

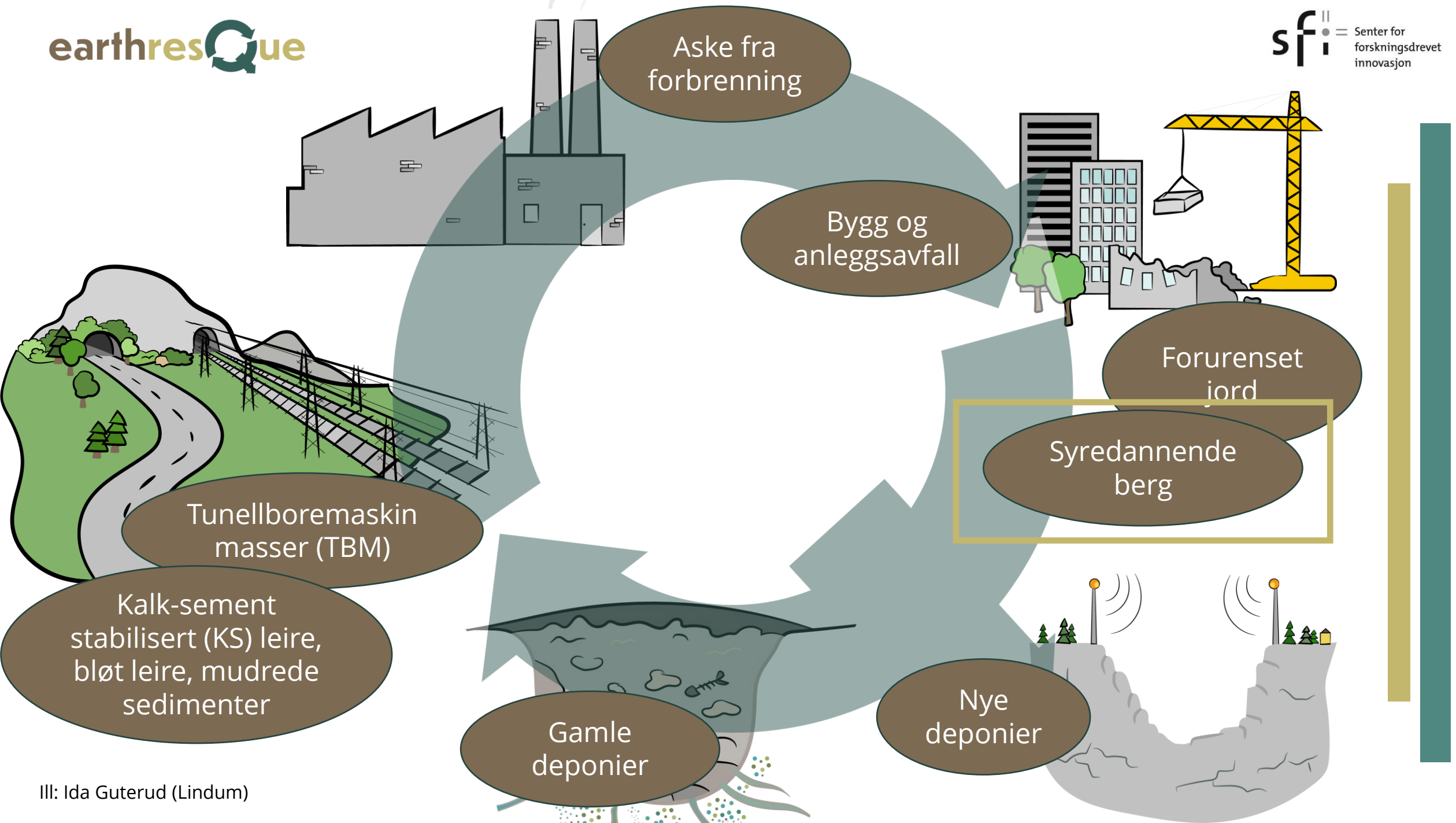


Avrenning fra svartskifer med ulik forvitningsgrad

Nye E16: Kleggerudkrysset

Tonje K. Strømø¹⁾, Helen K. French^{1,4)}, Gudny Okkenhaug^{1,2)}, Andreas O. Harstad³⁾

1) Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), 2) Norges geotekniske institutt, NGI, 3) SKANSKA, 4) NIBIO



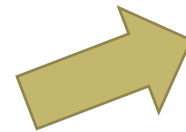
Disposisjon

- Generelle utfordringer med svartskifer
- Lokaliteten E16 - Kleggerudkrysset
- Metode
- Resultater
 - Kolonnestudie (umettet system)
 - Kort sammenligning med feltmålinger
- Konklusjon



Ill: Ida Guterud, Lindum

Utfordringer med svartskifer



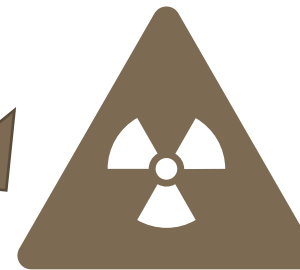
Potensielt syredannende

Sulfidmineraler
Pyritt (FeS_2)



Periodic Table of the Elements

1 H	2 He																	18 Ar	19 K	20 Ca											36 Kr	37 Rb	38 Sr											54 Xe	55 Cs	56 Ba											86 Rn	87 Fr	88 Ra											118 Og																																
3 Li	4 Be											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

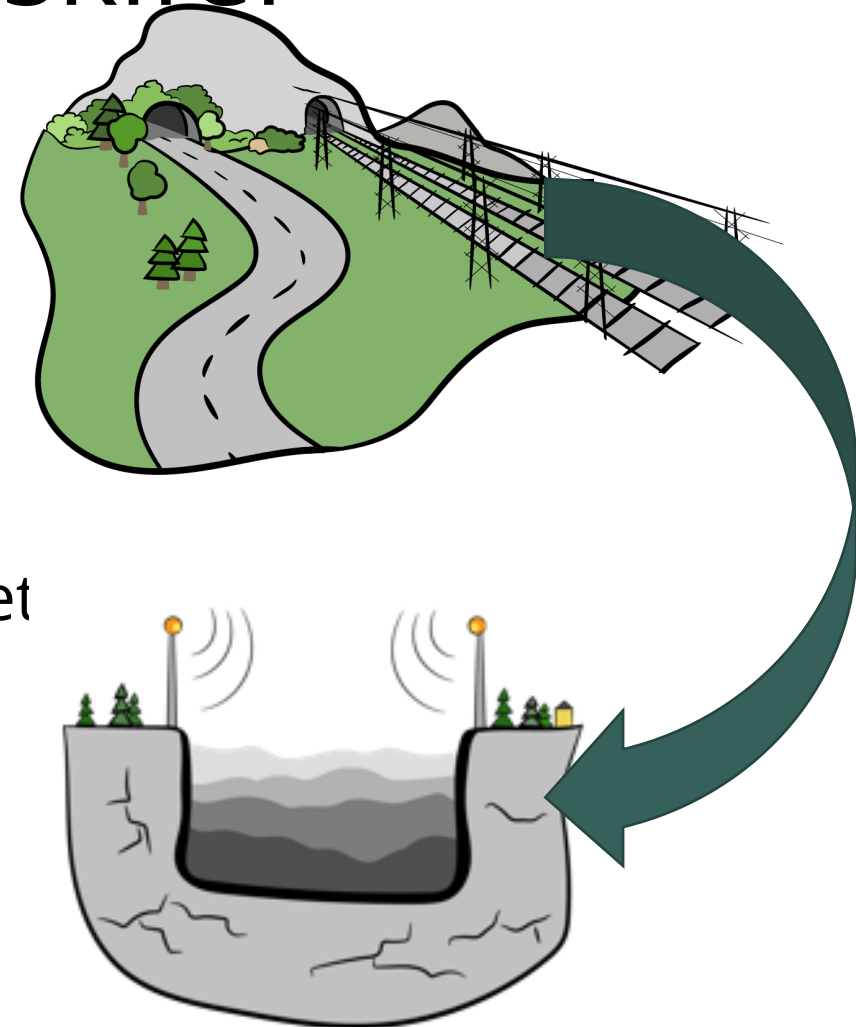


Radioaktiv
(Uran og Radongass)

Tungmetaller

Utfordringer med svartskifer

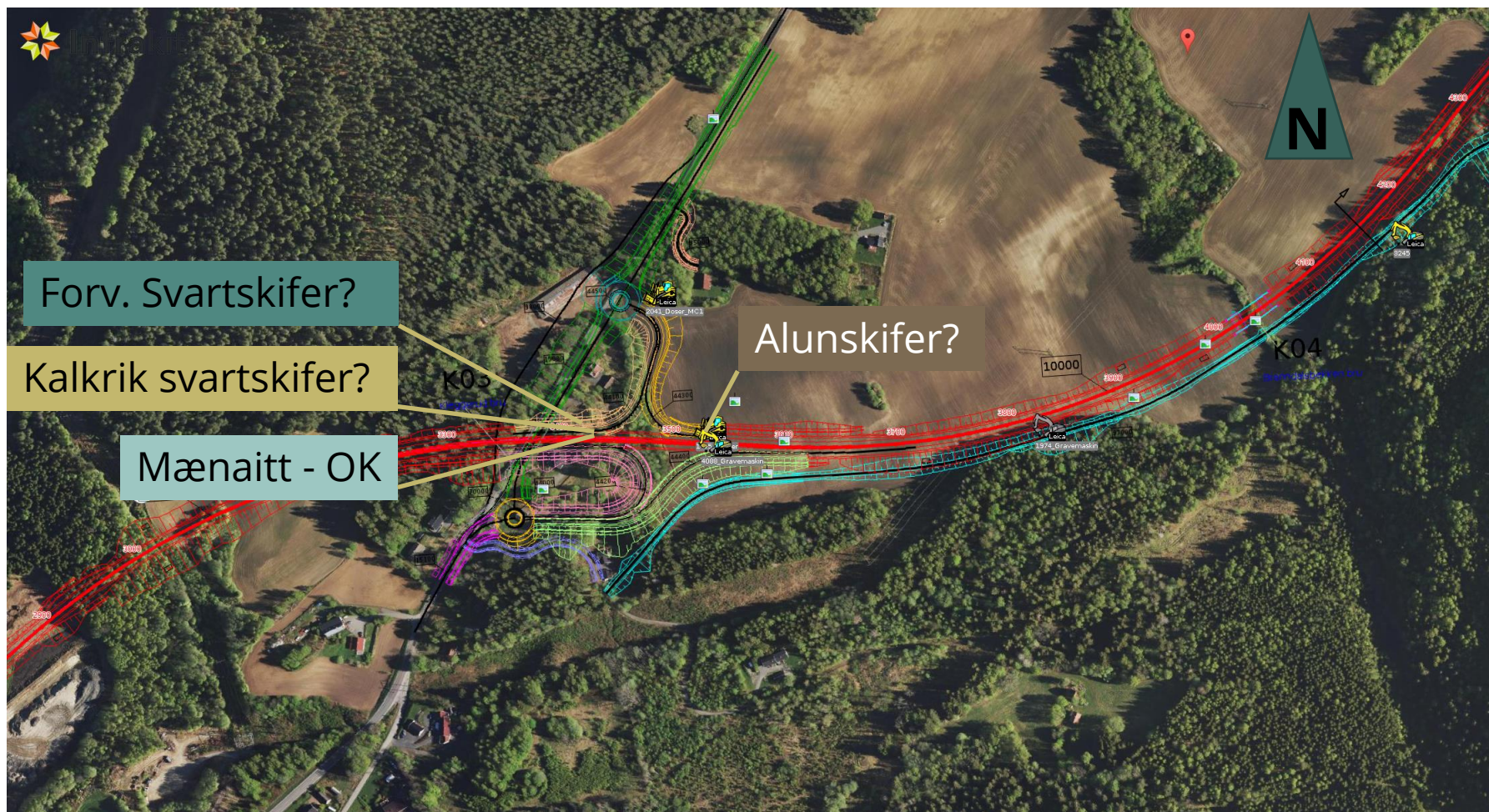
- Bygg og anleggsprosjekt
 - Uttak
 - Deponi
- Eksponert svartskifer og avrenning (eks. bergskjæring)
- Nedbør og vannforekomster i området



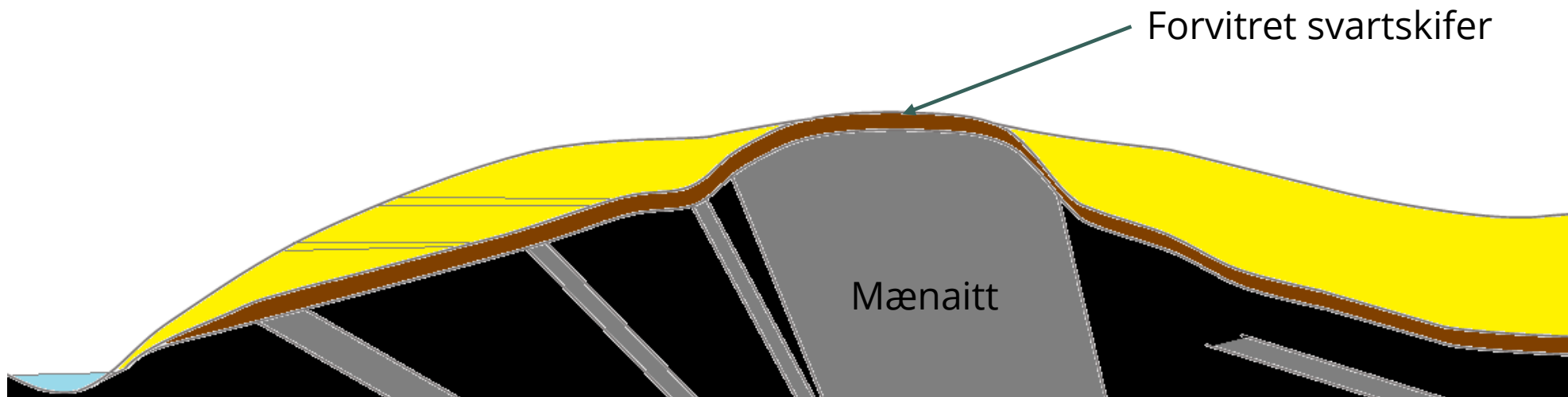
Nye E16 – Kleggerudkrysset (Jevnaker)



Nye E16 – Kleggerudkrysset (Jevnaker)



Skille godt og dårlig fjell



Kolonneoppsett – ulike typer svartskifer

Forvitret svartskifer



Oppsmuldret.
«Ferdig reagert»
Lite sulfider.

Kalkrik svartskifer



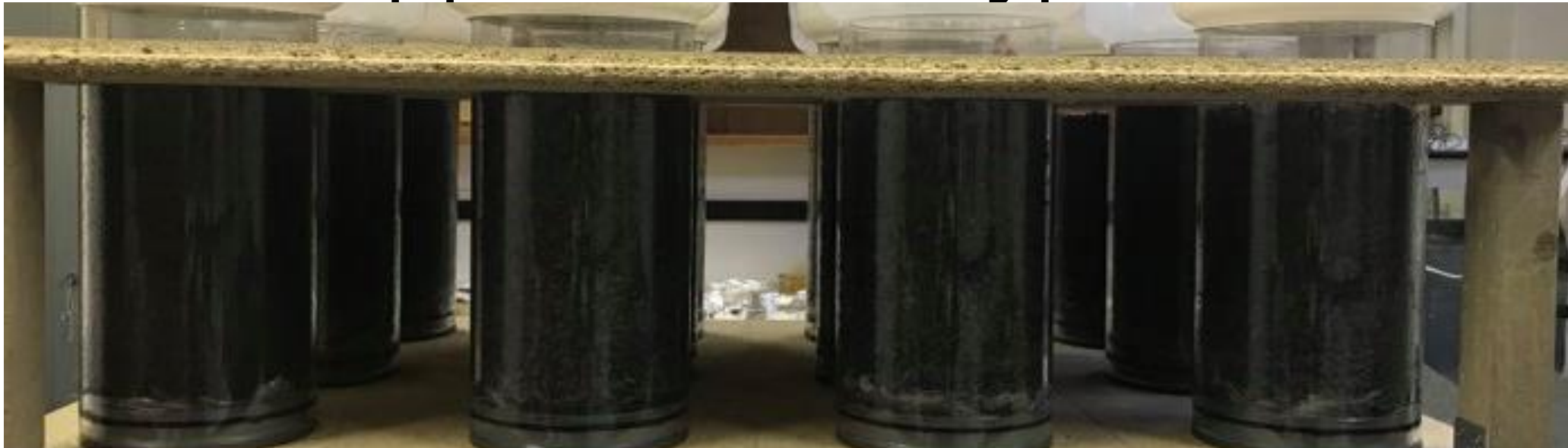
Massiv.
Velutviklede korn av
sulfidmineral i sprekker

Alunskifer



Skifrig.
Finkornede
sulfidmineraler i matriks
- kan ikke sees

Kolonneoppsett – ulike typer svartskifer



Alunskifer (Fin)

Alunskifer (Grov)

Forv. svartskifer (Grov)

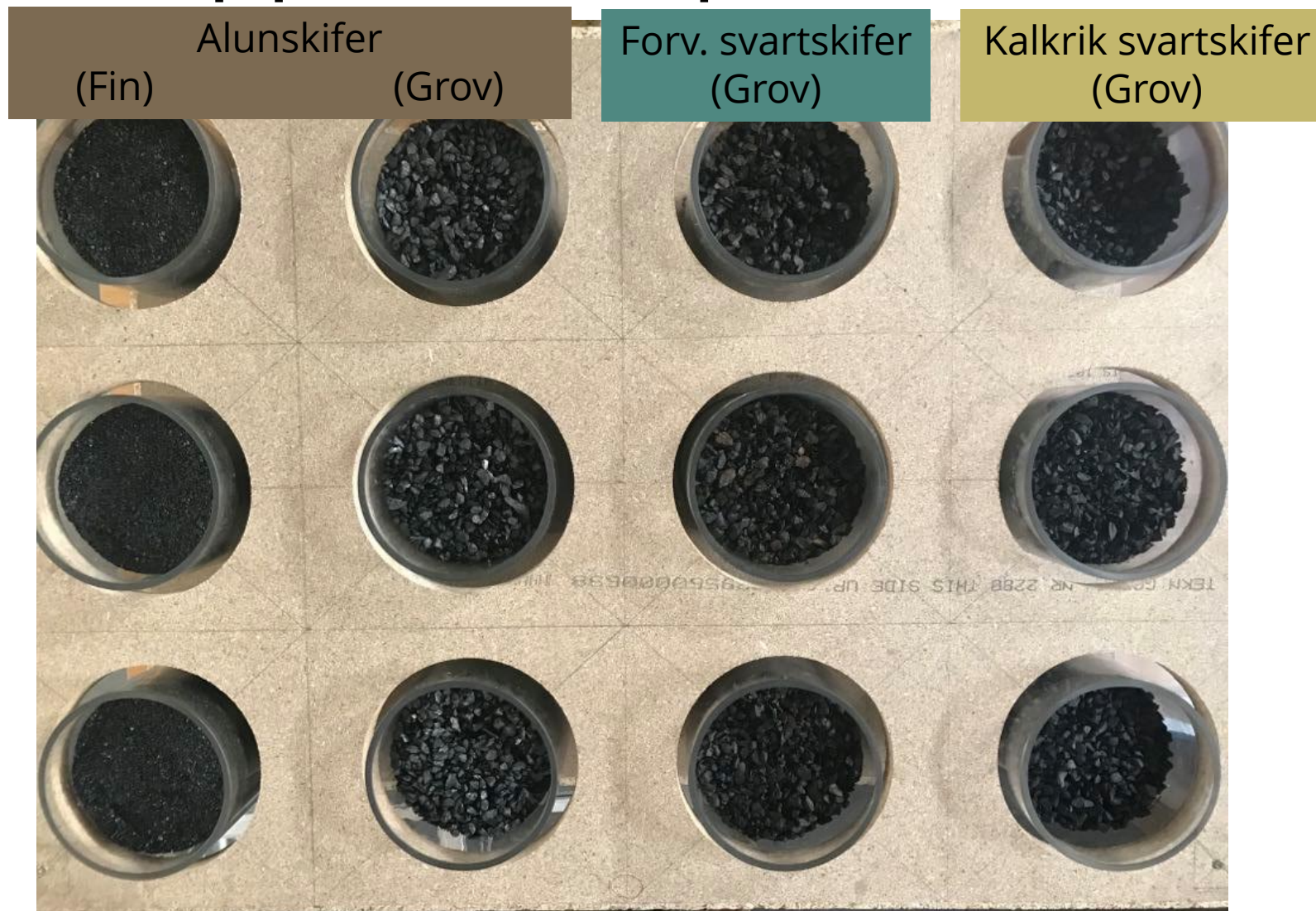
Kalkrik svartskifer (Grov)



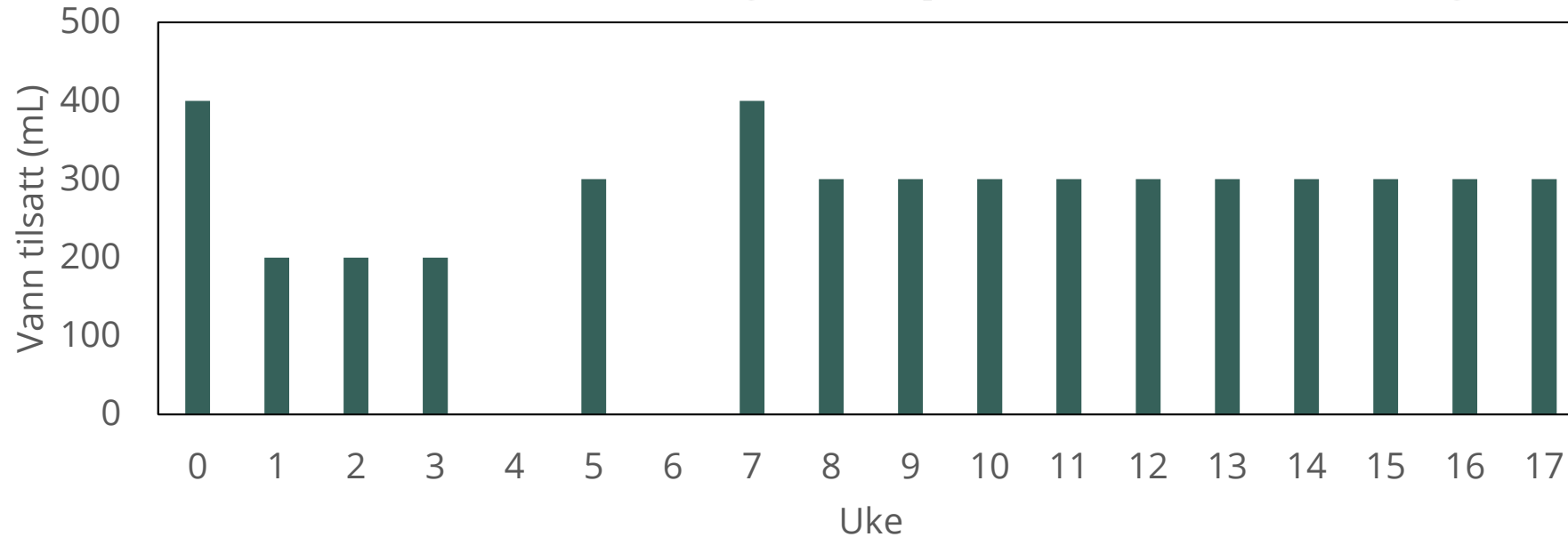
Umettet system

- Etterlignende fukt-
/tørkesyklusene på eksponert
svartskifer i felt

Kolonneoppsett – triplikater

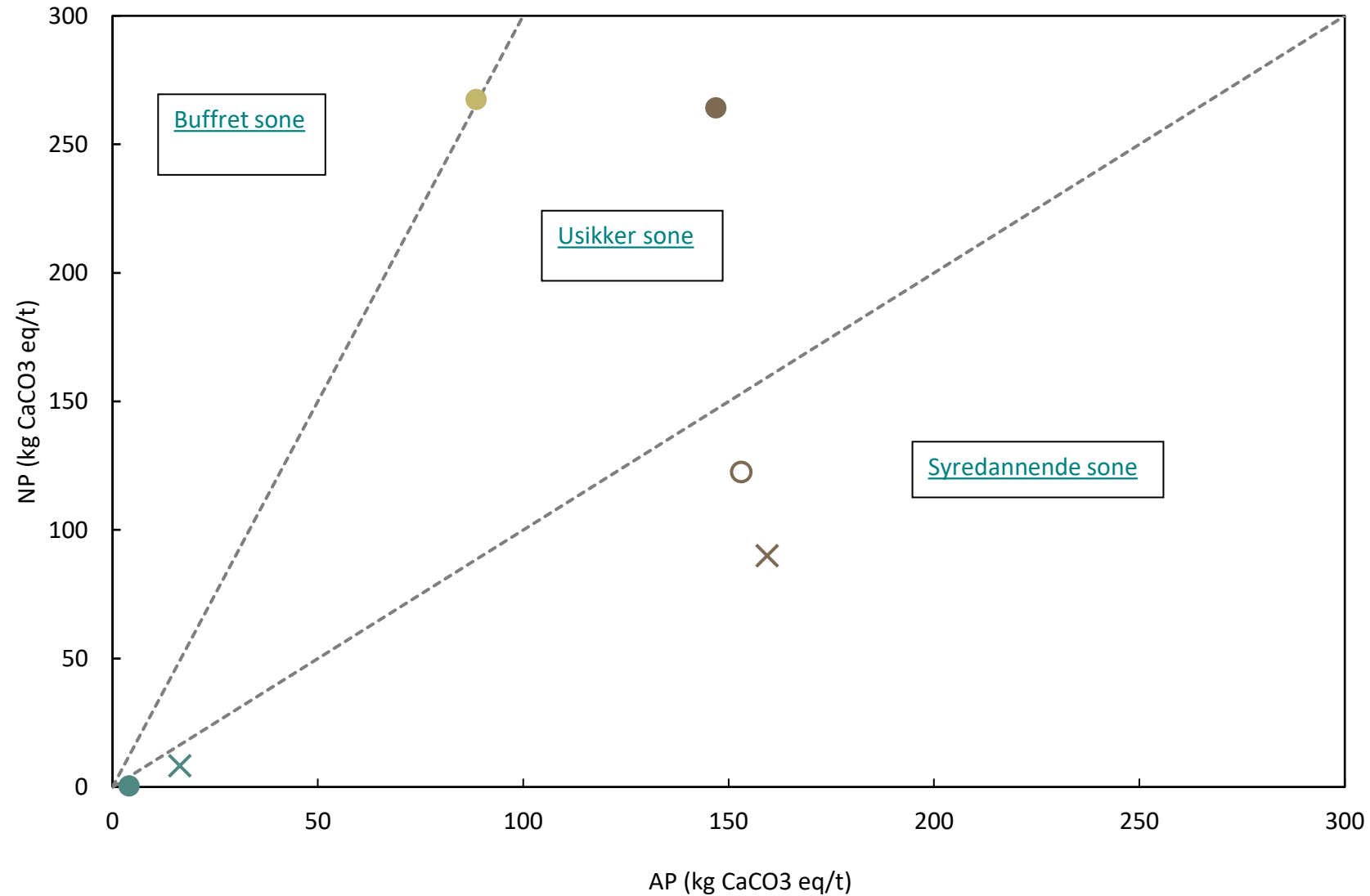


Metode – Vanning & prøvetaking

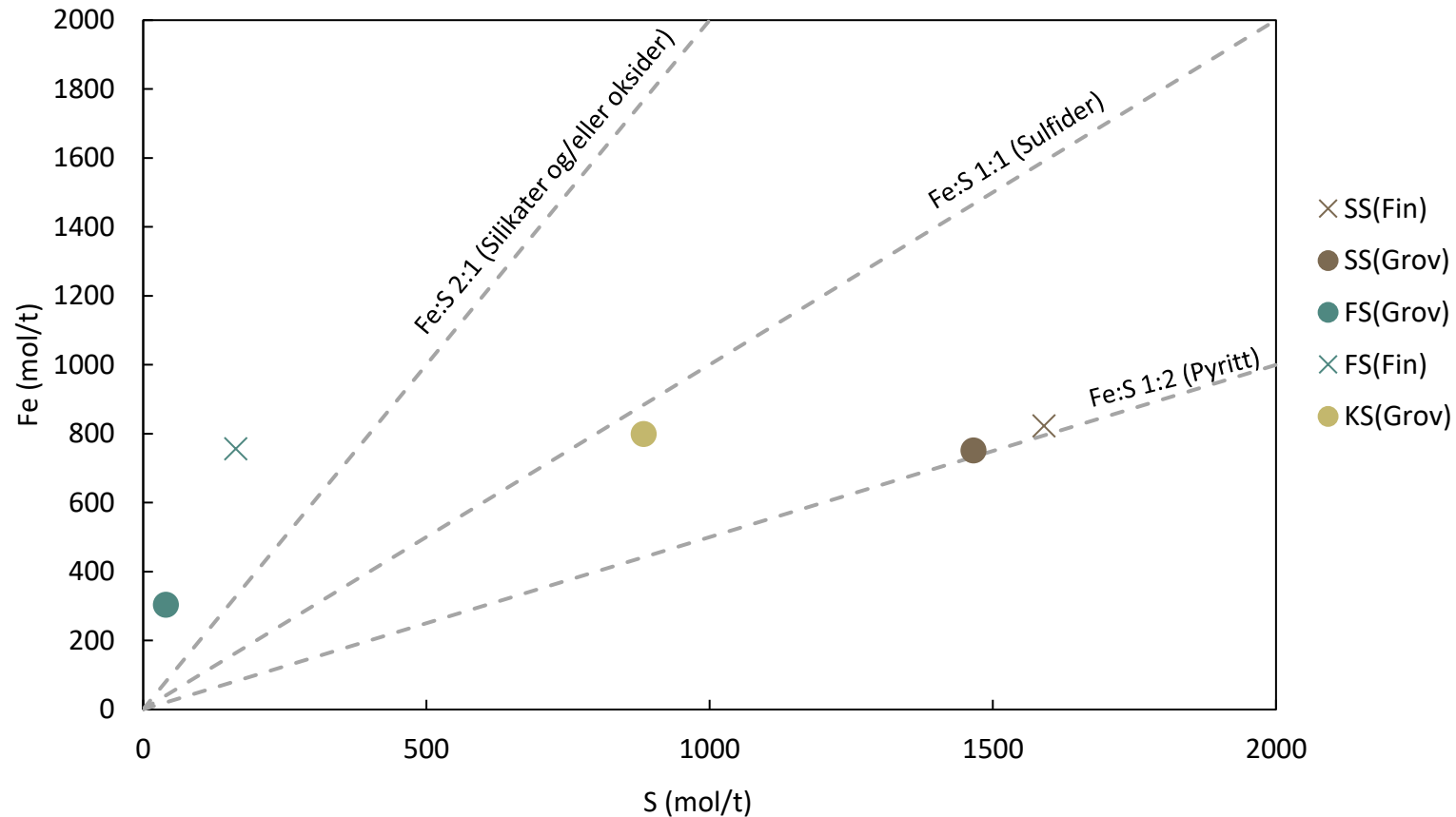


Uke	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Filtrert	X	X	X	X		X		X	X	X		X		X		X		X
Total	X	X	X	X					X									X
pH	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E.C.	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alkalitet																X		X





Hvilke mineraler er Fe og tungmetall bundet til?



Pyritt = Forvitrer lett

Silikater/oksider =
Forvitrer sakte (pH <4)



Totalinnhold av utvalgte tungmetall

Kolonnetype	Mo	Ni	Cu	Zn	Cd	U
	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg	g/kg
Dekomp.:	HF	HF	HF	HF	HF	HF
Alun (SS(Fin))	0,28	0,32	0,14	0,26	0,006	0,13
Alun (SS(Grov))	0,19	0,24	0,10	0,21	0,005	0,12
FS(Fin)*	0,44 ± 0,005	0,14 ± 0,005	0,35 ± 0,009	0,20 ± 0,005	0,005 ± 0,0001	0,15 ± 0,008
FS(Grov)	0,16	0,05	0,12	0,09	0,002	0,04
KS(Grov)*	0,21	0,25 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,18 ± 0,01	0,004 ± 0,0003	0,14 ± 0,01

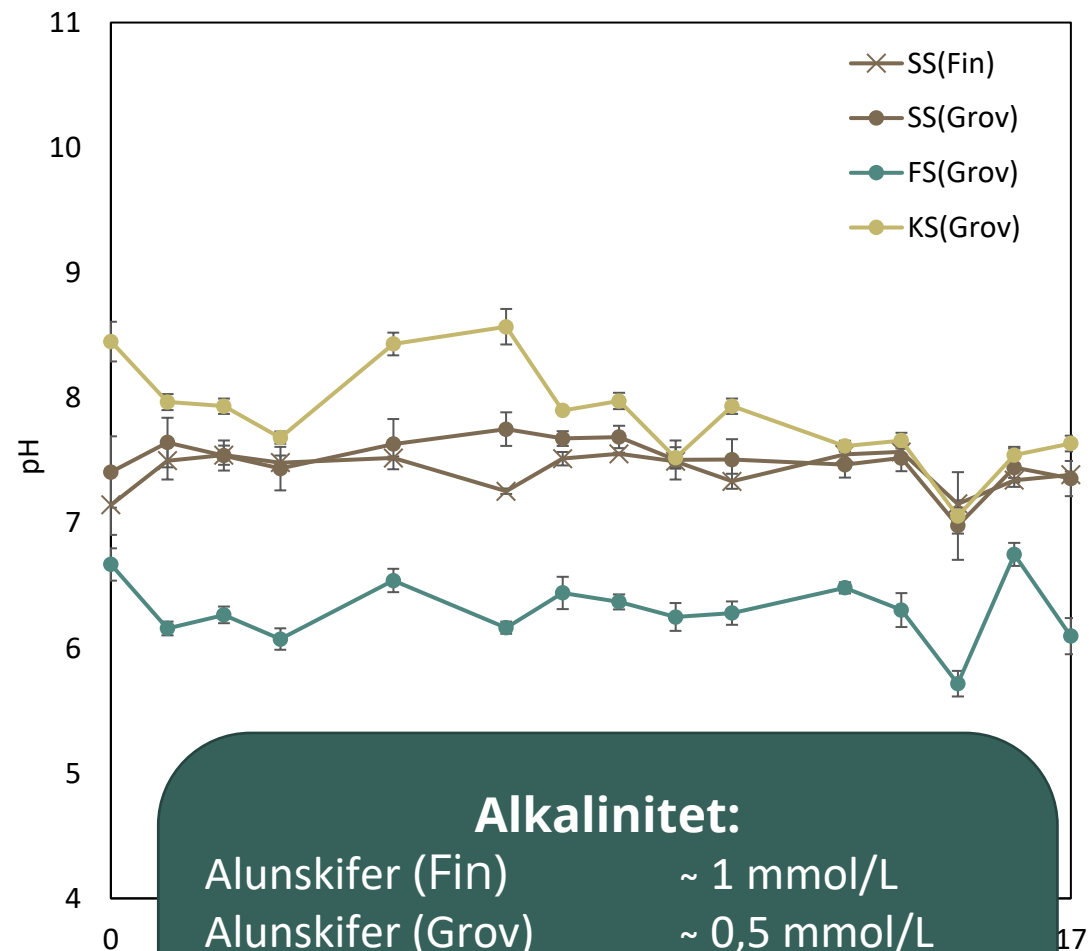
Totalinnhold av uran > 0,08 g U /kg



Deponi



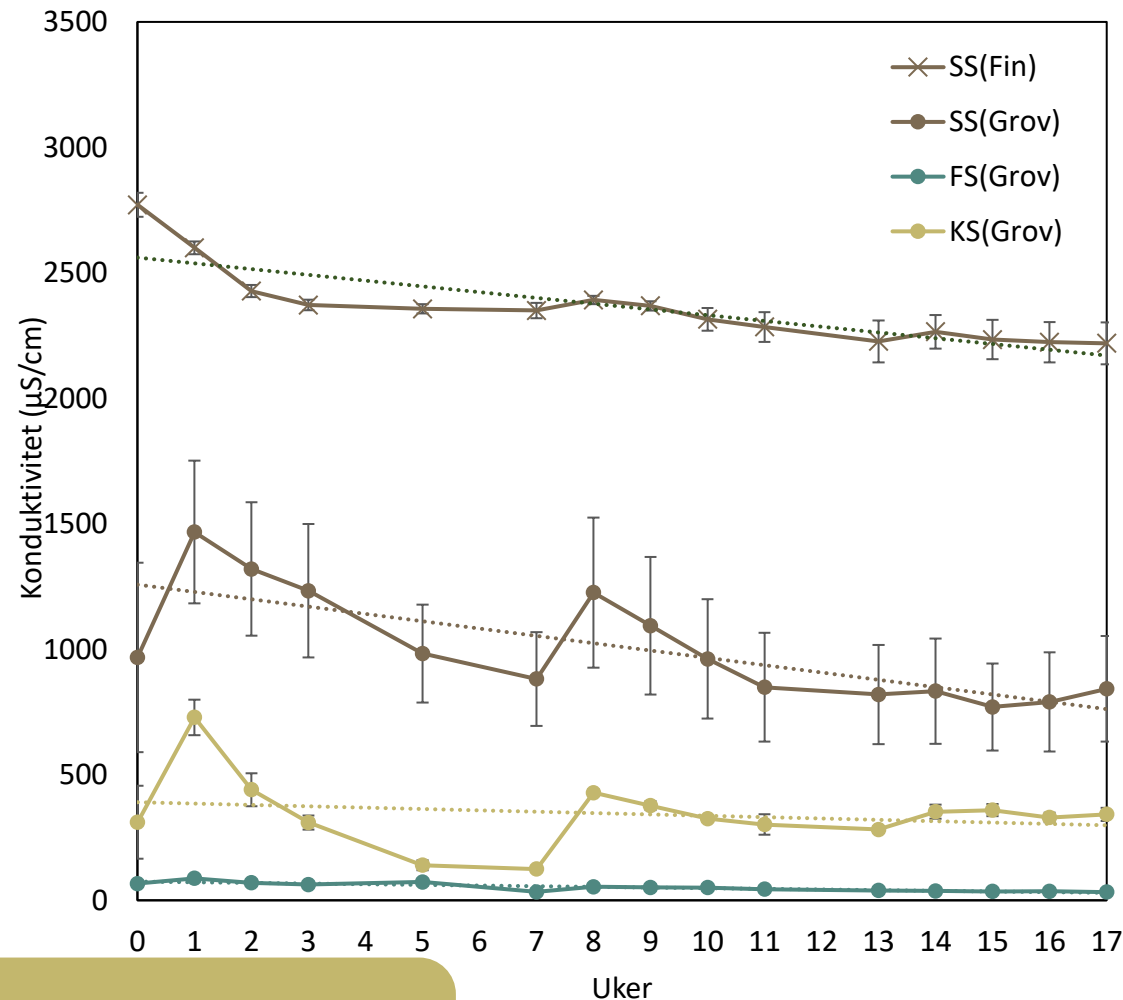
pH

**Alkalinitet:**

Alunskifer (Fin) ~ 1 mmol/L
 Alunskifer (Grov) ~ 0,5 mmol/L
 Forv. svartskifer (Grov) ~ 0,04 mmol/L
 Kalkrik svartskifer (Grov) ~ 0,45 mmol/L

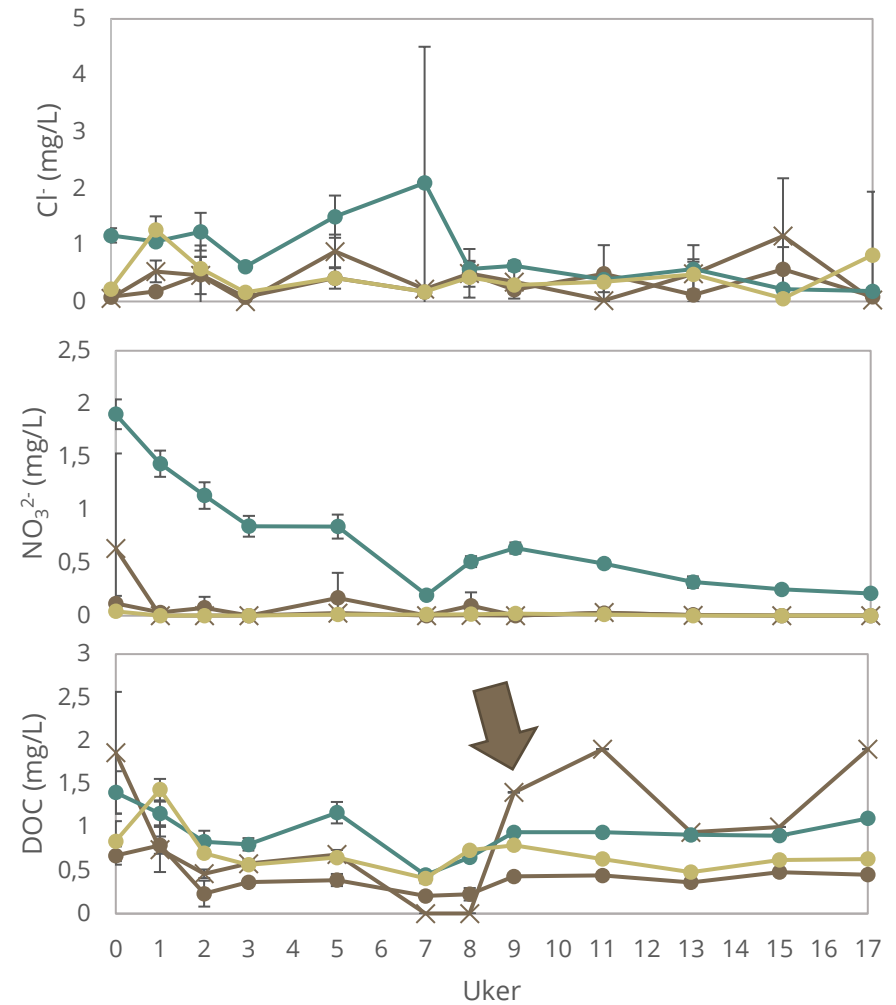
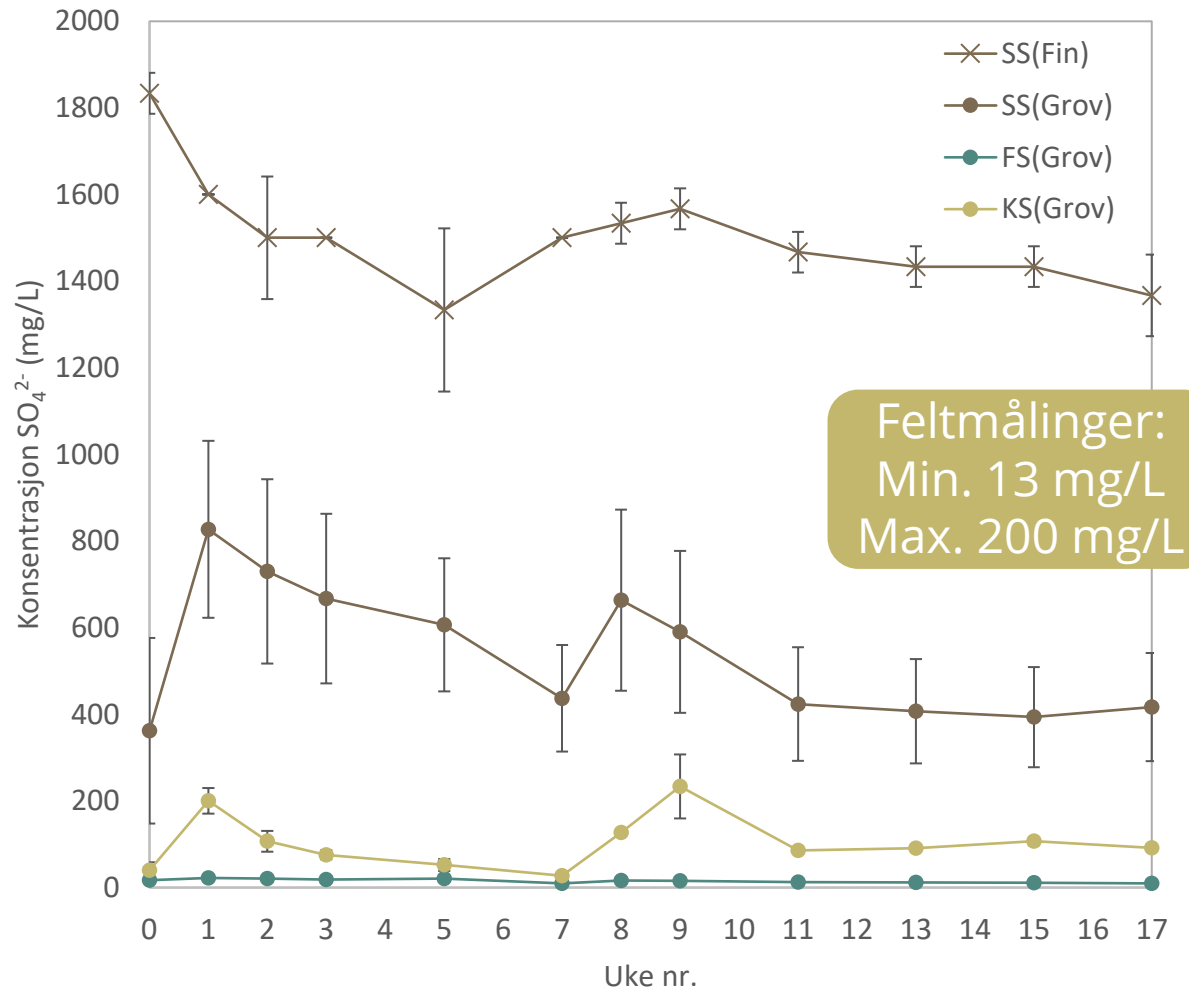
&

Ledningsevne (E.C.)

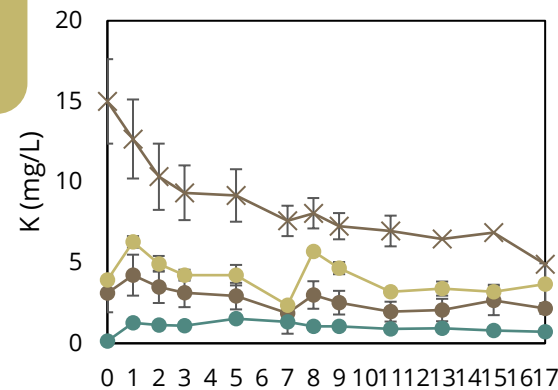
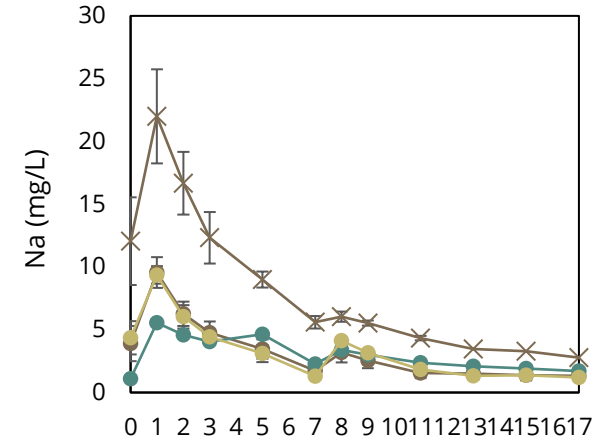
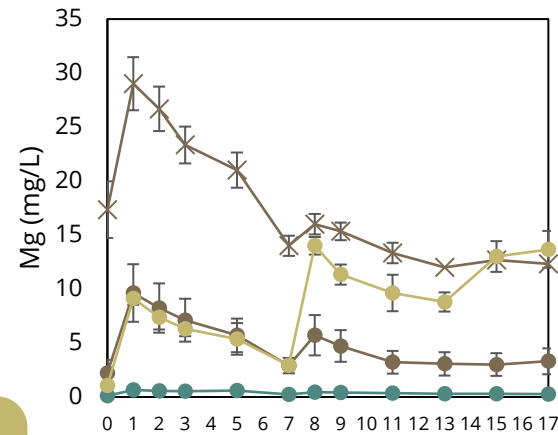
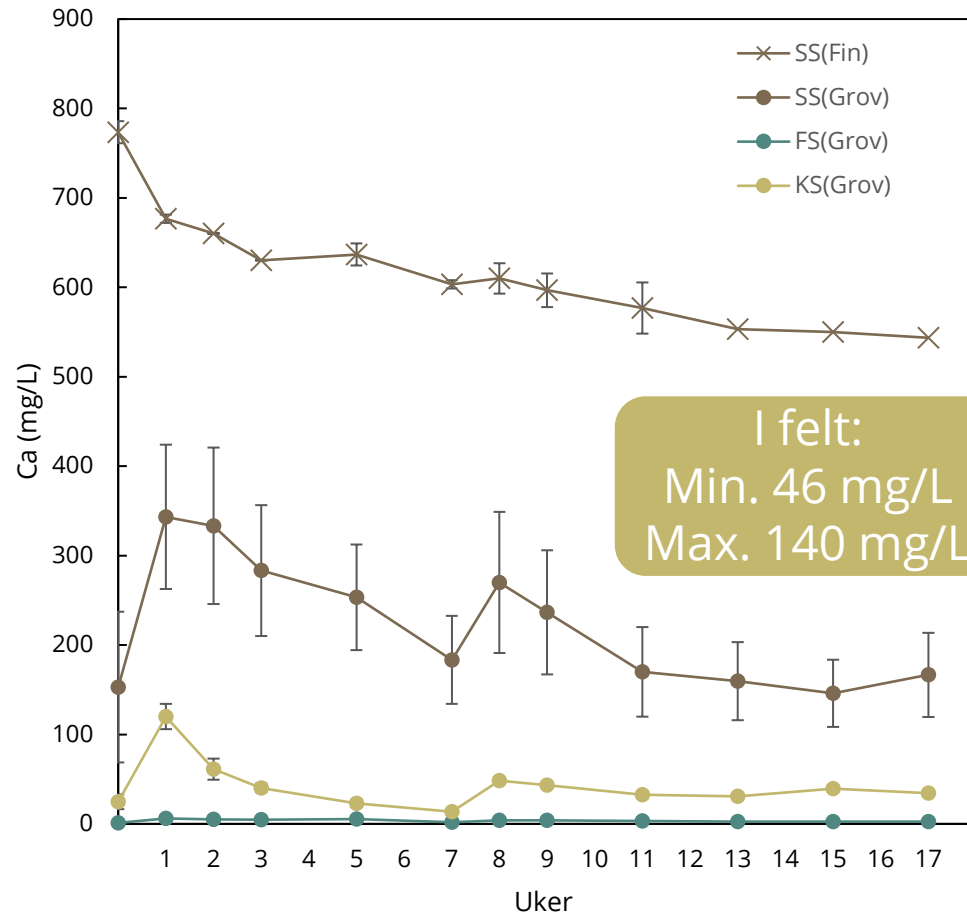


Høy alkalinitet i felt:
1,6 – 3 mmol/L

Utlekking av anioner

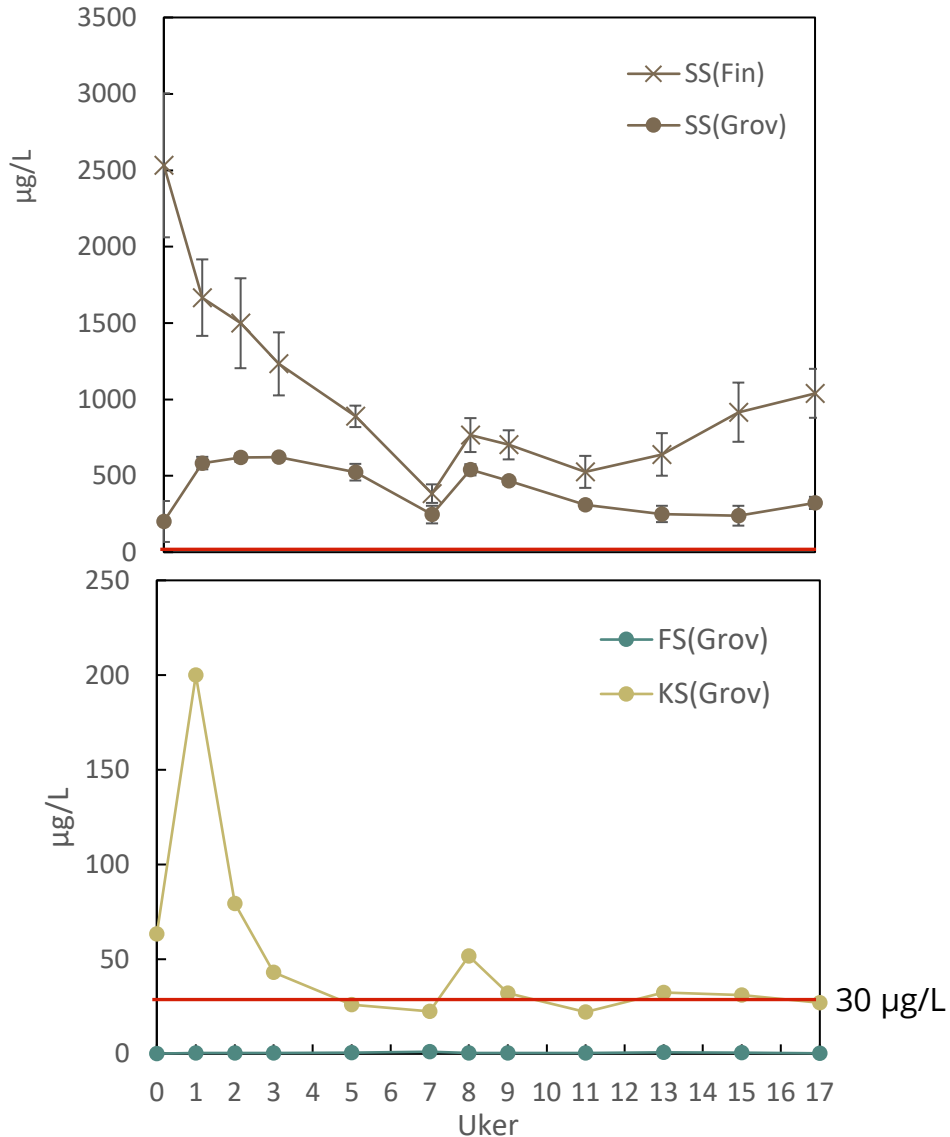


Utlekking av kationer



Utlekkingstrend for uran

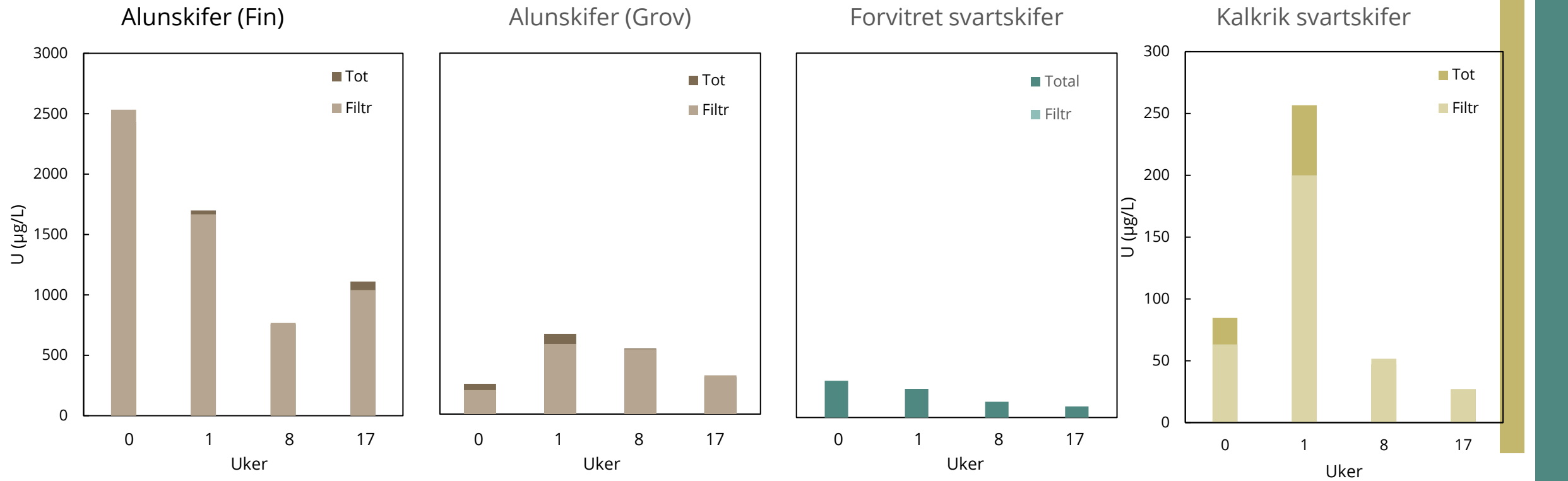
Uran




- Høyest utlekking i starten av forsøket
- Utlekking av Alunskifer (Fin) øker i slutten
 - Koblet til økt DOC?
- Grenseverdi for U i ferskvann 30 µg/L (WHO)



Løst i vann (<0,45µm) eller partikulært?



Konklusjon

- Alle svartskifertypene $> 0,08\text{g U/kg}$  Deponipliktig
- **Men** det er stor forskjell i utlekking av U fra de ulike svartskifertypene
 - Alunskifer (fin & grov) $\gg 30\ \mu\text{g U/L}$
 - Kalkrik svartskifer $\pm 30\ \mu\text{g U/L}$ (i «grenseland»)
 - Forvitret svartskifer $\ll 30\ \mu\text{g U/L}$ (mer partikulært)
- Stabil, nøytral pH gjennom hele forsøket
- Spesifikk overflate har stor betydning for utlekking
 - Alunskifer (Fin) $>$ Alunskifer (Grov)
- Romlig fordeling av sulfider i bergarten
- Hvilke mineraler tungmetallene er bundet til

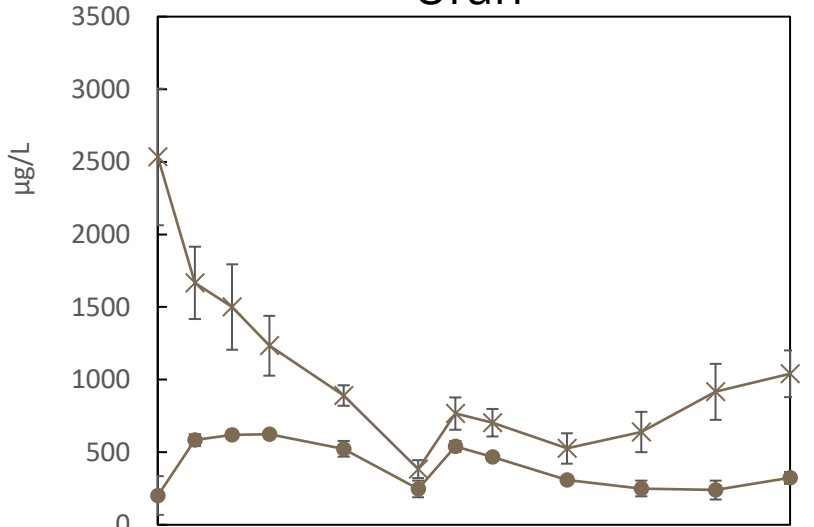


Takk for meg!

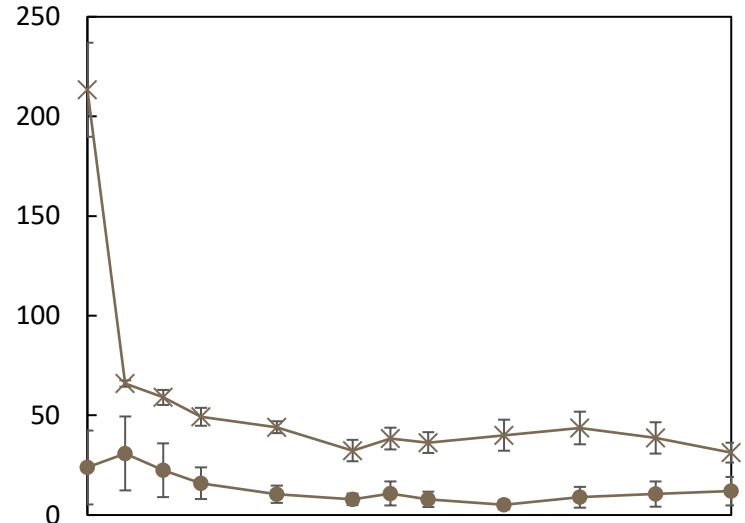


Utlekking av U, Cd og Ni

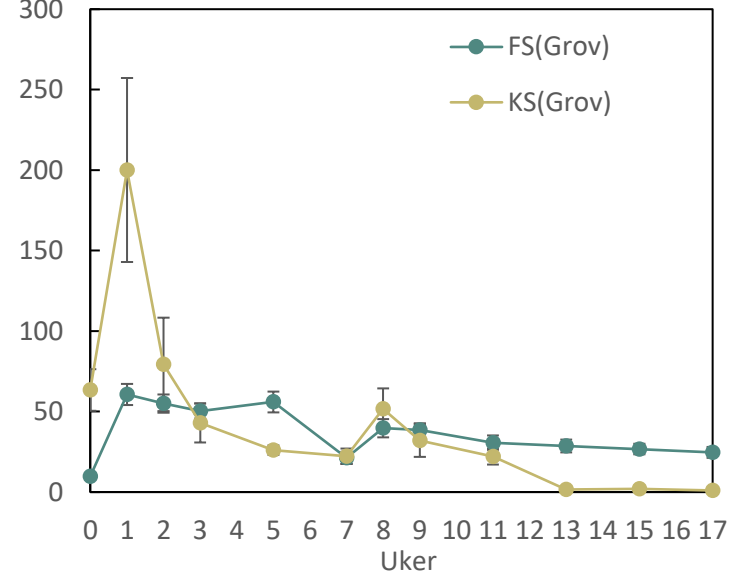
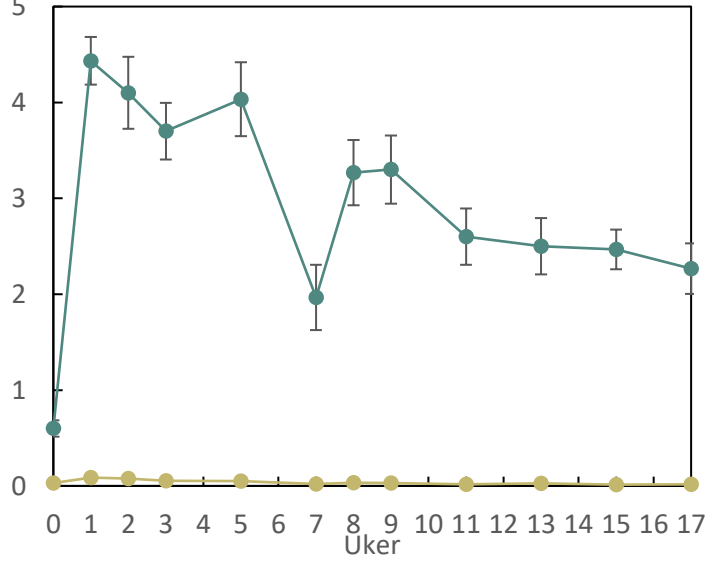
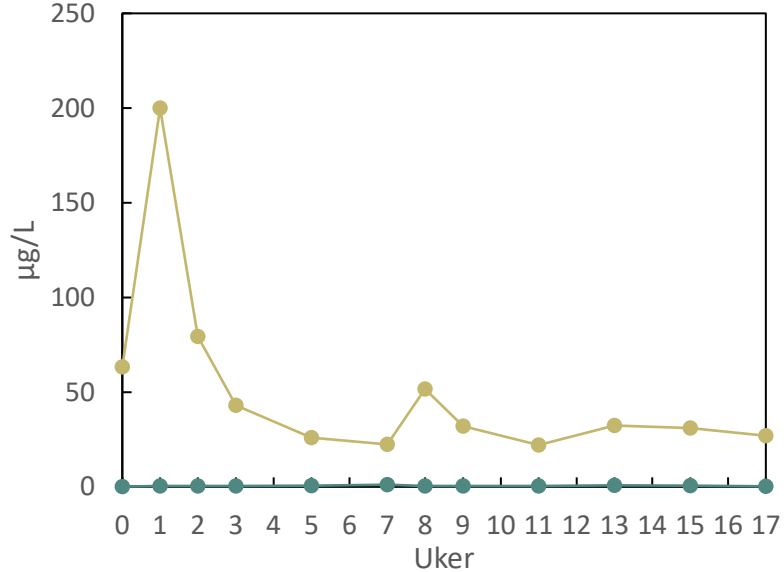
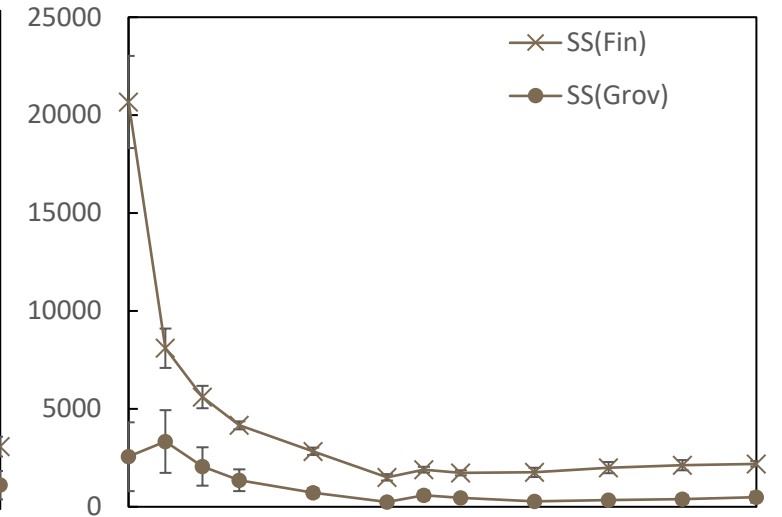
Uran



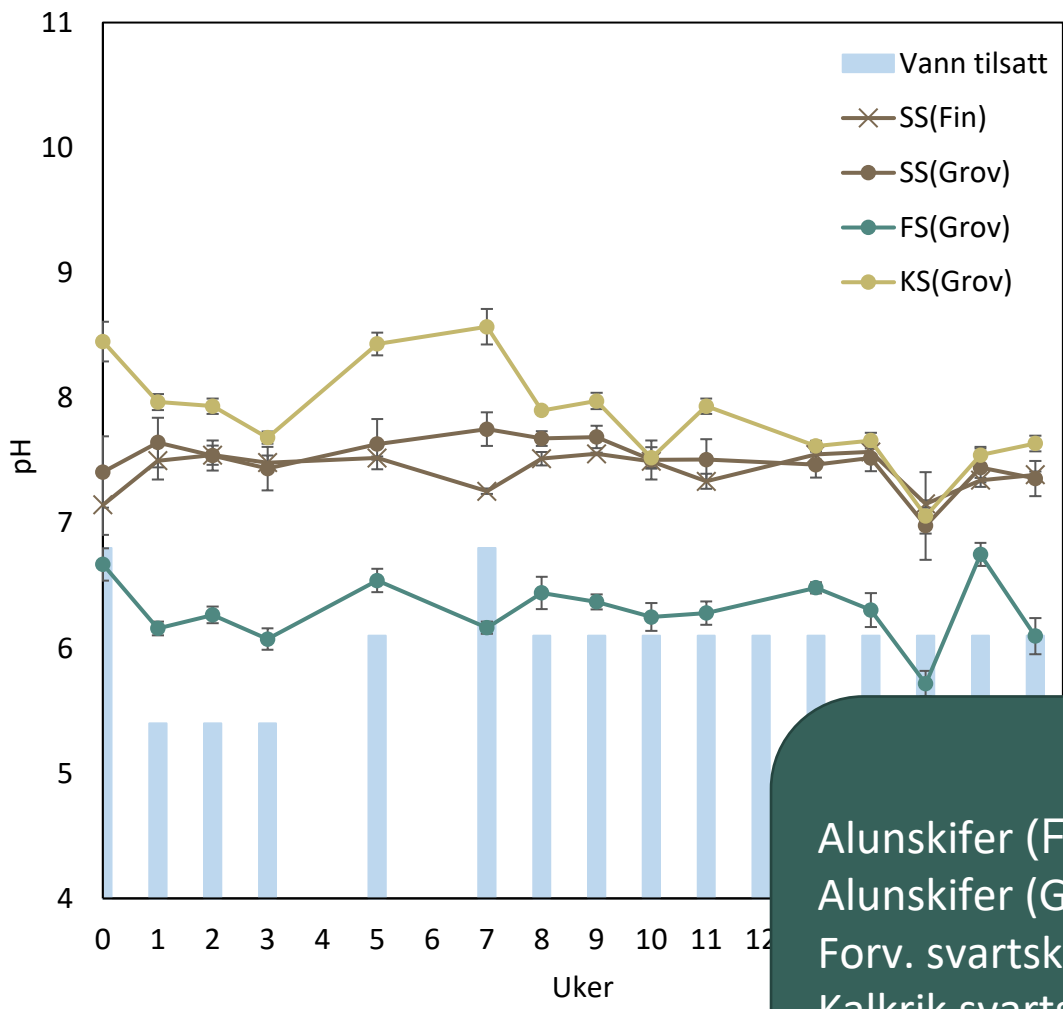
Kadmium



Nikkel

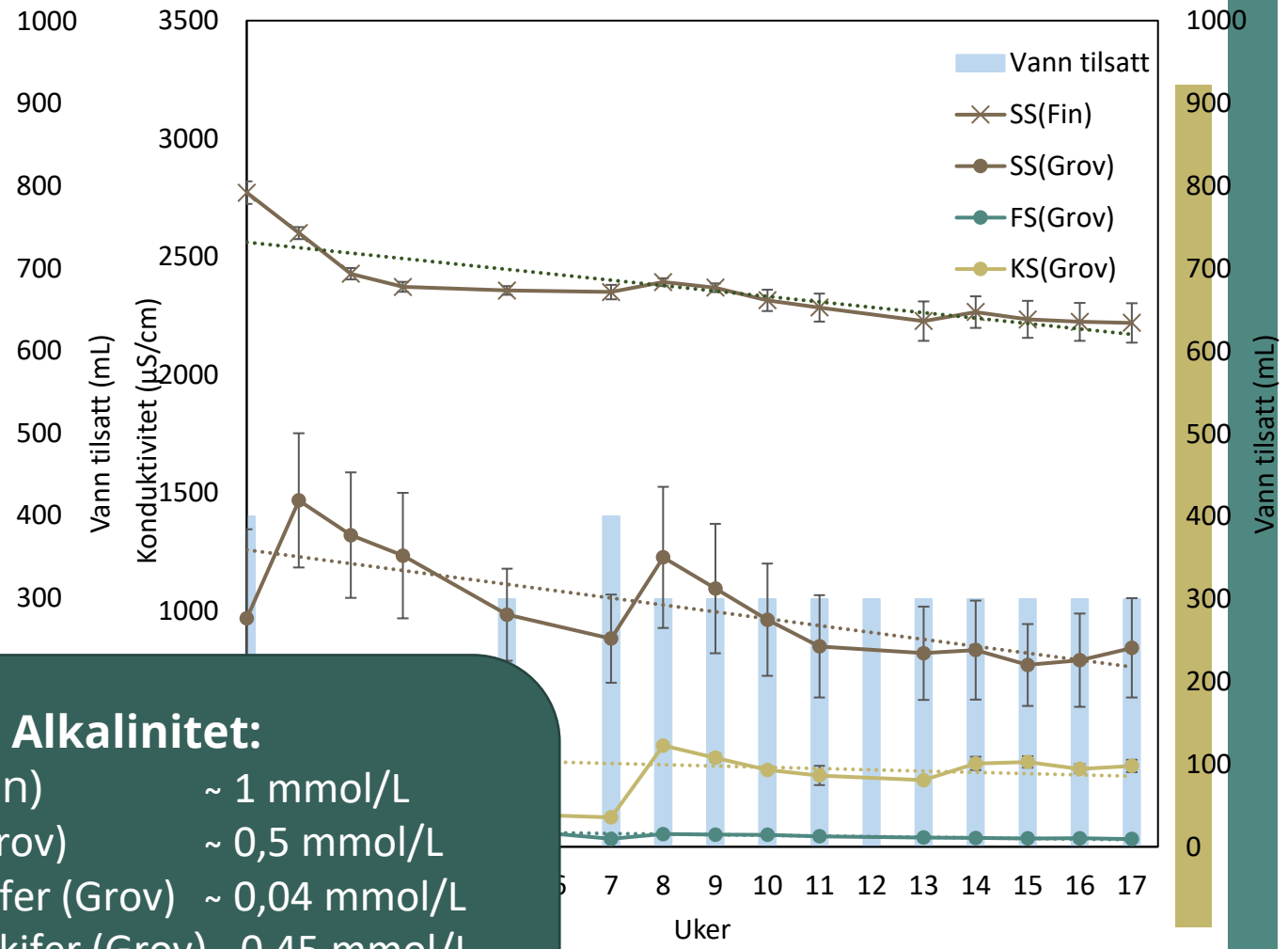


pH



&

Ledningsevne (E.C.)



Alkalinitet:
 Alunskifer (Fin) ~ 1 mmol/L
 Alunskifer (Grov) ~ 0,5 mmol/L
 Forv. svartskifer (Grov) ~ 0,04 mmol/L
 Kalkrik svartskifer (Grov) ~ 0,45 mmol/L