Zn	?	
Molybden	Mo	?	
Uran	U	?	
Radon	Rn	?	

Nr	Navn på Navn substans	CAS-nr. <sup>1</sup>	Ferskvann		Kystvann		Sediment	Biota
8	Dodecylfenol med isomere	121158-58-5, 27193-86-8	0.04	0.17	0.004	0.017	0.0044	
9	Diflubenzuron	35367-38-5	0.004	0.1	0.004	0.1	0.000184	730
10	Teflubenzuron	83121-18-0	0.0025	0.12	0.0025	0.012	0.0000004	609
11	Trifenylytin	892-20-6, 900-95-8, 76-87-9, 639-58-7	0.0019	0.035	0.0019	0.035	3.61E-05	152 (med 100% TDI)
12	PCB7	1336-36-3	2.4E-06		2.4E-06		0.0041	1
13	Kobber	7440-50-8	7.8	7.8	2.6	2.6	84	
14	Sink	7440-66-6	11	11	3.38	6	139	
15	PAH							
	Acenaftylen	208-96-8	1.28	33	1.28	3.3	0.033	
	Acenaften	83-32-9	3.8	3.8	3.8	3.8	0.10	
	Fluoren	86-73-7	1.5	33.9	1.5	6.8	0.15	
	Fenantren	85-01-8	0.5	6.7	0.5	6.7	0.78	
	Pyren	129-00-0	0.023		0.023		0.084	
	Benzo(a) antracen	56-55-3	0.012	0.018	0.012	0.018	0.06	304
	Krysen	218-01-9	0.07	0.07	0.07	0.07	0.28	
	Dibenso(ah)antracen	53-70-3	0.0006	0.014	0.0006	0.014	0.027	
16	Arsen	7440-38-2	0.5	8.5	0.6	8.5	18	
17	Krom	7440-47-3 (Cr metall);	3.4	3.4	3.4	35.8	660	

Det er et paradoks at utslippskrav (påslipp offentlig nett) kan være strengere enn drikkevannskravene

Dette gjelder også M608 fra Miljødirektoratet

	A	B	C	D	E	F
5	Report created: 2018-04-17 by marte.muri					
6	ELEMENT	SAMPLE	Aske 3+- Vann	Aske 3+- Vann filtrert	Slange - Vann	Slange - Vann-filtrert
7	TOC	mg/l	13,2			14
8	Alkalinitet pH 4.5	mmol/l	0,781			3,24
9	Alkalinitet pH 8.3	mmol/l	0,29			<0.150
10	Ledningsevne (konduktivitet)	mS/m	346			359
11	Turbiditet	FNU	373			14,1
12	Suspendert stoff	mg/l	748			7,8
13	pH		9,83			7,69
14	N-total	mg/l	3,29			3,34
15	P-total	mg/l	0,302			<0.050
16	Klorid (Cl-)	mg/l	281			294
17	Sulfat (SO4)	mg/l	1680			1720
18	Nitrat-N (NO3-N)	mg/l	<0.500			<0.500
19	Fosfat-P	mg/l	<0.010			<0.010
20	S (Svovel)	mg/l	652			640
21	Ca (Kalsium)	mg/l	834	521	568	539
22	Fe (Jern)	mg/l	11,7	0,0451	1,83	0,283
23	K (Kalium)	mg/l	86,6	91,5	68,9	69,4
24	Mg (Magnesium)	mg/l	45,9	19,3	46,5	44,8
25	Na (Natrium)	mg/l	379	430	379	406
26	Al (Aluminium)	µg/l	5440	30,1	18	7,54
27	As (Arsen)	µg/l	25,5	2,67	5,78	3,76
28	Ba (Barium)	µg/l	254	46,3	42,4	43,4
29	Cd (Kadmium)	µg/l	49,6	1,84	1,81	1,27
30	Co (Kobolt)	µg/l	271	2,18	66,2	62,1
31	Cr (Krom)	µg/l	32,7	20,6	1,13	<0.5
32	Cu (Kopper)	µg/l	421	5,06	6,02	<1
33	Hg (Kvikksølv)	µg/l	0,0632	<0.02	<0.02	<0.02
34	Mn (Mangan)	µg/l	1390	6,66	1180	1220
35	Mo (Molybden)	µg/l	1410	1360	893	935
36	Ni (Nikkel)	µg/l	2770	932	1880	1900
37	Pb (Bly)	µg/l	10,3	1,48	<0.5	<0.2
38	Zn (Sink)	µg/l	502	6,21	29,7	20,5
39	V (Vanadium)	µg/l	42,7	5,27	1,21	0,173
40	P (Fosfor)	µg/l	436	16	37,1	14,4
41	Si (Silisium)	mg/l	20,2	3,6	7,48	7,21
42	Sr (Strontium)	µg/l	5310	4560	4650	4990
43	B (Bor)	µg/l	443	279	500	494
44	Th (Thorium)	µg/l	2,11	<0.2	0,236	<0.2
45	U (Uran)	µg/l	4310	23	1500	1530
46	Filtrering Oslo					
47						

Legg merke til variasjon i konsentrasjoner i

**Filtrert** prøve

og **ufiltrert** prøve.

Da kan den se hva som er partikkelbundet og hva som er på ioneform.

pH er her bufret/påvirket av sementarbeider.

Oppfølging av vannanalyser i byggeprosjekt må utføres gjennom hele byggeperioden, da vannets kjemiske sammensetning varierer (påvirkes) ulikt.

Akse3+ er påvirket av sementarbeider

Slange vann er samme byggegrop men 30 meter unna

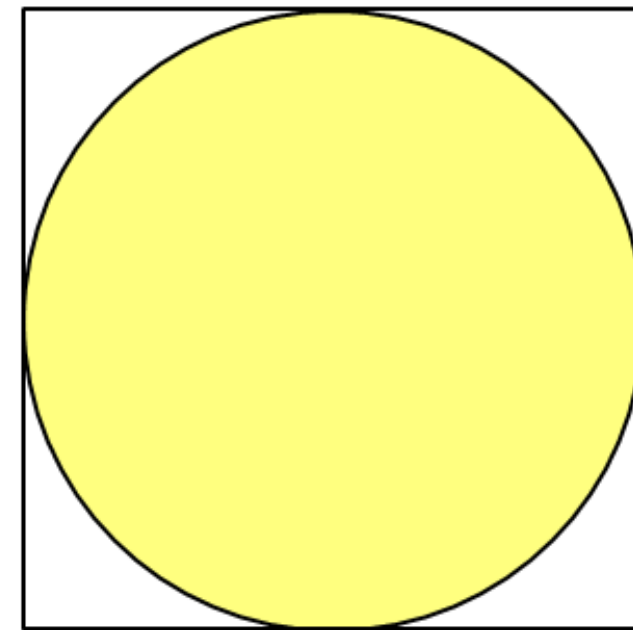
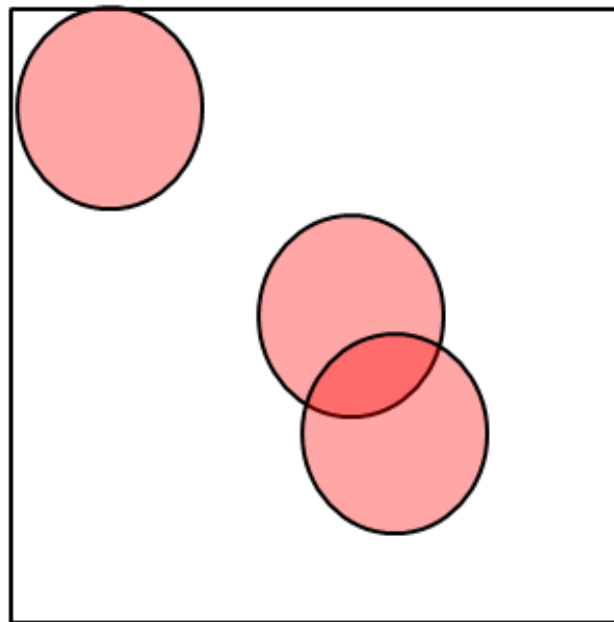
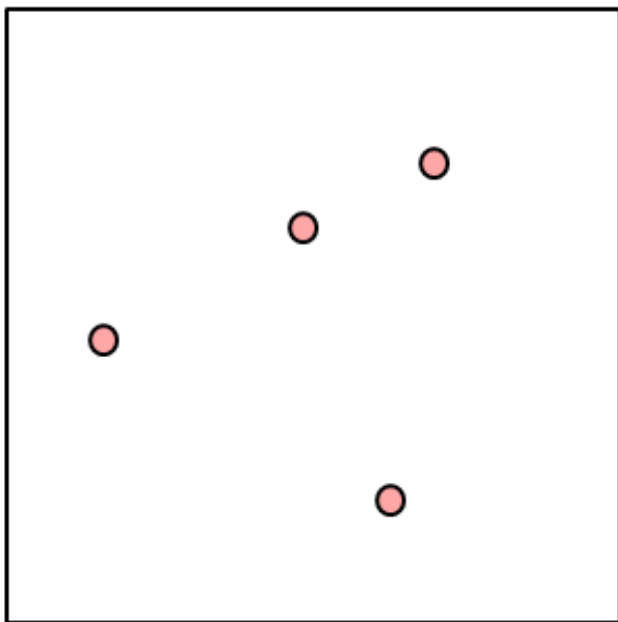
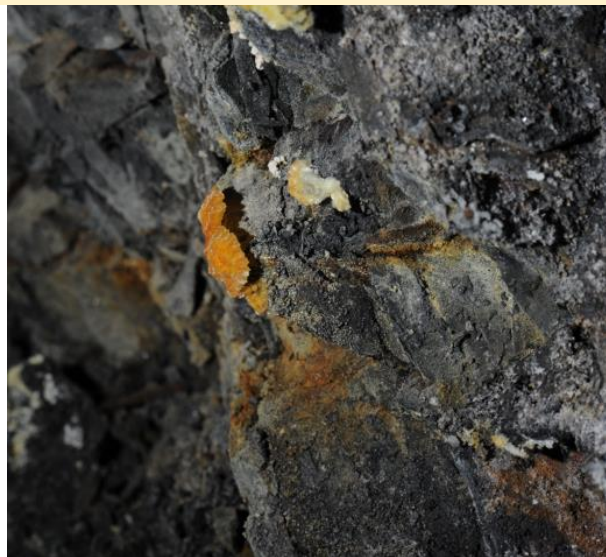
Etasje	Oslo-Asker Formasjon	Oslo-Asker Ledd	Hadeland Formasjon	Hamar Formasjon	NGU inndeling på kart	Mektighet (m)	Alder	
4d					Oslo		Sen Ordovicisk	471-443 mill. år
4cα	<u>Venstøp</u>		Lunner*		Oslo	Oslo 7-10m Lunner fm <185m		
4bδ	Solvang				Oslo	12-20	Midt Ordovicisk	
4bγ	<u>Nakkholmen</u>				Oslo	13-20		
4bβ	Frognerkilen				Oslo	10-20		
4bα	Arrested		Arnestad/ Furuberget	Arnestad/ Furuberget	Oslo	22-40		
4aβ	Vollen			Vollen/ Hovinsholm	Oslo	> 45		
4aα	<u>Elnes</u>	Håkavik Engervik Sjøstrand Helskjer	Elnes	Elnes/Bjørge (inndelt i ledd også i Hedmark)	Oslo	60-80		
3cγ	Huk	Svartodden	Huk3	Svartodden Herran/Stein	Røyken	2-5 m	Tidlig Ordovicisk	
3cβ		Lysaker	Huk2		Røyken	2-5 m		
3cα		Hukodden	Huk1		Røyken	2-5 m		
3bβ		<b>Galgeberg</b>	<b>Galgeberg</b>	<b>Galgeberg</b>	Røyken	5-10 m		
3bα		Hagaberg	Hagaberg	Hagaberg	Røyken	3-8 m		
3aγ	Bjørkås- holmen	Bjørkås- holmen	Bjørkås- holmen	Bjørkås- holmen	Røyken	1-2 m		
3aα, 3aβ	<b>Alunskifer- 3</b>		<b>Alunskifer- 3</b>	<b>Alunskifer-3</b>	Røyken	Ca. 20		
2a-2e	<b>Alunskifer- 2</b>		<b>Alunskifer- 2</b>	<b>Alunskifer-2</b>	Røyken	60~80 m men stor variasjon	Sen kambrium	
1	Alunskifer-1		Alunskifer-1	Alunskifer-1	Røyken		Midt kambrium	
	-		-	<b>Biri Brøttum</b>	Biri Brøttum	1500 m	Eokambrium	

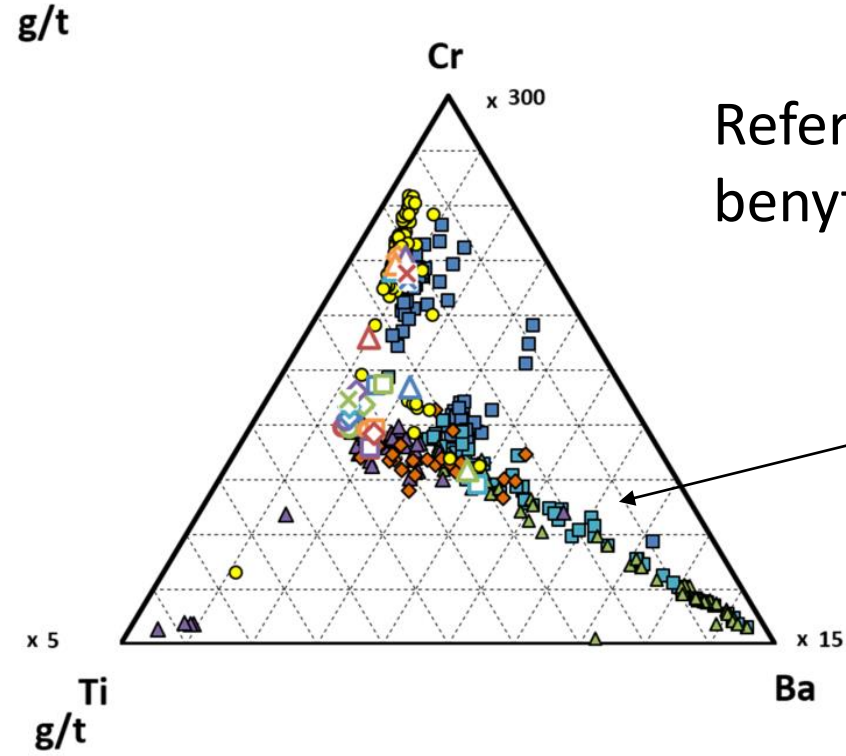
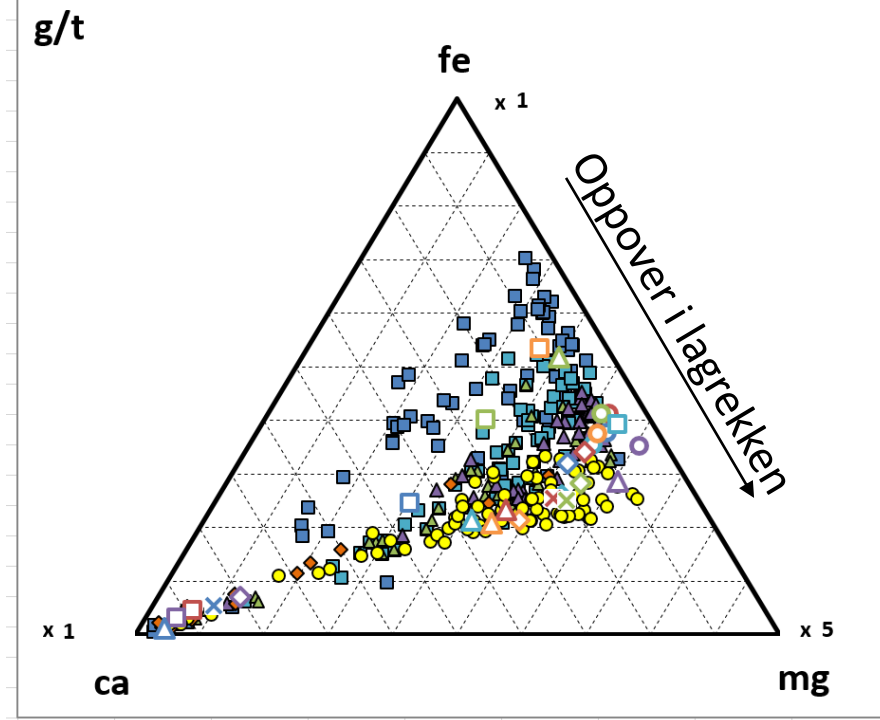
Oslogruppen

Røykengruppen

Kambro-Silurlagrekken.  
Denne gir mye informasjon  
Det anbefales å sette seg  
inn i denne lagrekken

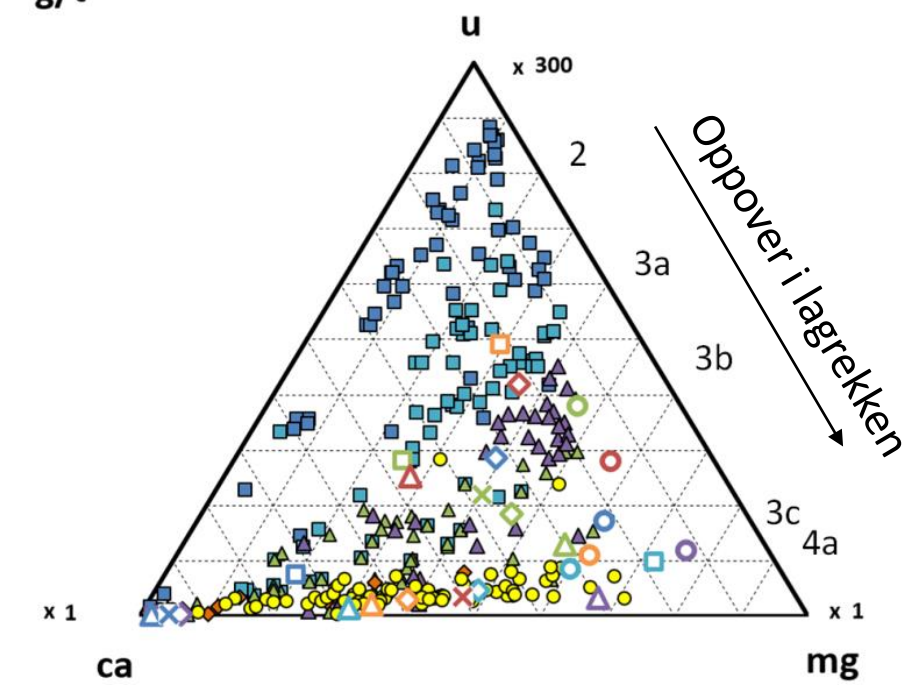
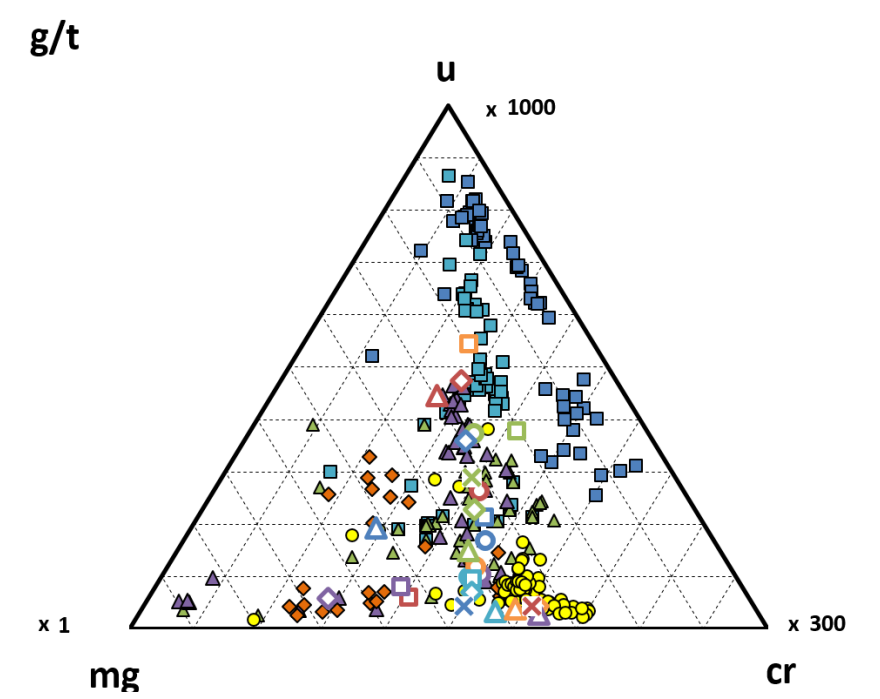
Svovelinnholdet i kjemiske analyser kan vise samme verdier. Men det er kontaktarealet (specific surface area) som bestemmer forvittringshastighet og i hvilket omfang et akselerert forvittringsmiljø kan dannes. Gule farger indikerer tette med ørsmå (4-50  $\mu\text{m}$ ) sulfidkorn  $\text{pH} < 3$ . Rustfarger indikerer her  $\text{pH} > 4$ . Legg også merke til utbredelsen av det gule og den begrensede utbredelsen av de rustbrune fargene



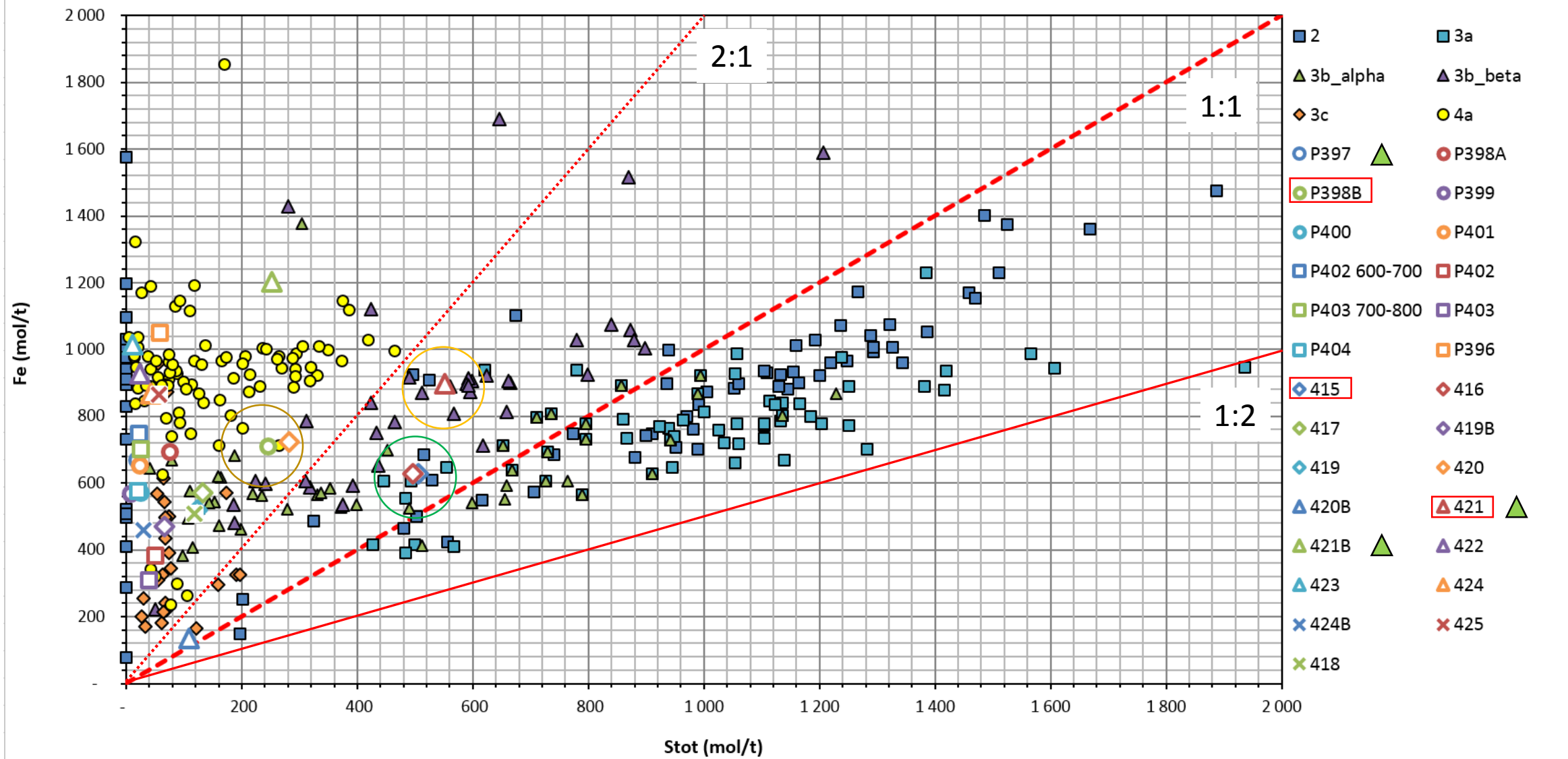


Referanseanalyser benyttes i identifikasjon

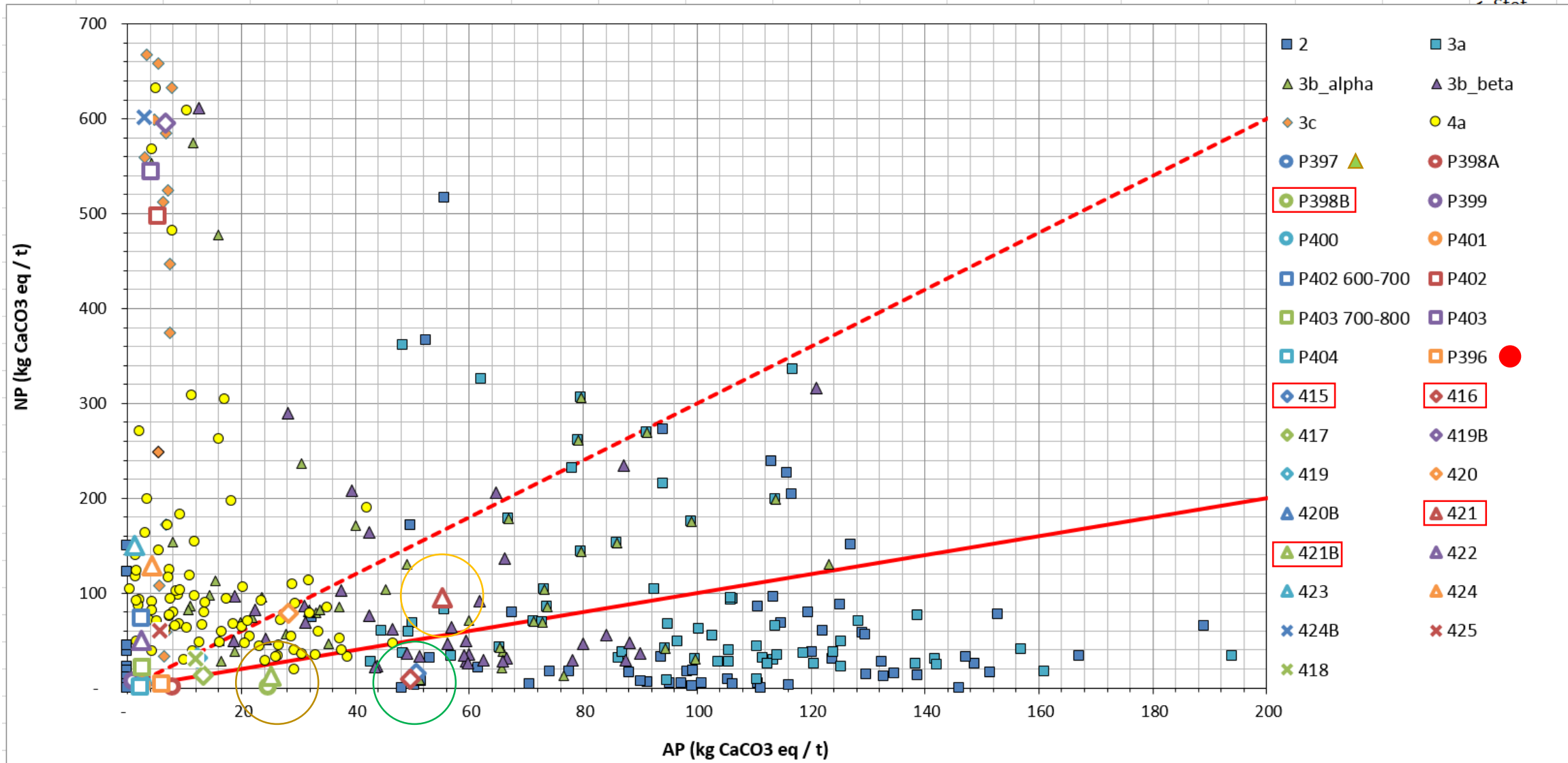
Etasje 3 legger seg her på en linje



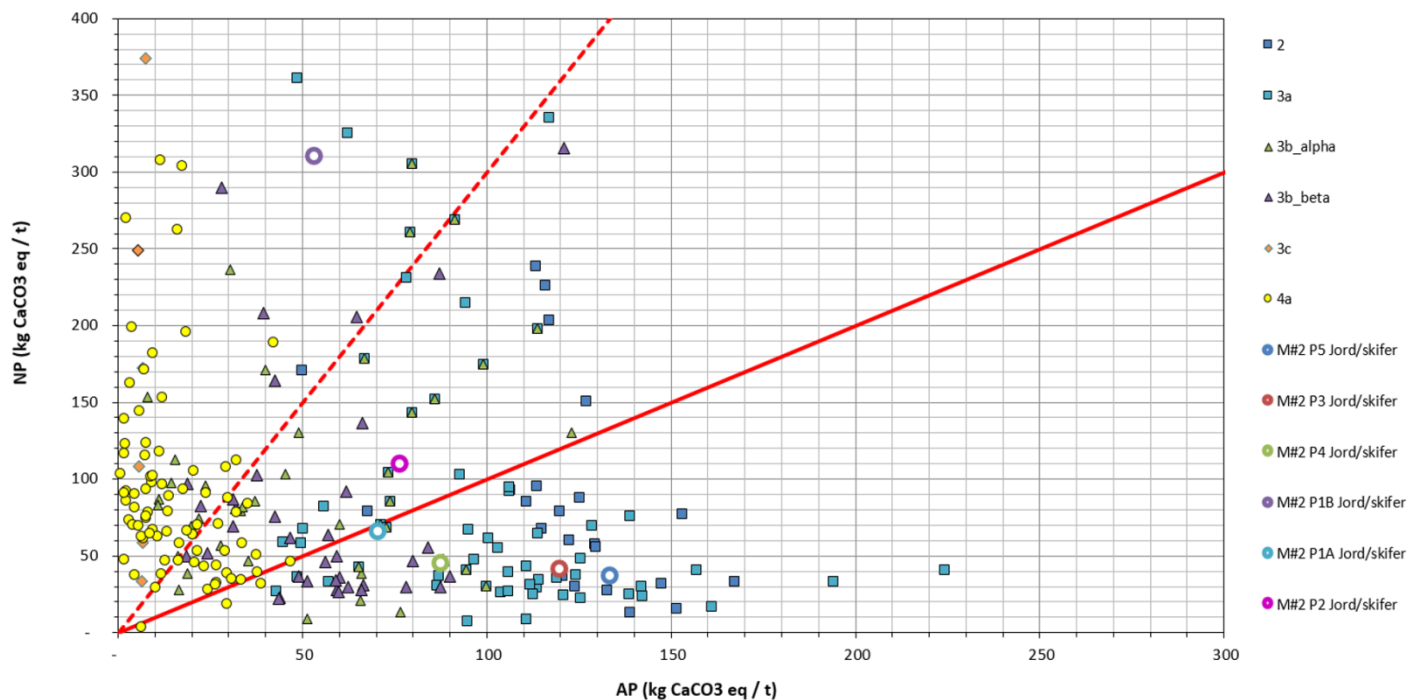




Referanseanalyser benyttes i identifikasjon Alunskifer (etasje 2-3a) ligger normalt som vist med blå firkanter. Tøyne (Galgeberg) ligger normalt som vist med trekanter. Etasje 3c og 4a er ikke syredannende. Dersom analyser legger seg under hel rød strek, er det for mye svovel ift jern. Dette overskuddet bidrar ikke i et syredannende potensiale.

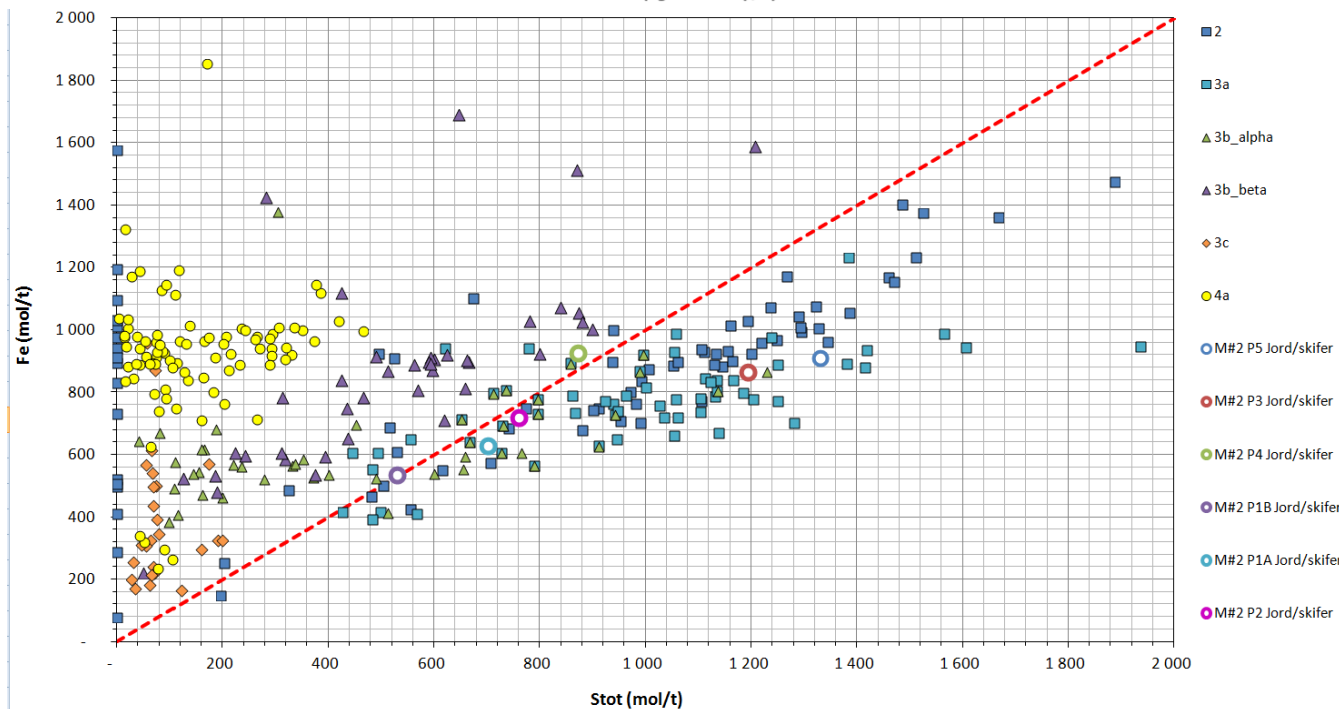


Referanseanalyser benyttes i identifikasjon. Blå firkanter med høy NP er kalkknoller i alunskifer. Dette må bekreftes med trekantdiagrammer



Dette er analyser fra Jevnaker. Her veksler alunskifer med intrusivbergarter i benker. Syredannende potensiale er her for flere analyser tydelig lavere og også fraværende sammenliknet med alunskifer i Oslo/Slemmestad.

Det er geografiske forskjeller (laterale forskjeller) som skyldes geologisk historie her både kontaktoppvarming fra smeltebergarter og at avsetningsmiljøet ikke var like reduserende som sentralt i Oslo.



# I stedet for å gi tyn... ..... hva med fortynning

- Dette er et utfordrende tema!
- Det strider mot praksis og kotyme å fortynne en forurensningskilde
- MEN.....
- Hva med bakgrunnsverdier?
- Hva når det er naturlig forekommende grunnstoffer??
- Naturens kretsløp av naturlig forekommende grunnstoffer

# Kan denne bli relevant også for samblandede masser med visst innhold alunskifer?

Tilstandsklasse/ Stoff	1	2	3	4	5
	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Arsen	< 8	8-20	20-50	50-600	600-1000
Bly	< 60	60 -100	100-300	300-700	700-2500
Kadmium	<1,5	1,5-10	10-15	15-30	30-1000
Kvikksølv	<1	1-2	2-4	4-10	10-1000
Kobber	< 100	100-200	200-1000	1000-8500	8500-25000
Sink	<200	200-500	500-1000	1000-5000	5000-25000
Krom (III)	<50	50-200	200-500	500-2800	2800-25000
Krom (VI)	<2	2-5	5-20	20-80	80-1000
Nikkel	< 60	60- 135	135-200	200-1200	1200-2500
∑PCB <sub>7</sub>	< 0,01	0,01-0,5	0,5-1	1-5	5-50
DDT	<0,04	0,04-4	4-12	12-30	30-50
∑PAH <sub>16</sub>	<2	2-8	8-50	50-150	150-2500
Benzo(a)pyren	< 0,1	0,1-0,5	0,5- 5	5 -15	15-100
Alifater C8-C10 <sup>1)</sup>	< 10	≤10	10-40	40-50	50-20000
Alifater > C10-C12 <sup>1)</sup>	< 50	50- 60	60-130	130-300	300-20000
Alifater > C12-C35	< 100	100-300	300-600	600-2000	2000-20000
DEHP	<2,8	2,8-25	25-40	40-60	60-5000
Dioksiner/furaner	<0.00001	0,00001- 0,00002	0,00002- 0,0001	0,0001- 0,00036	0,00036-0,015
Fenol	<0,1	0,1-4	4-40	40-400	400-25000
Benzen <sup>1)</sup>	<0,01	0,01-0,015	0,015-0,04	0,04-0,05	0,05-1000
Trikloretan	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,6	0,6-0,8	0,8-1000

1) For flyktige stoffer vil gass som eksponeringsvei gi lave grenseverdier for human helse. Dersom gass i bygg ikke er en relevant eksponeringsvei bør det utføres en stedsspesifikk risikovurdering for å beregne stedsspesifikke akseptkriterier.

Stoff	Cas nr.	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V	Drikkevann
Metaller		Bakgrunns data	AA-EQS	MAC-EQS	Akutt tox uten AF	Omfattende akutt tox eff.	
Kadmium hardt vann *	7440-43-9	0,03	0,19	1,5	15	>15	5
Kadmium bløtt vann *	7440-43-9	0,03	0,08	0,45	4,5	>4,5	5
Nikkel *	7439-92-1	0,5	1,7	34	67	>67	20
Kvikksølv *	231-16-7	0,001	0,05	0,07	0,7	>0,7	0,5
Bly *	7440-02-0	0,05	1,3	14	57	>57	10
Sink	7440-50-8	1,5	11	11	60	>60	
Kobber	7440-66-6	0,3	7,8	7,8	78	>78	1000
Arsen	7440-38-2	0,15	4,8	8,5	85	>85	10
Krom-tot	1333-82-0 7775-11-3 10588-01-9 7789-09-5 7778-50-9	0,2	3,4	3,4	360	>360	50
Aluminium							200
Antimon							5
Jern							200
Mangan							50
pH							6,5-9,5
Radon							100 Bq
Sulfat							100 mg/l

Det er et paradoks at det opereres med ulike grenseverdier for vassdrag, drikke vann og utslipp på offentlige nett

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved kort-tidseksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC <sub>akutt</sub>	Øvre grense: PNEC <sub>akutt</sub> * AF <sup>1)</sup>	

Figur: Klassifiseringssystem for vann og sediment. 1) AF: sikkerhetsfaktor

Normverdier Miljødirektoratets veileder M608.

# Karakterisering for deponi - what problems?



I stedet for å gi tyn... hva med fortynning  
Disse massene har ikke syredannende potensiale.  
De kan allikevel bli kjørt til deponi godkjent for mottak av masser med  
syredannende potensiale for å være sikker.....  
Har vi et felles ansvar for å utnytte disse deponiene riktig og særlig når de utgjør en  
nasjonal ressurs?







# Svarte leirskifere i trasén

- Kjemisk sammensetning
- Kontaktmetamorf påvirkning → redusert tilgjengelig overflateareal for sulfider → redusert syredannende potensiale
  - Større aggregater av sulfidkorn
  - Sulfidkorn innkapslet i karbonater
- Kontaktmetamorf påvirkning
  - Andre svovelmineraler er dannet (f.eks gips  $\text{CaSO}_4$ )

Tabell 2 Mineralinnhold fra to prøver i tipp nr. 2 med monsonitt og svart leirskifer.

Prøve mrk.	P1-B < 63 µm	P1-B 63 µm	P1-B 125 µm	P1-B 250 µm	P1-B 500 µm	P1-B 1 mm	P1-B 2 mm
J.nr.	170801	170802	170803	170804	170805	170806	170807
Kvarts	32 %	33 %	33 %	32 %	30 %	30 %	27 %
Glimmer	21 %	23 %	22 %	22 %	23 %	22 %	21 %
Plagioklas	14 %	14 %	15 %	16 %	17 %	17 %	17 %
K-feltspat	16 %	15 %	15 %	17 %	18 %	17 %	19 %
Amfibol	4 %	5 %	4 %	3 %	3 %	4 %	3 %
Kalkspat	8 %	7 %	6 %	4 %	4 %	5 %	8 %
Dolomitt	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %
Kloritt	2 %	< 1 %	3 %	3 %	2 %	< 1 %	< 1 %
Svovelkis	2 %	2 %	2 %	3 %	4 %	4 %	5 %
Kopperkis	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %

Prøve mrk.	P5 < 63 µm	P5 63 µm	P5 125 µm	P5 250 µm	P5 500 µm	P5 1 mm	P5 2 mm
J.nr.	170808	170809	170810	170811	170812	170813	170814
Kvarts	34 %	35 %	34 %	33 %	33 %	33 %	32 %
Glimmer	41 %	40 %	40 %	41 %	40 %	41 %	41 %
Plagioklas	5 %	6 %	6 %	7 %	5 %	5 %	5 %
K-feltspat	9 %	8 %	7 %	7 %	7 %	7 %	6 %
Amfibol	< 1 %	1 %	< 1 %	< 1 %		1 %	< 1 %
Kalkspat	3 %	3 %	3 %	2 %	2 %	2 %	3 %
Dolomitt	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %	1 %
Kloritt	< 1 %	< 1 %	1 %	< 1 %	2 %	1 %	2 %
Svovelkis	6 %	6 %	7 %	8 %	9 %	9 %	8 %
Kopperkis				< 1 %	< 1 %	< 1 %	< 1 %

Tabellen viser

- Det er et lavere innhold av svovelkis (sulfidmineraler) i de fineste fraksjoner.
- Det er ikke identifisert sulfatmineraler
- Det er ikke identifisert magnetkis (pyrrhotitt,  $Fe_{1-x}S$ )
- Kvartsinnholdet er nær det samme i alle analysene, men noe høyere i P5 enn i P1B
- Glimmerinnholdet er dobbelt så høyt i P5 ift. P1B
- Kalifeltspat, plagioklas og amfibol er 2-3 x høyere i P1B enn i P5
- Svovelkis er 2 til 3 x høyere i P5
- Kalkspat er 2 til 3 x høyere i P1B

Blå piler markerer kalkspat og at bufringskapasiteten i blandmasser er høyere enn det som fremkommer i AP/NP diagrammet for alunskifer

### Bufningskapasitet i monsonitt

Mineralinnholdet i prøve P1B viser 4 til 8 % kalkspat ( $CaCO_3$ ) og i prøve 14-17 % plagioklas. Plagioklas er en type feltspat med Ca, Na, Si og Al som kationer. Plagioklas er ikke i første rekke når det gjelder bufringsegenskaper, men vil være et supplement til kalsitt dersom det igangsettes forvitningsreaksjoner med sulfidforvitring. Det lave plagioklasinnholdet i XRD analysene viser at det ikke er ren monsonittprøve, men en blandprøve med innslag av den svarte leirskiferen

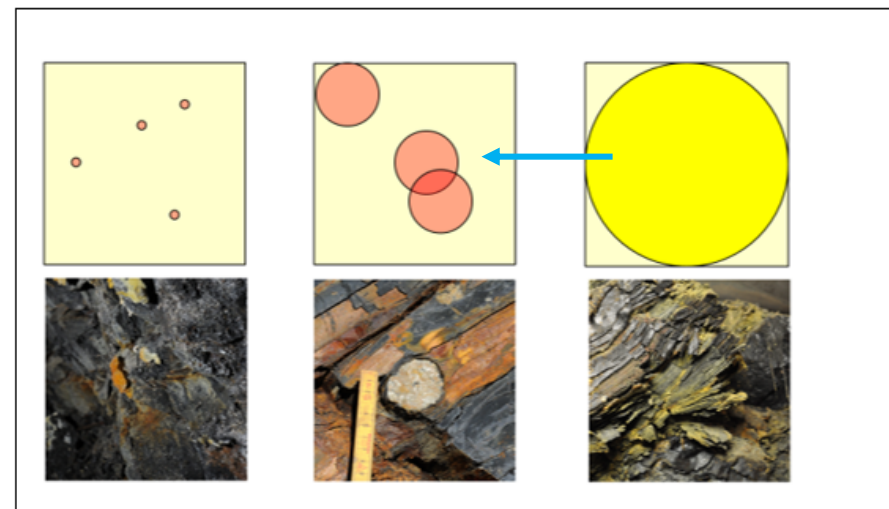
### Bergartfordeling i fraksjoner større enn 2 millimeter

Den generelle betraktningen vil være at den svakeste bergarten med størst glimmerinnhold, størst TOC innhold og den høyeste LOI verdien (glødetapet) vil gi det største bidrag til de finere fraksjonene. Sprengning og maskinell massehåndtering/forflytning medfører mekaniske påkjenninger som lettere knuser ned den svarte leirskiferen enn monsonitten. Det forventes derfor at andel av den sterkere monsonitten anrikes i de grovere fraksjoner. I vurdering av syredannende potensiale er det de minste mineralkornene som vil initiere forvitningsprosesser. Dette har sammenheng med at små mineralkorn er mindre stabile enn større mineralkorn.

### Kornstørrelse og overflateareal

Det er en sammenheng med kontaktareal mellom sulfid og luft og størrelse på sulfidkorn. Jo mindre mineralkorn, desto større kontaktareal og høyere syredannende potensiale når volumet av mineralkorn er identisk (eller den kjemiske analysens innhold av svovel).

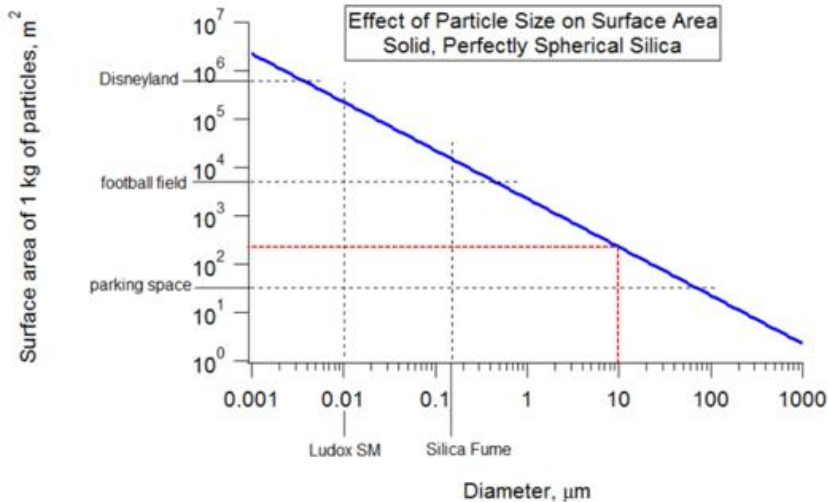
Fra wikipedia: "The surface-area-to-volume ratio, also called the surface-to-volume ratio and variously denoted  $sa/vol$  or  $SA:V$ , is the amount of surface area per unit volume of an object or collection of objects. In chemical reactions involving a solid material, the surface area to volume ratio is an important factor for the reactivity, that is, the rate at which the chemical reaction will proceed."



Figur 13. Sammenheng mellom syredannende potensial og kornstørrelse. Færre, men større sulfidkorn har et betydelig lavere syredannende potensial enn et tilsvarende volum med ørsmå

	Very Low Grade	Low Grade	Medium Grade	High Grade
Approximate Temperature Ranges	Metamorfose = omvandling			
Parent Rock	150-300°C	300-450°C	450-550°C	Above 550°C
→ Mudrock	slate	phyllite	schist	gneiss
Granite	no change	no change	no change	granite gneiss
Basalt	chlorite schist	chlorite schist	amphibolite	amphibolite
Sandstone	no change	little change	quartzite	quartzite
Limestone	little change	marble	marble	marble

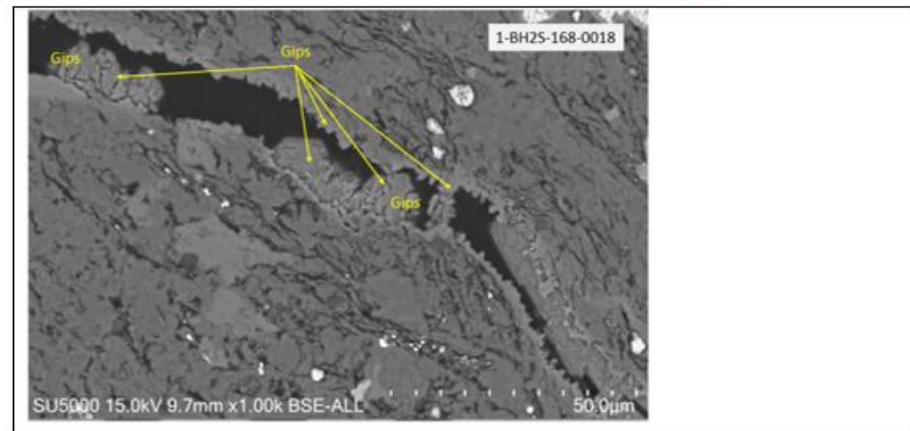
Table 7.1 A rough guide to the types of metamorphic rocks that form from different parent rocks at different grades of regional metamorphism



Figur 14. Sammenheng mellom kornstørrelse, volum beskrives i spesifikt overflateareal. Når en ved konstant volum med 1 mm store korn sammenliknes med 10 µm store korn, fremgår det av figuren at spesifikt overflateareal øker > 100 ganger. Figuren er hentet fra Horiba scientific.

#### Kontaktmetamorf påvirkning

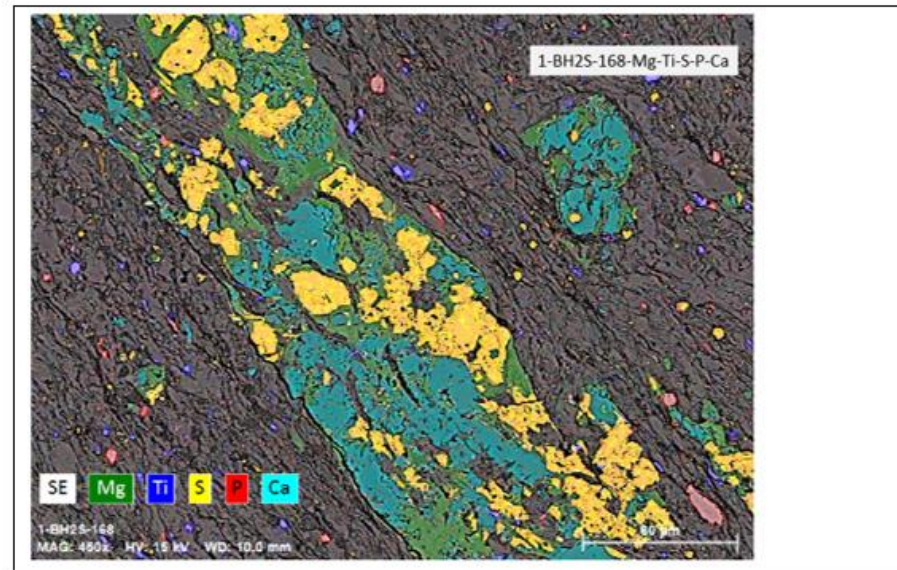
Kontaktmetamorf påvirkning påvirker struktur og mineralenes kornformer og størrelse. Dette kan gi som resultat at syredannende potensiale reduseres. Figur 15 viser vekst av gips på mikrosprekker i svart leirskifer (her alunskifer). Lokaliteten er i linjen til entrepriser 2 (E2). En skal også legge merke til at antallet mikroskopiske sulfidkorn < 10-til 30 µm er betydelig redusert.



Figur 15. Nydannelse av mineralet gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) viser at i svovelregnskapet for syredannende potensiale (AP), blir redusert.

Elektronmikroskopi (SEM) gir verdifull innsikt i spesifikt overflateareal og fordeling av sulfidkorn og størrelser på sulfidkorn. Elementanalysen til høyre viser at karbonater omslutter sulfidaggregater og dermed reduserer det spesifikke kontaktarealet ytterligere

Teksturen som dannes ved varmpåvirkningen viser også at sulfidmineraler innkapsles i andre mineraler. Dette bidrar også til å redusere kontaktarealet tilgjengelig for oksygen/fukt. Dette er vist i Figur 16. Når kornstørrelsen øker, blir krystallstrukturen mer ordnet (rasjonell) og dermed også mer stabil med tanke på å igangsette forvitningsreaksjoner.



Figur 16. Elementanalyse utført med SEM (Elektronmikroskop) på svart leirskifer fra Alunskiferformasjonen i traseen for E-16. Aggregater av sulfidmineraler (gule arealer) er innkapslet i aggregater av karbonater (grønne og sjøgrønne arealer).

Figur 16 viser aggregater av sulfidkorn innkapslet i aggregater av karbonater. Ved en slik tekstur, er sulfidkorn i realiteten innkapslet av karbonater, Kontaktarealet til sulfidkornene som kan komme i kontakt med fukt/oksygen er dermed betydelig redusert i tillegg til at karbonatene vil bufre en eventuell sulfidforvitring.

#### 5. Analyser av vann

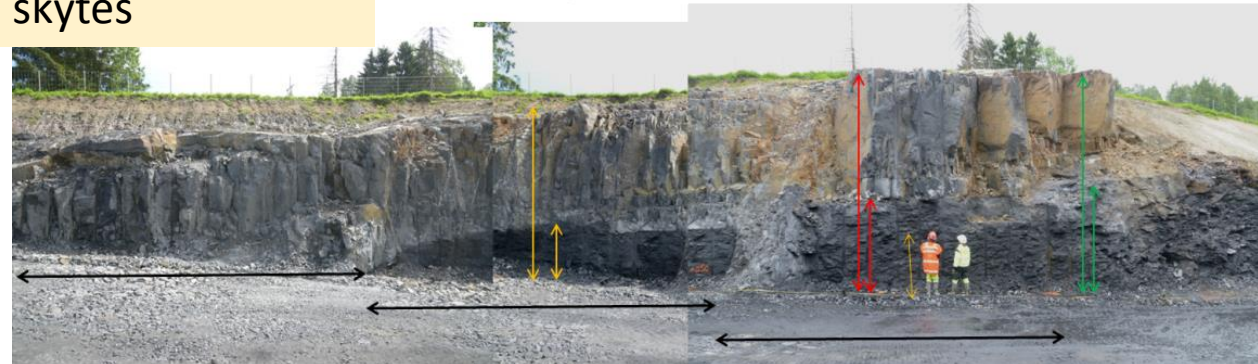
Det er utført vannanalyser i flere omganger. Analyser er tatt i bekkeløp og i vannansamling nær de mellomlagrede massene. Det er også tatt analyser av vann som ikke er påvirket av anleggsaktiviteten. Disse kan være referanseprøver for andre analyser. Da det er tatt analyser i flere omganger, er analyser stedfestet i flere figurer.

Det generelle bildet er at småbakkene har en svak signatur av de tungmetaller (Ni, Zn, Mo, U, Cd) som løses ut ved nøytrale pH verdier. Det er en analyse «Overflate på jorde, oppstrøms» som er svært forskjellig fra alle andre vannanalyser. Denne analysen har en kjemisk sammensetning som gjerne kunne vært en kjemisk analyse av en svart leirskifer. Da analysen oppstrøms er en referanse for en kjemisk sammensetning oppstrøms og at den har et høyt innhold av suspendert stoff, kan en slutte at denne er representativ for løsmasser oppstrøms deponiet. Jordmassene synes å være preget av forvitring av underliggende svart leirskifer fra Alunskiferformasjonen. De høye arsenverdiene viser en anrikning i jordmassene over



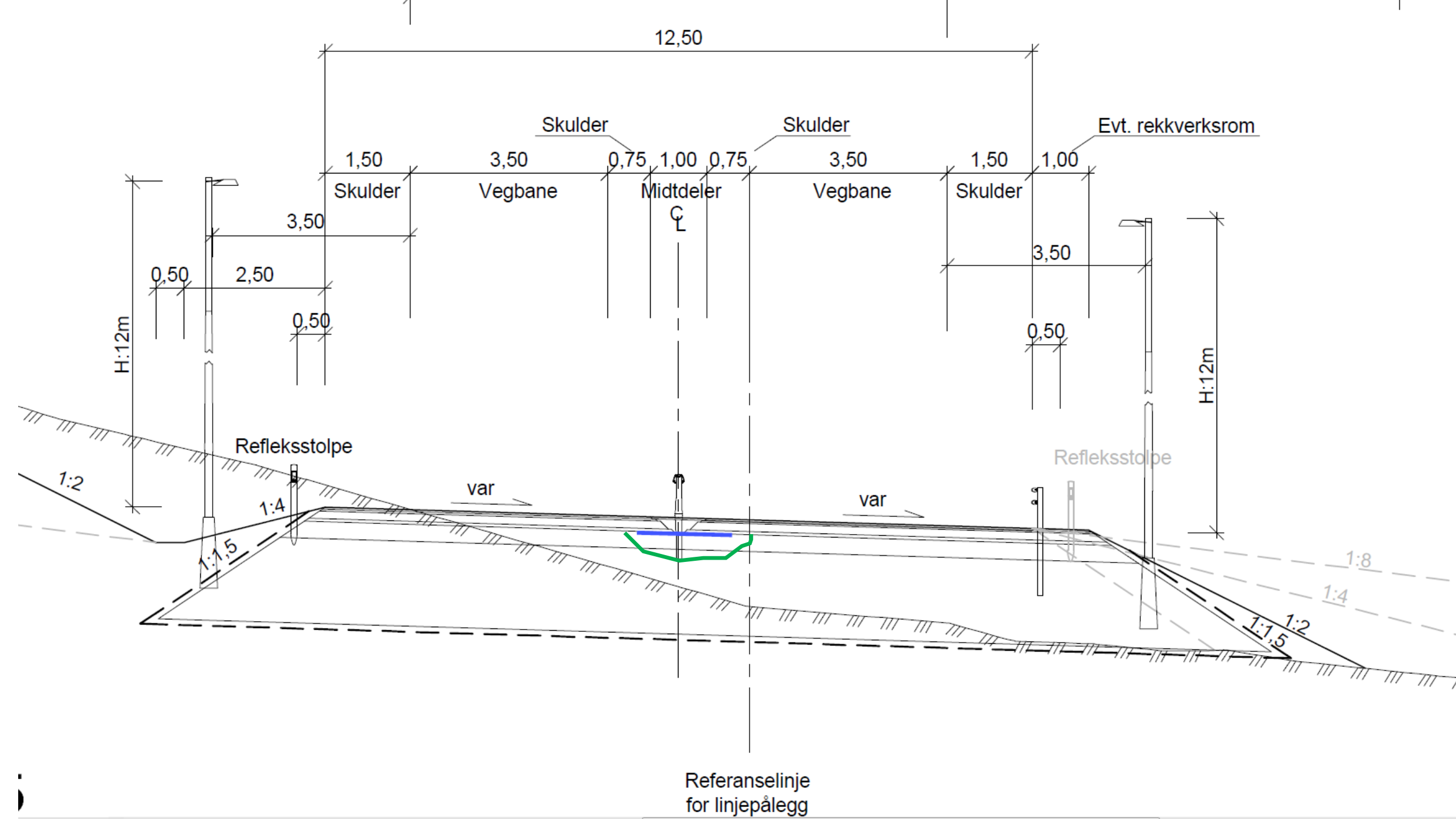
Ved uttak av salver med innslag av flere typer bergart, må en klarlegge salvens innhold av relative mengder før salven skytes

Mengdeforhold monsonitt og svart leirskifer  
Grønne piler: 50/50  
Røde piler: 60/40  
Gule piler: 70/30



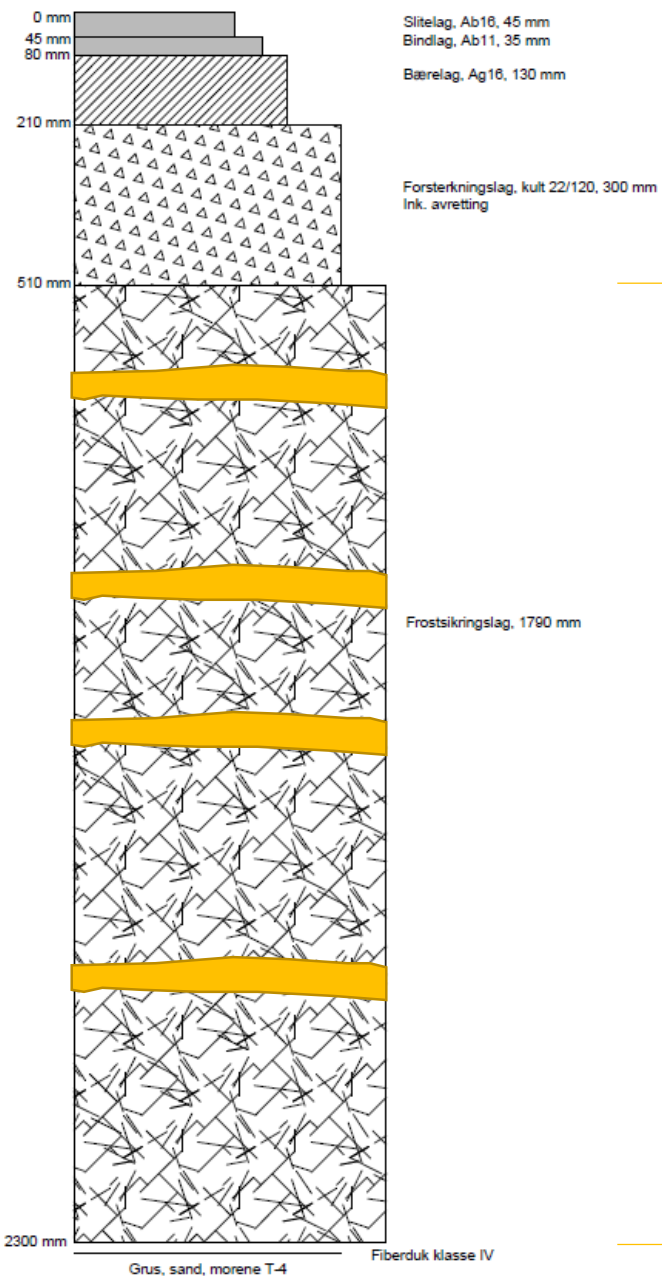
# Hvilke muligheter foreligger for gjenbruk i veglinjen

- Gjenbruk i vegkroppen
- Gjenbruk i fyllinger
- Massebalansen
- Bakgrunnsverdiene
- Rammer i regelverk
- Dispensasjon fra regelverk
- Fortolkning av regelverk
- Karakterisering av samblandete masser – kategori (nedklassifisering)



# Overbygning ny E16

M=1:10

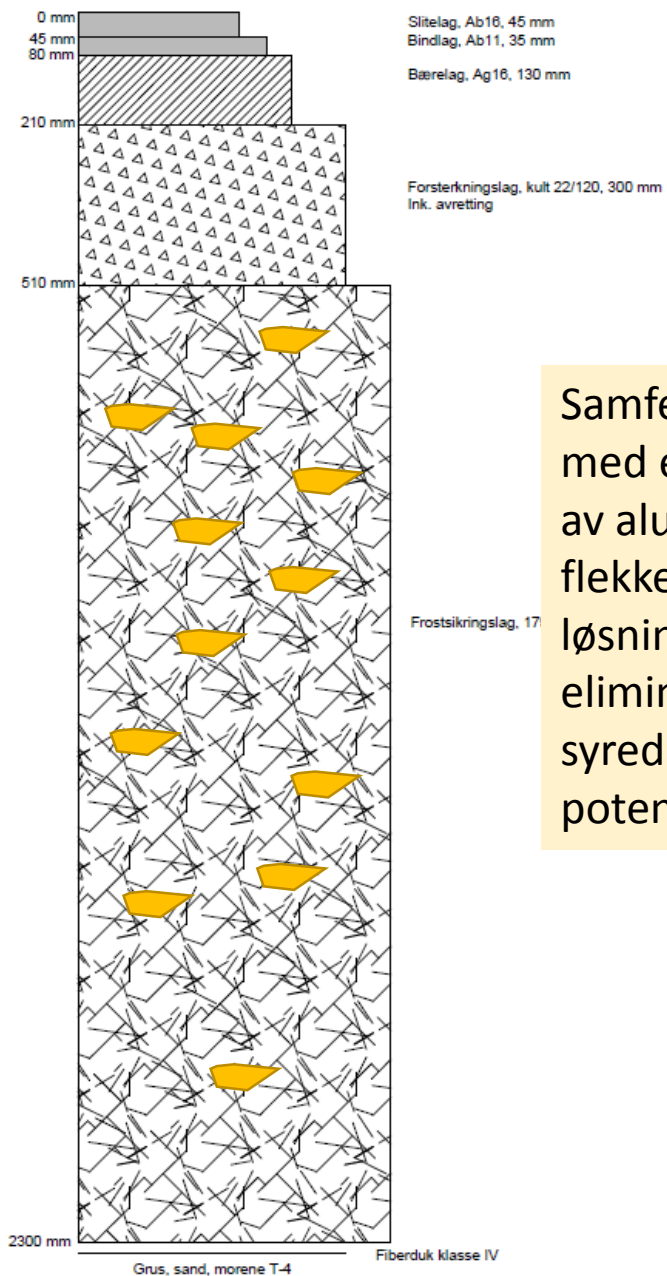


## Eksempel gjenbruk frostsikringslag

Frostsikringslag 1790 mm

# Overbygning ny E16

M=1:10



Samfengte masser med et visst innhold av alunskifer (orange flekker). En slik løsning kan eliminere det syredannende potensialet



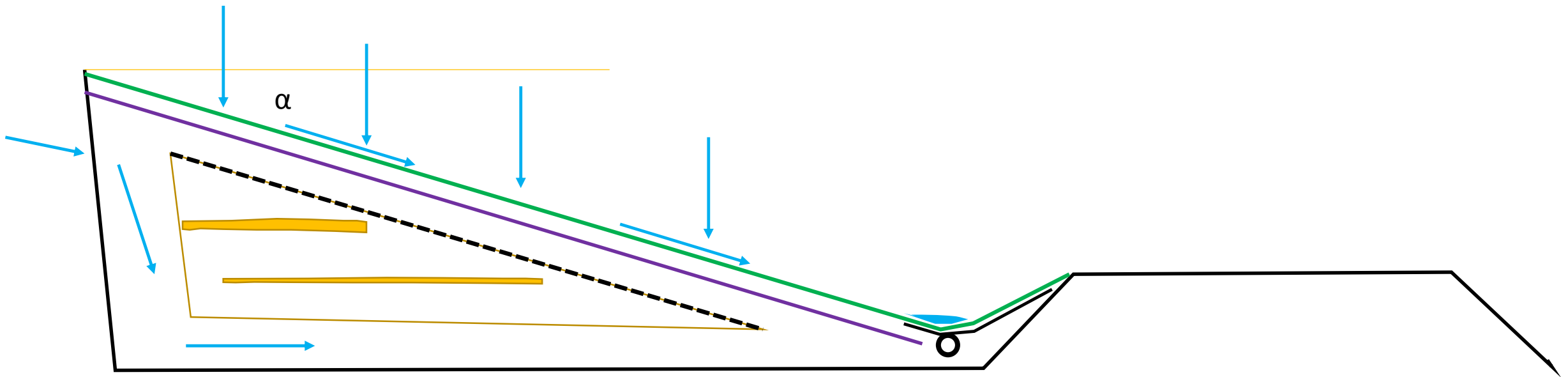


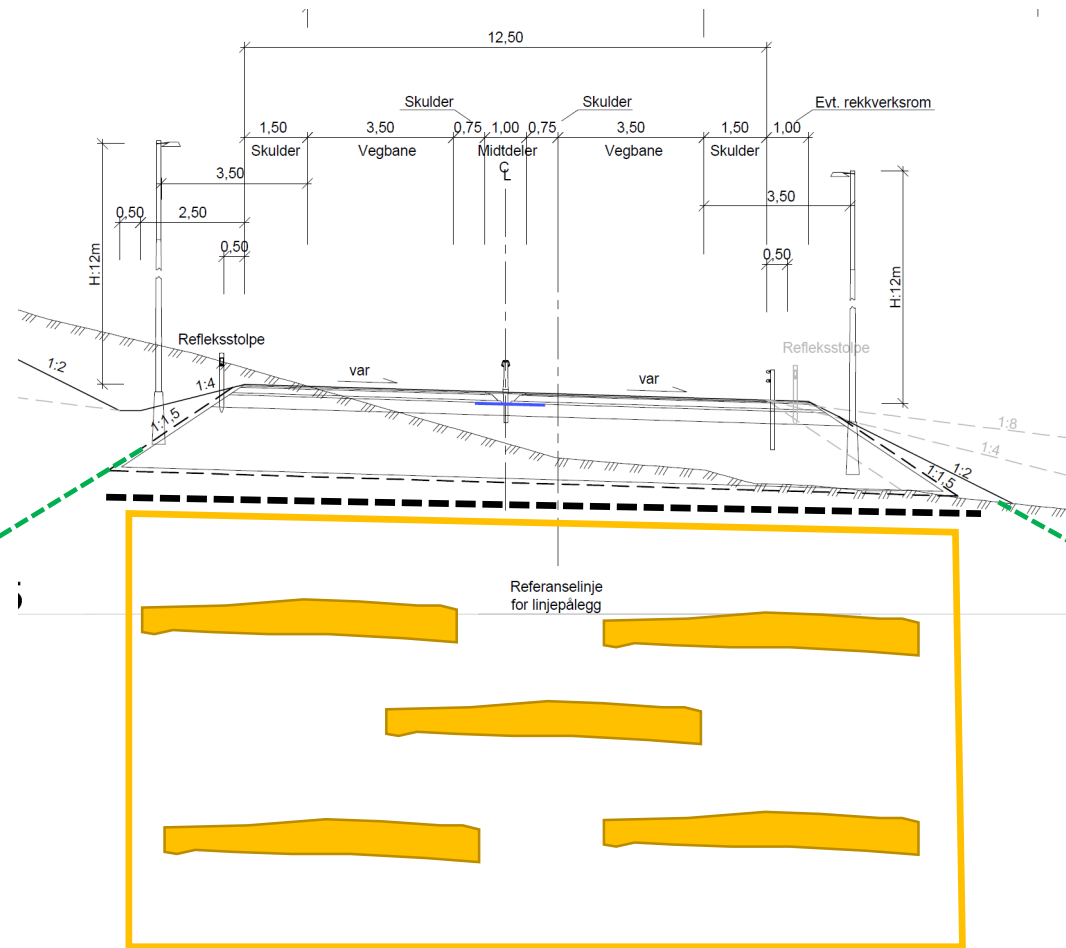
Eksempel prinsippskisse gjenbruk i tilbakfylling sideterreng

Grønn flate vegetasjonsdekke

Lilla flate kan være kapillærtbrytende, tett lag eller et lag som «spiser opp» oksygenet

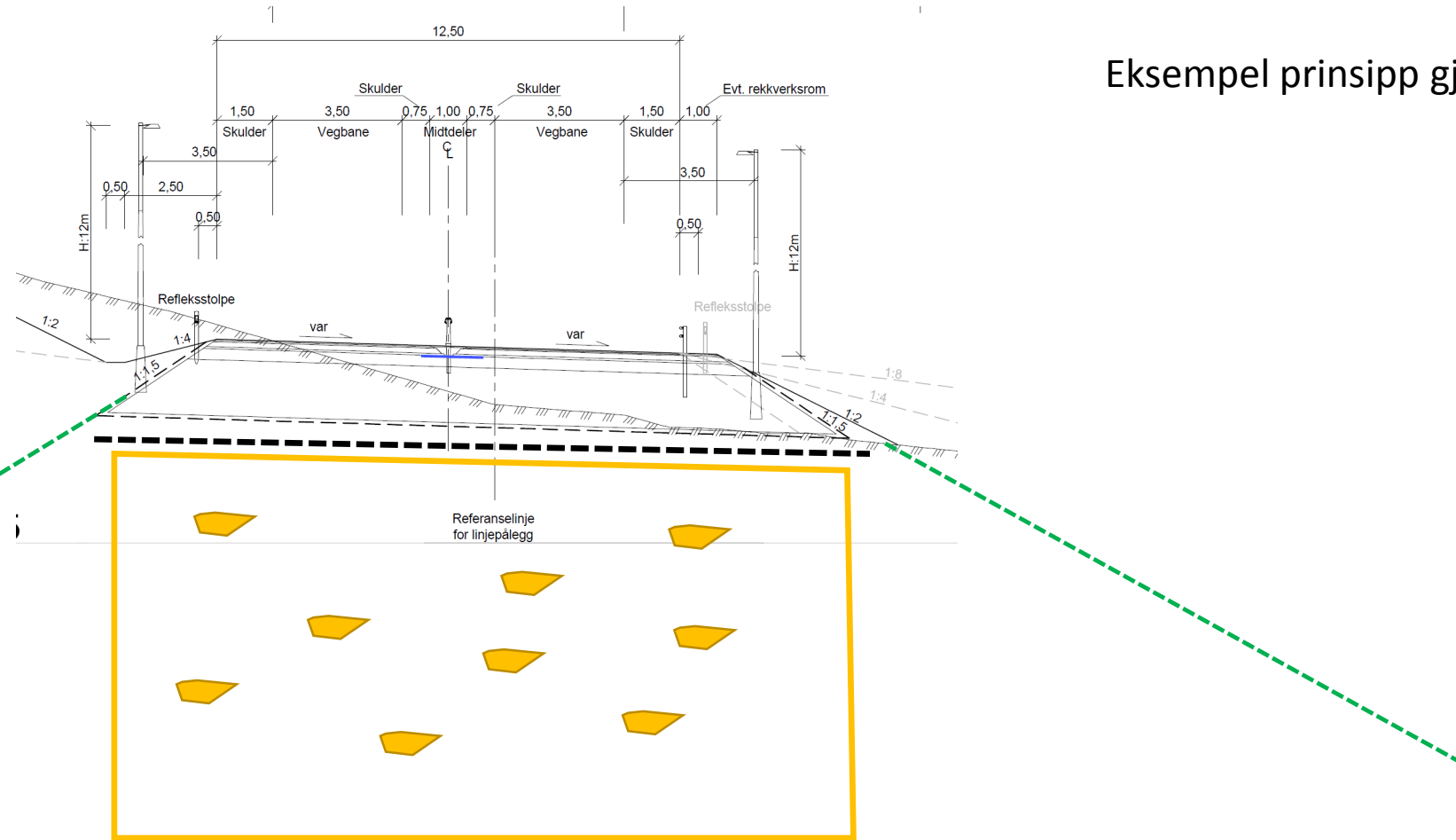
Samfengte masser her vist med tilstrekkelig tynne lag legges tørt uten kontakt med vann





Eksempel gjenbruk i fylling  
 Det legges rutinemessig tette sjikt i  
 topp fylling under vegkroppen. Det  
 kan da legges masser som ikke vil  
 komme i kontakt med vann

# Eksempel prinsipp gjenbruk i fylling



# Det kommer en tid for lokale robuste løsninger

- Den er kommet til Hedmarken der moreneprofilen som dels er sulfidholdig kan legges i masselager og også gjenbrukes i linjen
- Det er litt fram i tid for å få aksept for lokale trygge gjenbruksløsninger for plassering av masser av alunskifer som ikke krever et forvaltningsbehov i ettertid
- Dette må også faglig gjennomarbeides, her har vi en felles oppgave
- Det er det syredannende spøkelset som gir skrømt

# Den viktige avklaringen

- Samblanding (ikke fortynning 😊) av masser med sprengstein (uttak av salve i veglinjen)
- Hvor mye alunskifer kan inngå i samblandet masse for å eliminere det syredannende potensialet
- Bakgrunnsverdier
- Hvilke(t) regelverk aktualiseres
- Holdninger
- Endringer i forvaltningspraksis
- Nødvendig dokumentasjon og kompetanse
- Hva kunne Ibsen formidlet her?

# Bygging i og på svarte leirskifre

## Praktisk råd

Erik Endre

417039-R-01

RIF Veileder Bygging i og på svarte leirskifre 2018-09-05

**Kommer 2019!**

Gratulerer med de første 25 år!