

Praktiske råd ved bygging i og på alunskifer og andre syredannende bergarter

Erik Endre

erik.endre@structor.no

Dynamisk eller statisk?

Forvitring i svarte leirskifre

- Manglende kontroll på forvitring i svarte leirskifre er årsak til bygningsskader, forkortet levetid, uheldige miljøkonsekvenser og inneklima (radon)
- Forvitring i bergarter påvirker bergmekaniske egenskaper.
- Forvitring inkluderer en ny mineralogi og kjemiske og fysiske prosesser

Forutsetninger forkontroll på forvitring

- Det skal ikke prosjekteres løsninger som innebærer forvitring i alunskifer
- Det bør (skal) ikke prosjekteres løsninger som senker grunnvannsspeil
- Det skal derfor ikke prosjekteres drenerte løsninger.
- Det skal ikke prosjekteres løsninger som innebærer infiltrasjon fra overvann i grunnen.
- Bygg på alunskifer anbefales gruppe A radonsperre.
- Radontiltak: Det skal derfor ikke prosjekteres løsninger der luft tilføres for å tynne ut radonkonsentrasjoner under sperresjikt dersom det ikke ligger en klasse A membran (diffusjonstett lag) på eksponerte alunskiferflater (svarte leirskifre).

Prosjekteringsgrunnlag RIG

- Prosjektering av byggetekniske løsninger der syredannende bergarter utgjør byggegrunn forutsetter kunnskaper utover tradisjonell geoteknisk/ingeniørgeologiske forutsetninger
- Geometri for inngrep i grunnen
- Trasévalg
- Utforming byggegrop
- Berggrunn – hvilke bergarter
- Topografi omgivende terreng
- Tilstand og løsninger ”tilstøtende” eiendommer (influenksområde) av tiltak

Føringer for andre prosjekterende fag der grunn utgjør svarte leirskifre

- **Prosjekterende fag må få riktig grunnlag fra RIG 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. Ikke avrettingslag under diffusjonstett sperresjikt (klasse A membran). Avklare behov for evt. frittstående dekke
- RIV: Plassering VA, ikke blande grunnvann og bruksvann, fordrøyningsløsning – ikke infiltrasjon 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) (Temperaturoendringer, kondens, offerpuss med mer.)
- RIM: Miljøkrav og kontrollrutiner (tiltaksplan, MOP), dokumentasjon deponikategori

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
- Volumutvidelser (årsak til utvikling av **svelleteykk**)
- Alle sulfatmineraler har et større volum enn sulfidene de dannes fra

Dimensjonering for svelletrykk

- Svelletrykk kan utvikles i umettet sone
- Dimensjonering for svelletrykk betyr at en ikke har kontroll på forvitring i svarte leirskifre
- Tommelfingerregel i bransjen har vært 2 MPa
- - ”en uskreven lov...??”
- Skader på bygninger skyldes
 - - dels byggeskikk
 - - dels at en ikke har kontroll på forvitring
- Det er sannsynlig at andre mineraler enn sulfatene også bidrar til svelletrykk (leirmineraler)

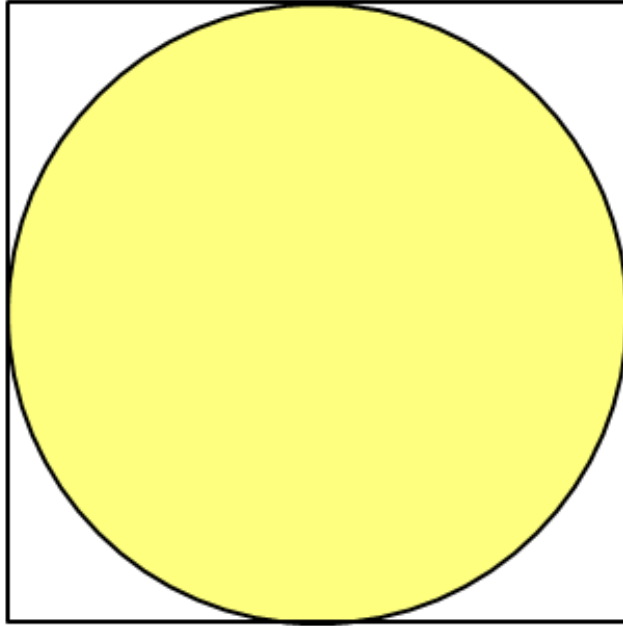
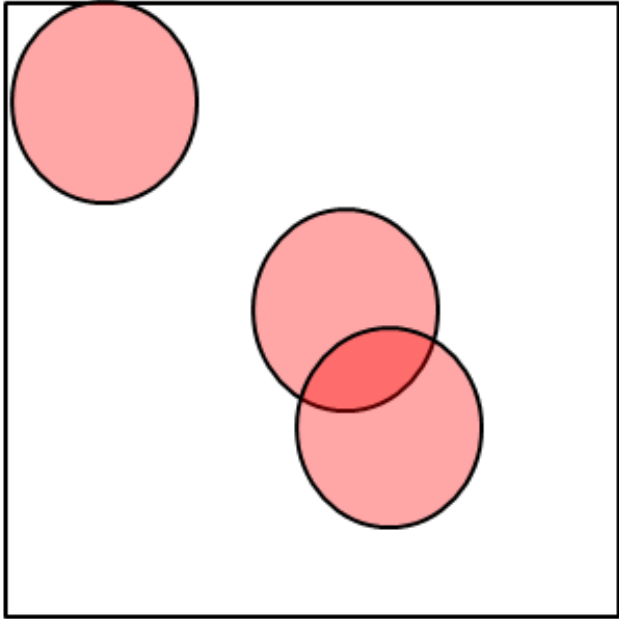
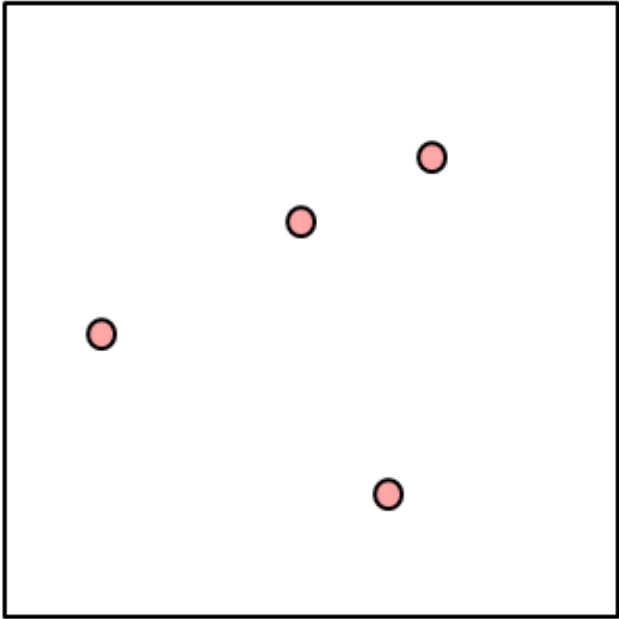
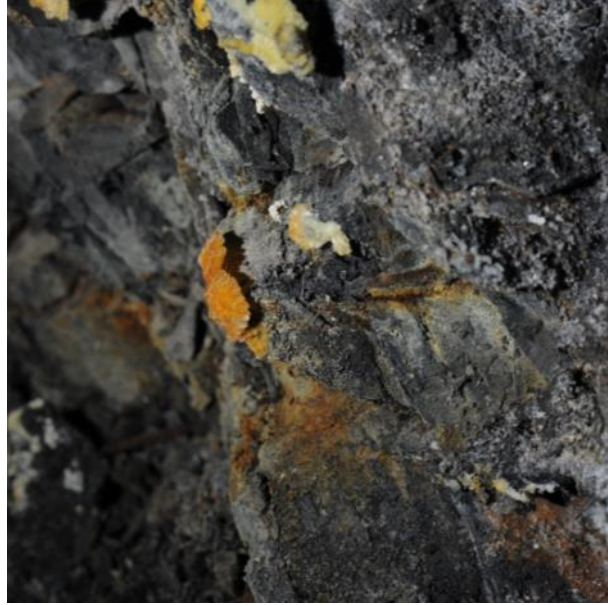
Identifisering av type svart leirskifer

- **Hvorfor er dette så viktig??**
- Alunskifer
- Galgebergskifer
- Elnesskifer
- **Påvirker:**
- Design byggegrop
- Stabilitet byggegrop
- Løsningsalternativer
- Deponikategori
- Miljøtiltak(oppfølging)

- Økonomi, materialvalg, utførelse, logistikk, levetid, miljø, HMS
- Deponi, Dokumentasjon

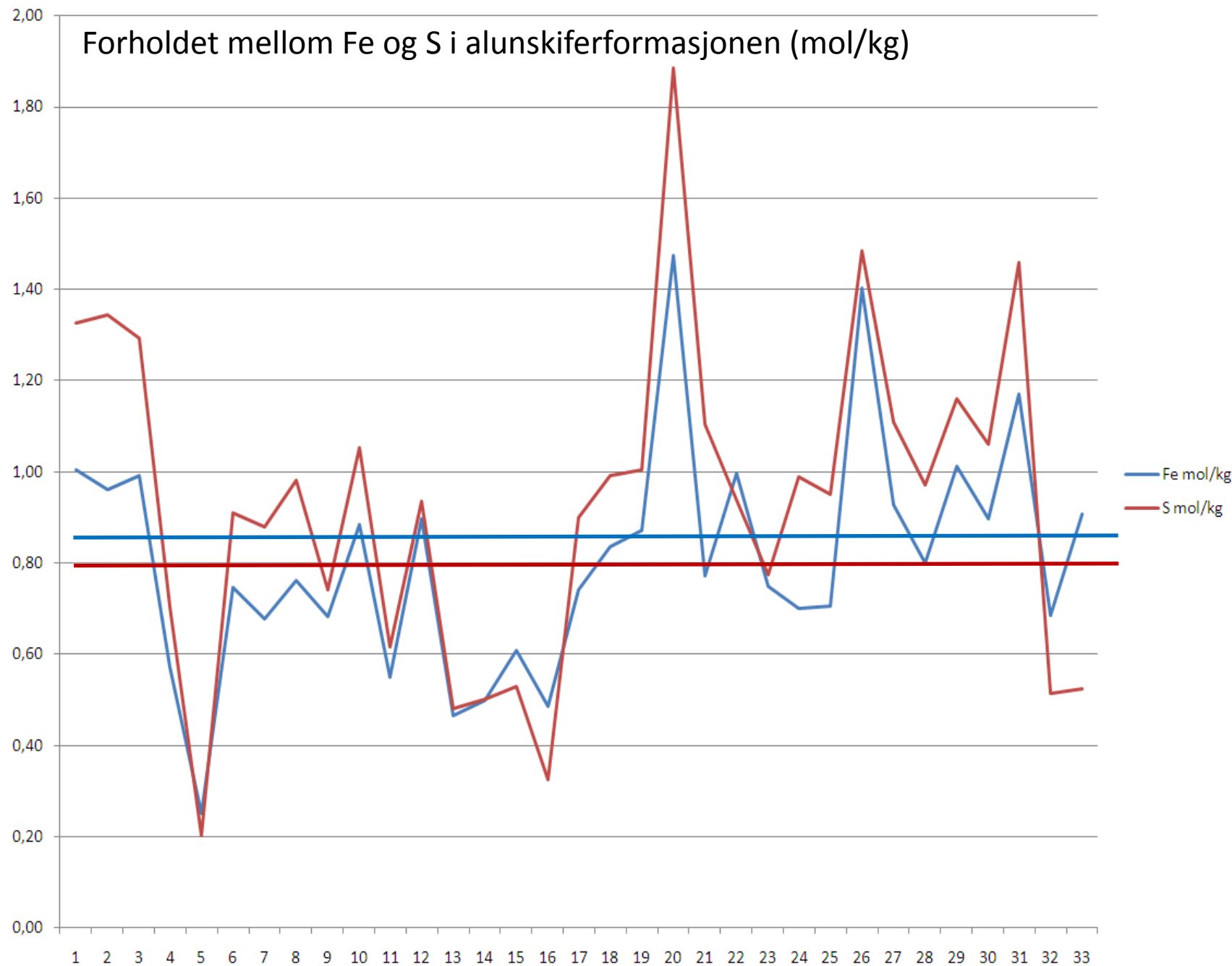
Karakteristiske trekk svarte leirskifer

- Alunskifer
- Galgebergskifer
- Elnesskifer
- **Ulike forvitringsegenskaper**
- **Ulike krav til byggetekniske løsninger**
- Det er også geografiske forskjeller innen hver type svart leirskifer!



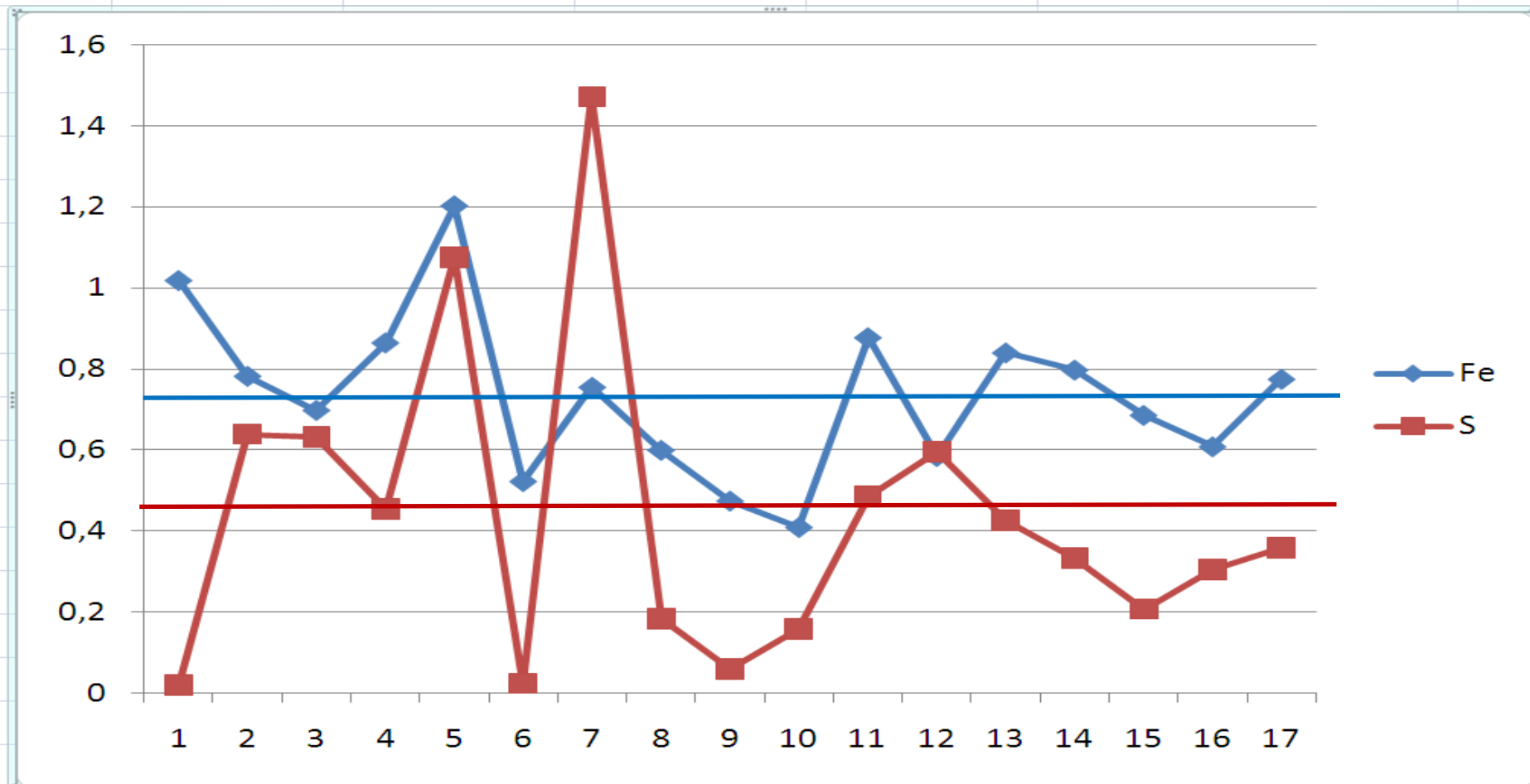
Sample	Kasse	Kjerne (målt fra start i kasse)	Fe ₂ O ₃ mol/kg	Fe mol/kg	S mol/kg
St1.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	9,30			
St2.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	9.51 - 9.52			
St3.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	8.31 - 8.33			
St4.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	8.45 - 8.47			
St5.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	7.09 - 7.12			
St6.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	7.31 - 7.34			
St7.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	7.48 - 7.50			
St8.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	7.66 - 7.68			
St9.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	6.07 - 6.09			
St10.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	6.36 - 6.38			
St13.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	5.16 - 5.18			
St15.1	Kasse 3 (20.00 - 31.50m)	5.60 - 5.63			
St16.1	Kasse 4 (31.50 - 43.80m)	4.06 - 4.08			
St18.1	Kasse 4 (31.50 - 43.80m)	3.58 - 3.60			
St19.1	Kasse 4 (31.50 - 43.80m)	2.20 - 2.23			
St21.1	Kasse 4 (31.50 - 43.80m)	1.705 - 1.72			
St22.1	Kasse 4 (31.50 - 43.80m)	1.07 - 1.10			
St23.1	Kasse 4 (31.50 - 43.80m)	1.41 - 1.43			
St24.1	Kasse 4 (31.50 - 43.80m)	1.74 - 1.75			
St28.1	Kasse 4 (31.50 - 43.80m)	4.72 - 4.74			
St29.1	Kasse 4 (31.50 - 43.80m)	5.07 - 5.08			
St30.1	Kasse 4 (31.50 - 43.80m)	5.54 - 5.56			
St34.1	Kasse 5 (43.80 - 52.00m)	8.03 - 8.05			
St35.1	Kasse 5 (43.80 - 52.00m)	8.40 - 8.43			
St36.1	Kasse 5 (43.80 - 52.00m)	8.59 - 8.62			
St38.1	Kasse 5 (43.80 - 52.00m)	7.44 - 7.46			
St40.1	Kasse 5 (43.80 - 52.00m)	6.60 - 6.62			
St41.1	Kasse 5 (43.80 - 52.00m)	4.2 - 4.22			
St42.1	Kasse 5 (43.80 - 52.00m)	4.48 - 4.50			
St43.1	Kasse 5 (43.80 - 52.00m)	3.03 - 3.06			
St45.1	Kasse 5 (43.80 - 52.00m)	3.795 - 3.815			
St47.1	Kasse 6 (52.00 - 96.50m)	7.74 - 7.77			
St49.1	Kasse 6 (52.00 - 96.50m)	4.14 - 4.17			

Forholdet mellom Fe og S i alunskiferformasjonen (mol/kg)



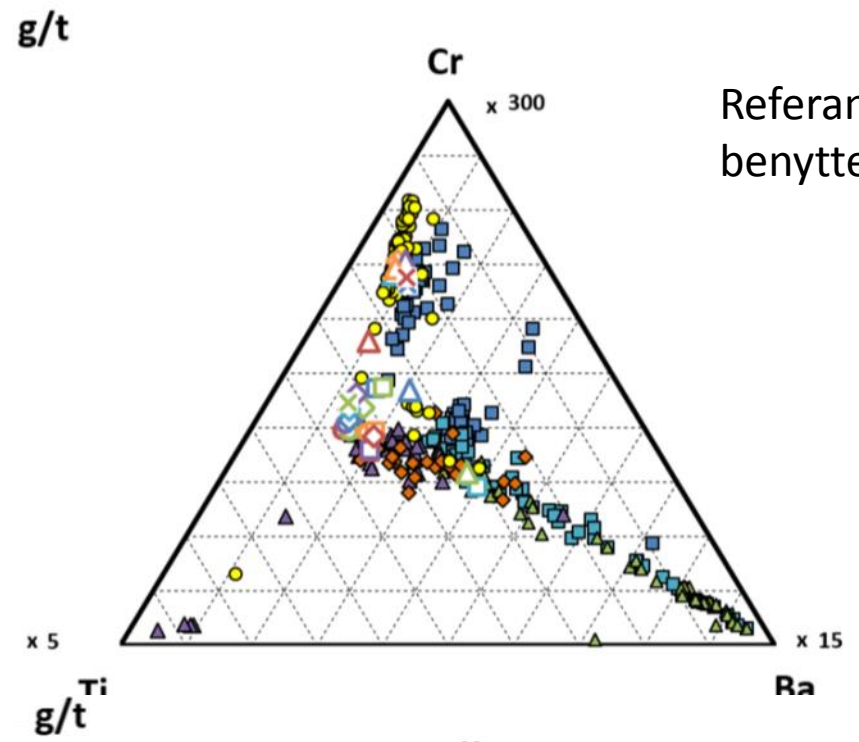
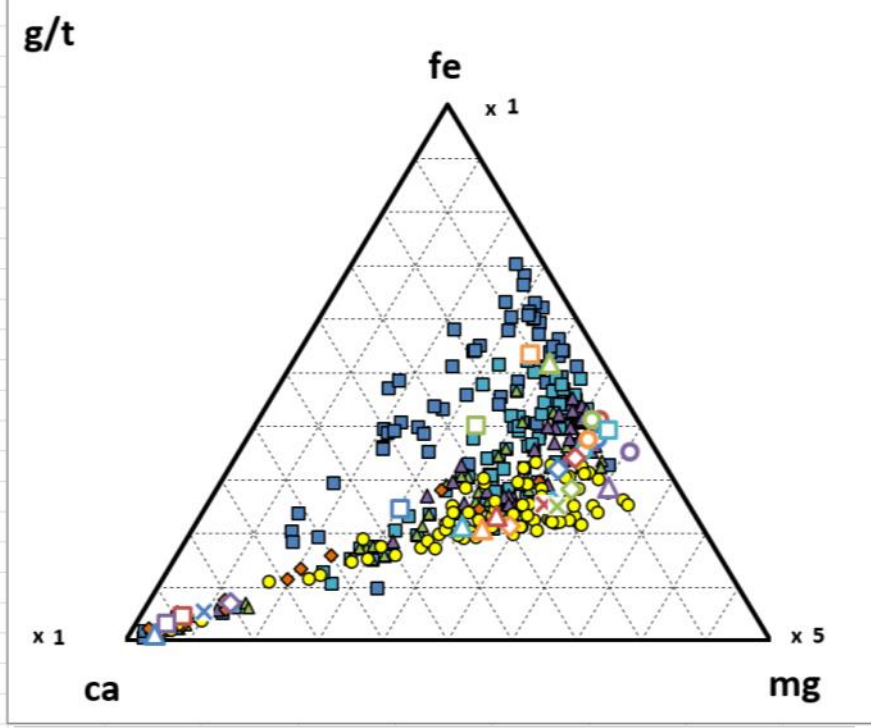
Forholdet mellom Fe og S i Galgebergskifer (Tøyenformasjonen, mol/kg)

ELEMENT	SAMPLE
1	51.8. Stein
2	TFM-X2. Stein
3	3 KUM 2-A. Stein
4	TFM-X. Stein
5	Ø-T 1D. Stein
6	53.1. Stein
7	UTG 1 Stein
8	UTG 2 Stein
9	UTG 3 Stein
10	UTG 4 Stein
11	34.1 Stein
12	3 Kum 2 Stein
13	Galgeberg-TFU1
14	Galgeberg-TFU2
15	Galgeberg-TFF
16	Gran-TRITON SKOLE I
17	Gran-TRITON SKOLE 2

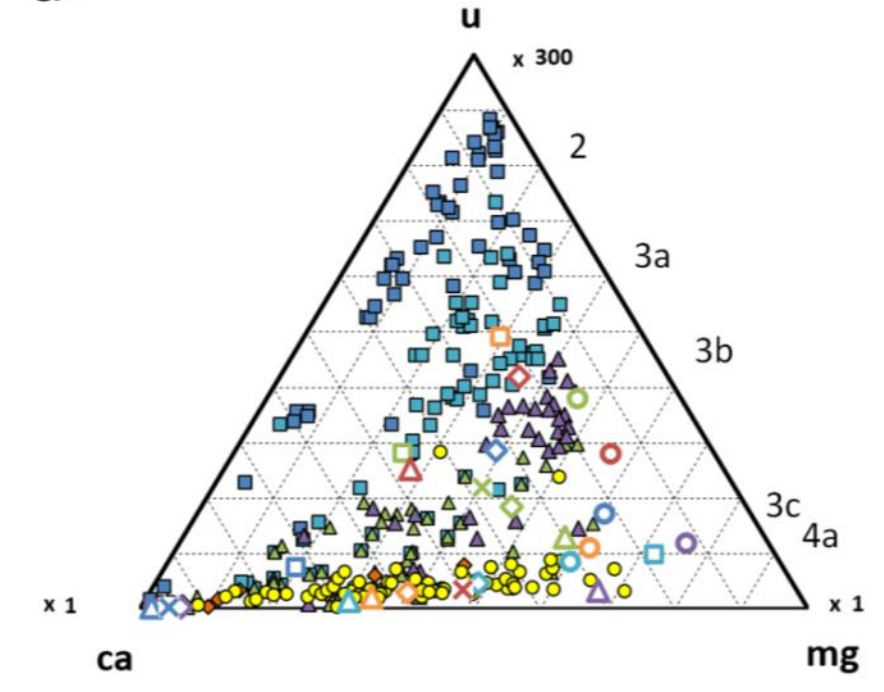
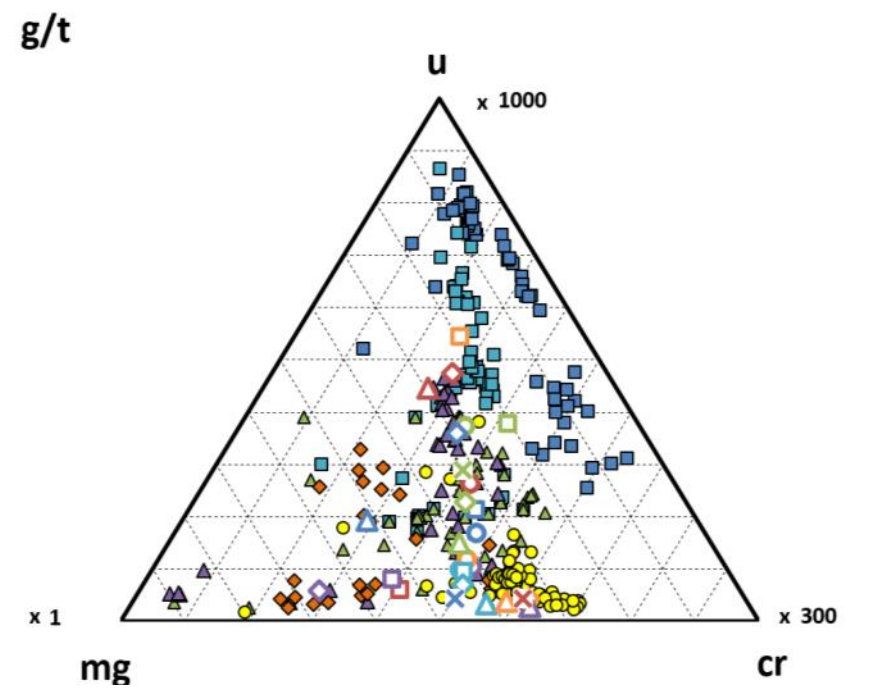


Trekantdiagram – relative konsentrasjoner

- Trekantdiagrammene gir mulighet til å identifisere de ulike svarte leirskifre.
- Trekantdiagrammene identifiserer også kalkrike leirskifre og mørke leirskifre høyere oppe i kambro-silurlagrekken

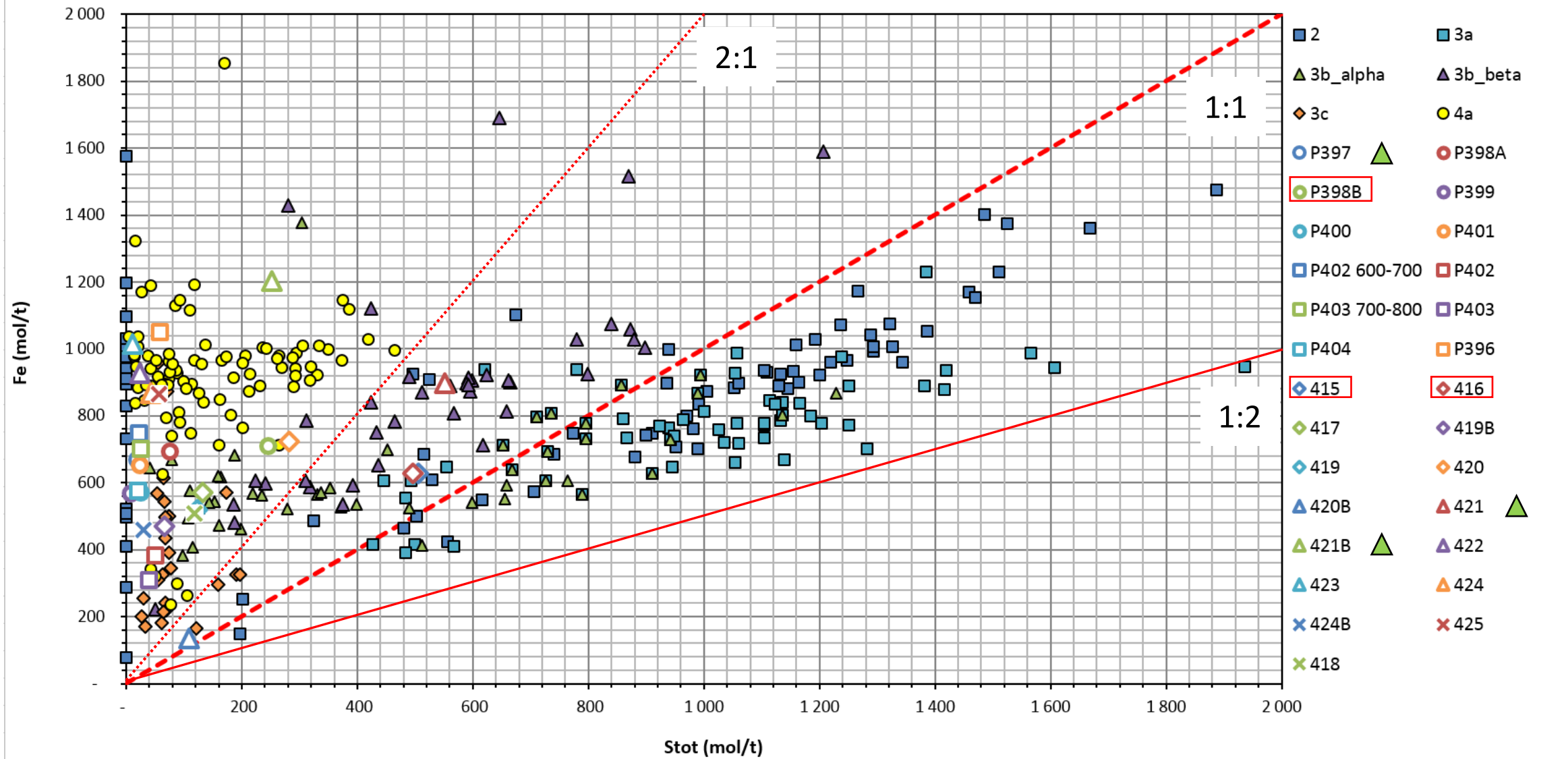


Referanseanalyser
benyttes i identifikasjon

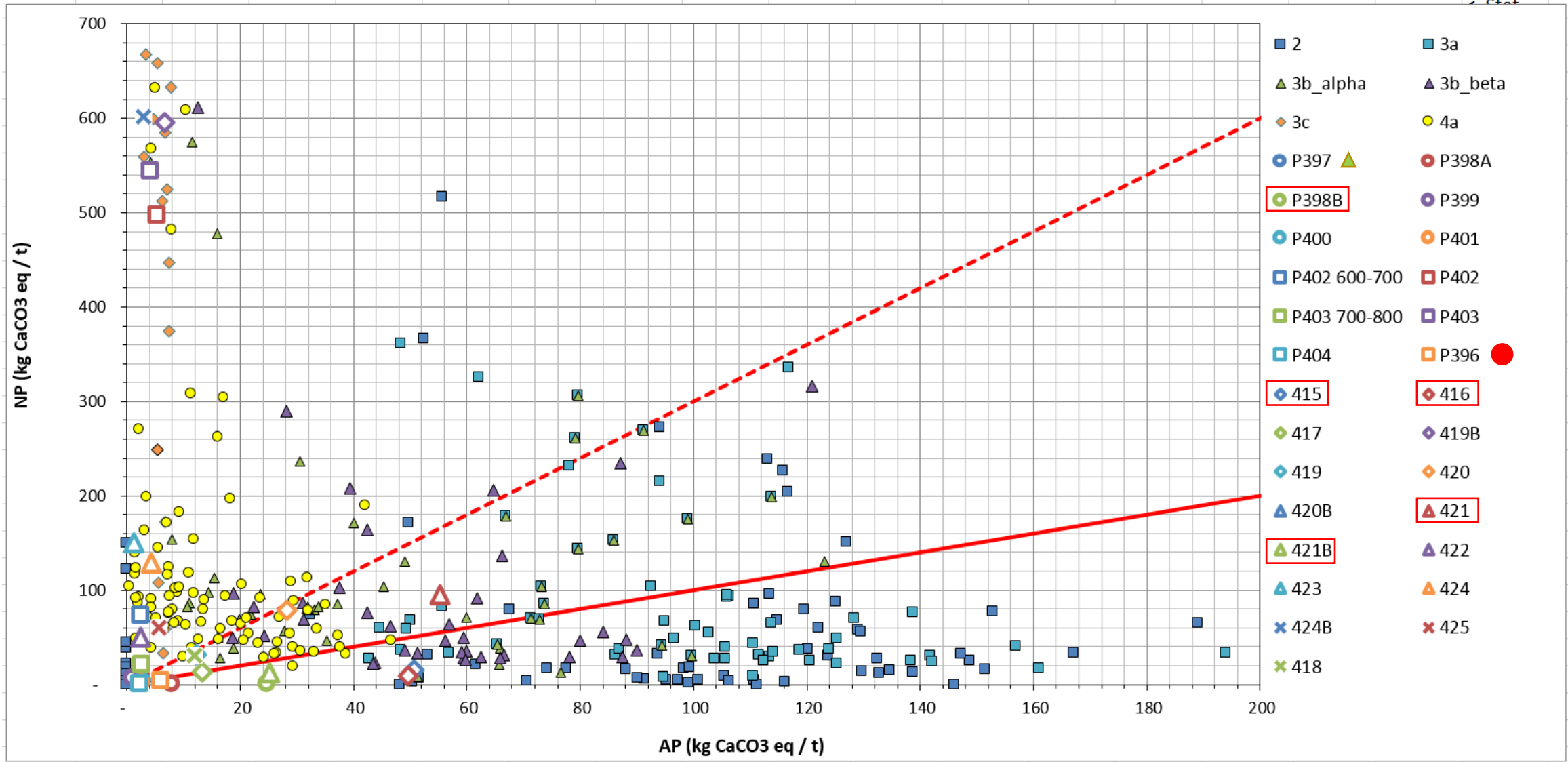


Fe/S og AP/NP

- Forholdet mellom jern og svovel gir informasjon om forvittringspotensialet og syredannende forurensende potensiale
- Forholdet mellom AP (syredannende potensiale og NP (nøytraliserende potensiale) gir informasjon om forurensende og syredannende potensiale.
- Disse diagram MÅ sees i sammenheng med trekantdiagrammene!
- **Bergarten er informasjonsbæreren**



Referanseanalyser benyttes i identifikasjon



Referanseanalyser benyttes i identifikasjon

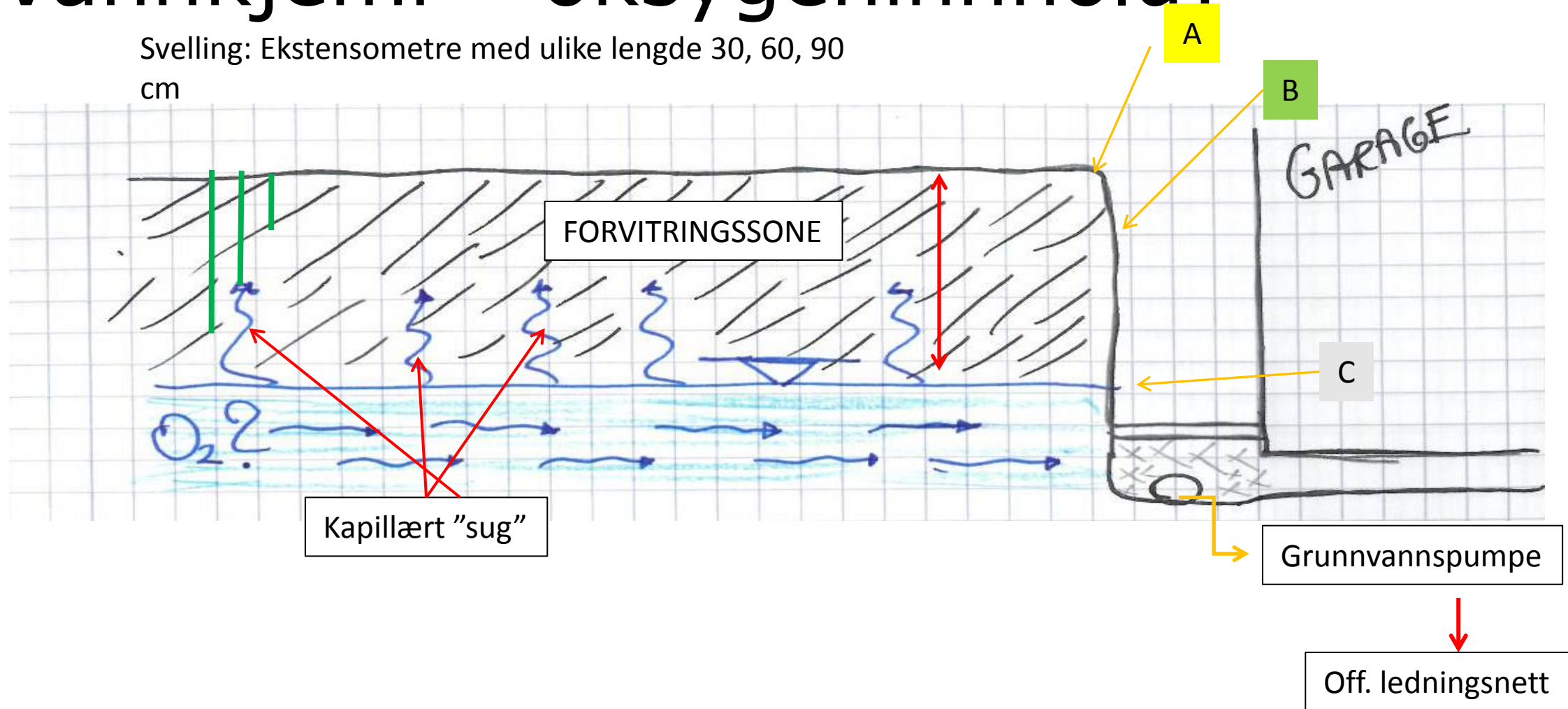
Vann ser ingen eiendomsgrenser

Drenert løsning - eksempler

Grunnvannsspeilet

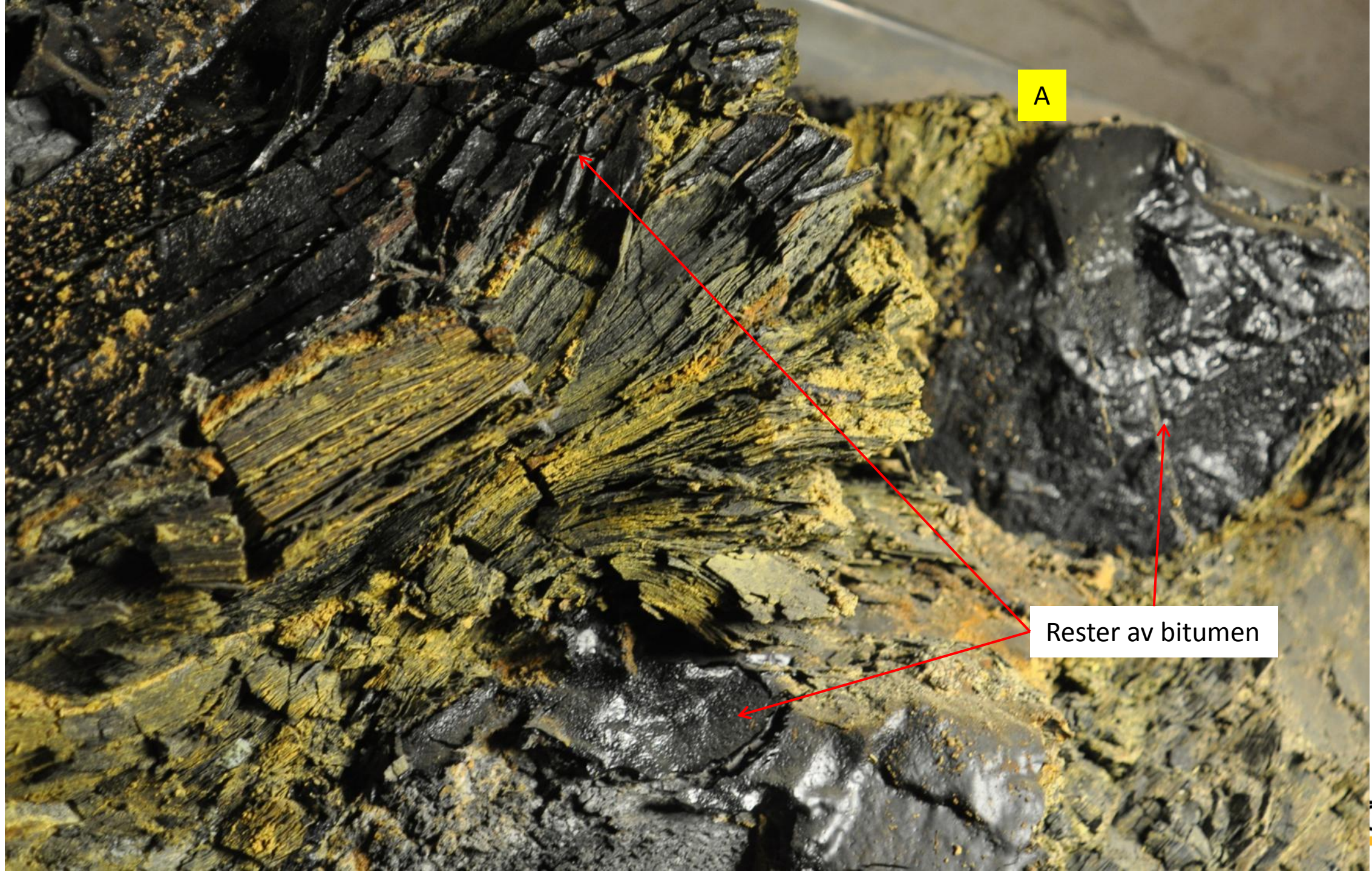
Vannkjemi – oksygeninnhold?

Svelling: Ekstensometre med ulike lengde 30, 60, 90 cm



A

Rester av bitumen





B

c



Drenert løsning – vannsig langs bolt.

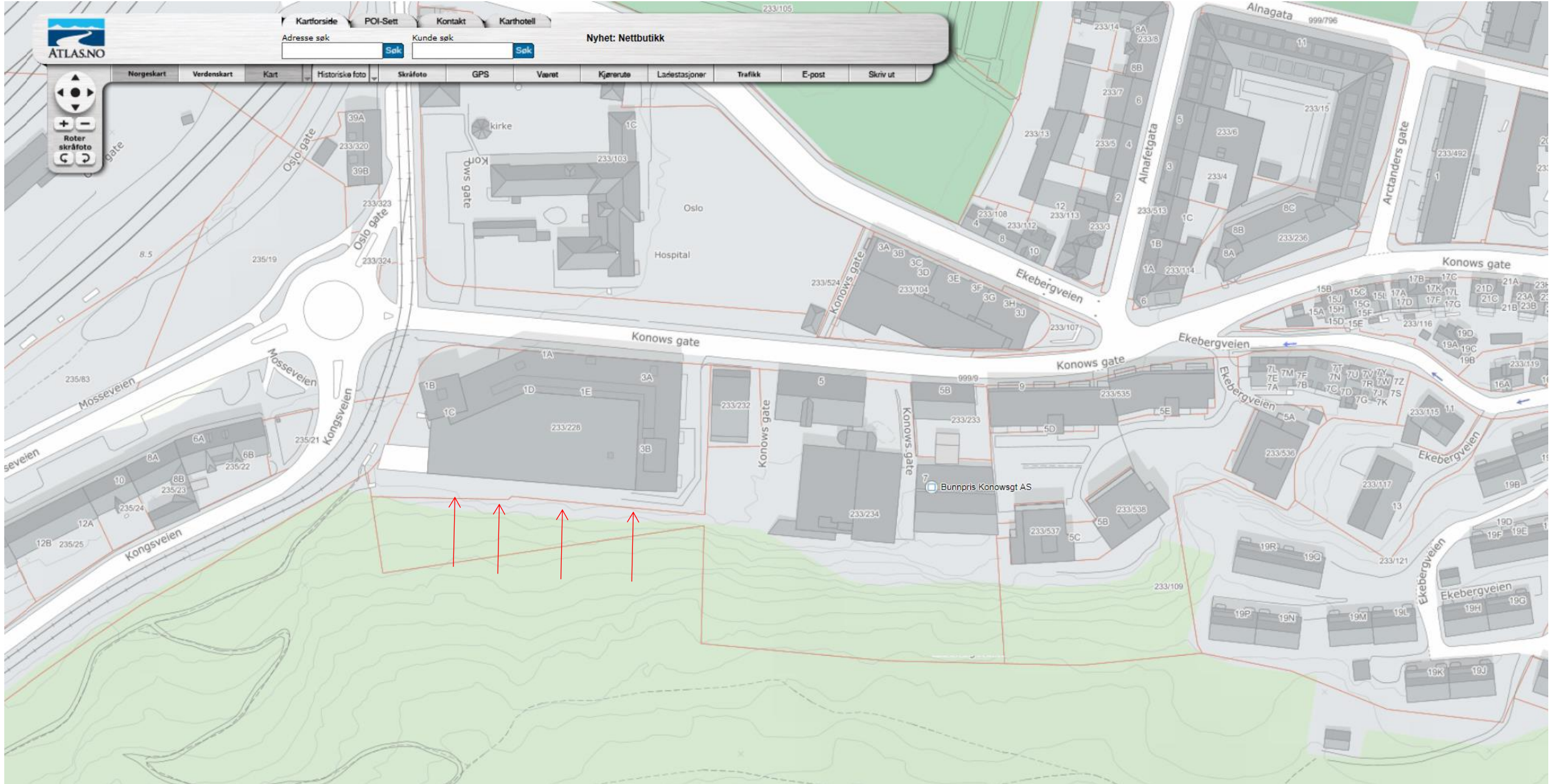
I slike tilfeller kan boltemørtelen løses opp på grunn av aggressiv vannkjemi

Bolten kan da gi en falsk sikring

Kan løses med injeksjon av boltemørtel med overtrykk

Det er konstruert bergbolter der en kan injisere under trykk





Drenert løsning i skjæring
Nett korroderer i løpet av kort tid





Drenert løsning – skjæring(høydesprang)
Stjerneformede riss antyder volumendringer

Drenert løsning Høydesprang

SOLI DEO GLORIA
GRUNDSTEN LAGT AF
GEORG FRØLICH
PAA HANS 50 AARIGT
FØDSELSDAG



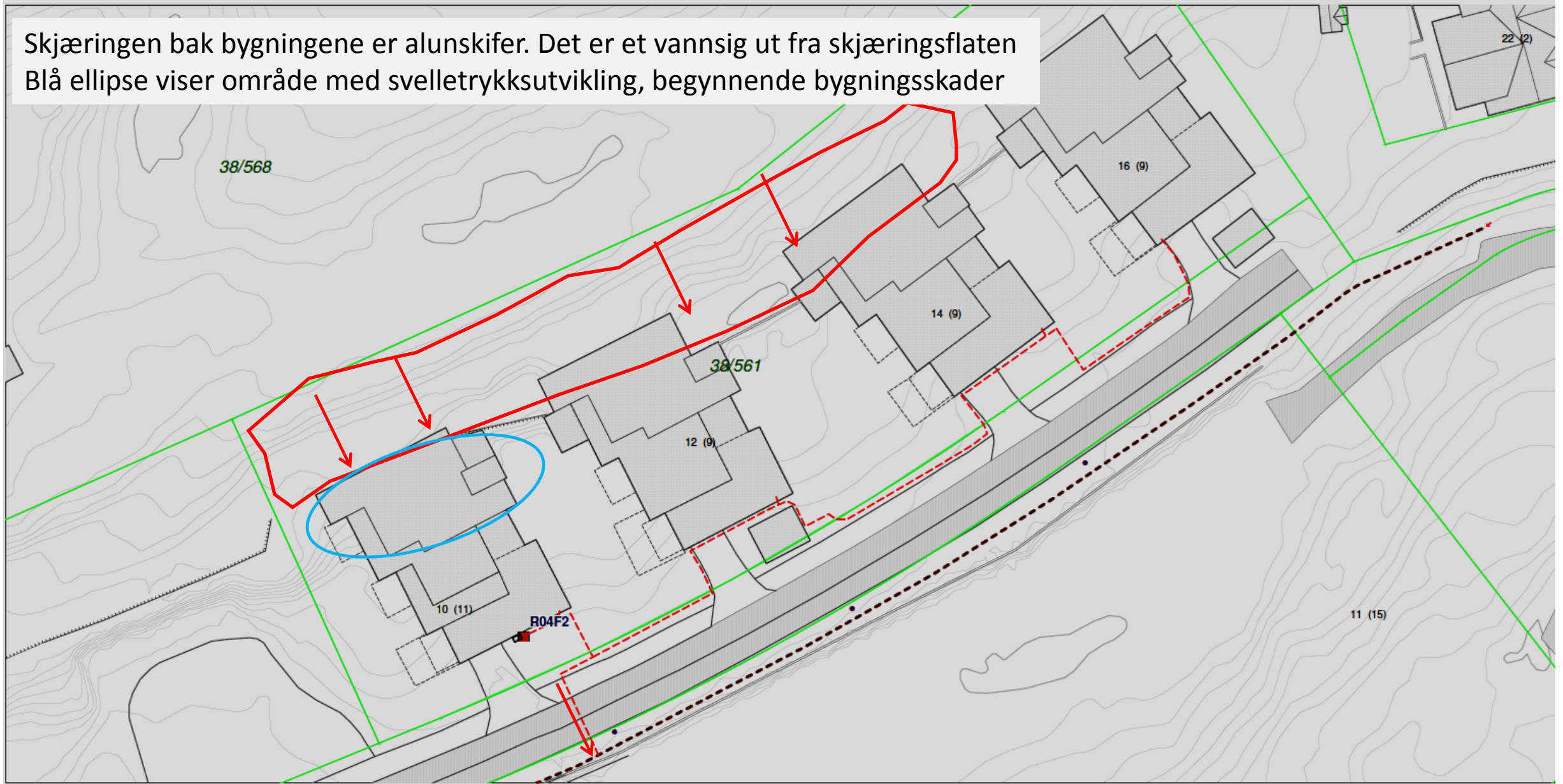
Pumpesumper for grunnvann er forhåpentligvis fortid





Valg av riktige
byggetekniske
løsninger
Viktig viktig!!

Skjæringen bak bygningene er alunskifer. Det er et vannsig ut fra skjæringsflaten
Blå ellipse viser område med svelletrykksutvikling, begynnende bygningskader





Drenert løsning, rom for forvitring



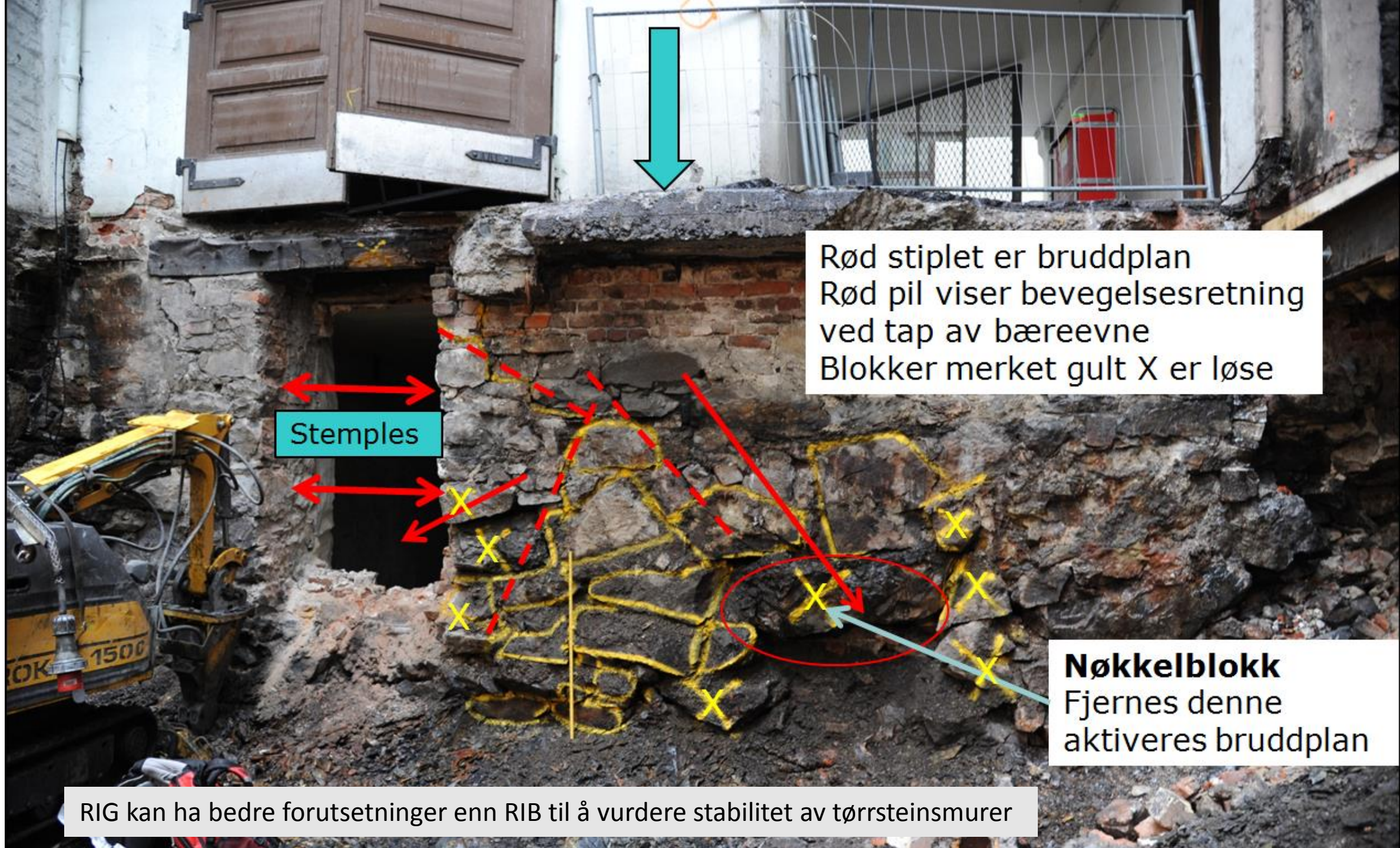
Forvitring – utvikling svelletrykk

Høydesprang med forblending med én teglsteins tykk vegg

Innfesting?

Røde piler:
Veggen
presses ut

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

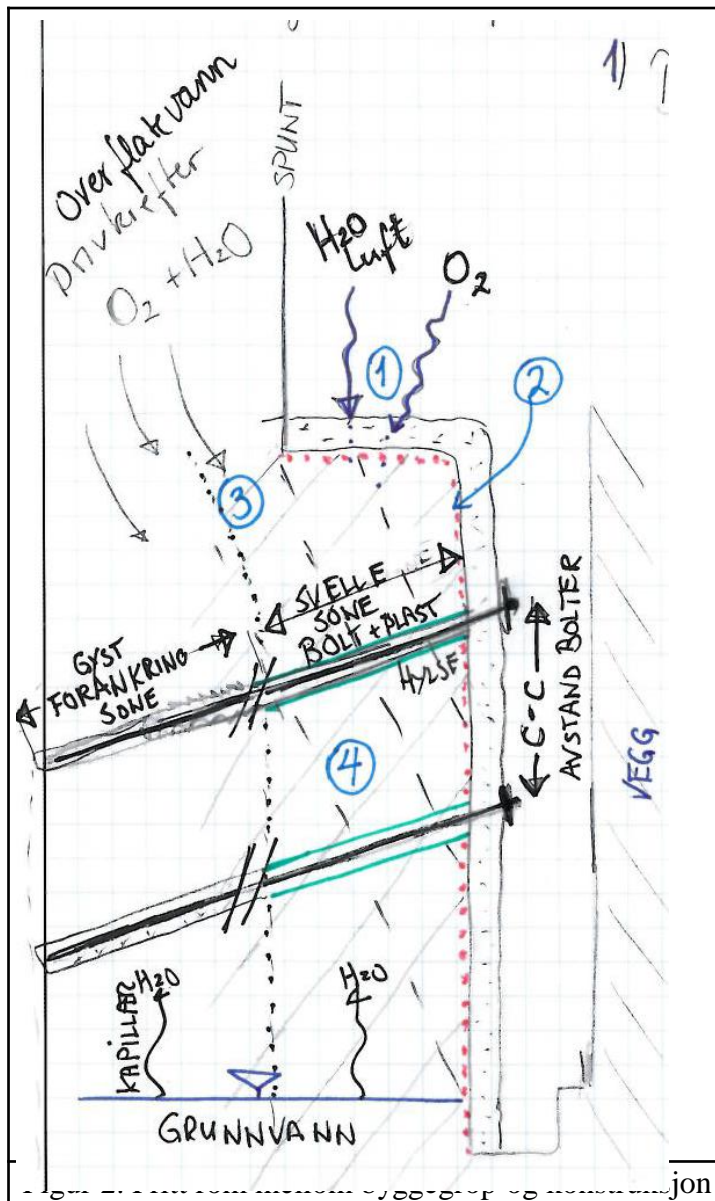


Rød stiplet er bruddplan
Rød pil viser bevegelsesretning
ved tap av bæreevne
Blokker merket gult X er løse

Stemples

Nøkkelblokk
Fjernes denne
aktiveres bruddplan

RIG kan ha bedre forutsetninger enn RIB til å vurdere stabilitet av tørrsteinsmurer



1: Diffusjon. Før skiferen tidekkes, kan den reagere med oksygen og fuktighet i luften.

Sprøytebetong og et eventuelt fleksibelt tettsjikt utenpå sprøytebetongen stanser denne eksponeringen. Sprøytebetongen bør ha "plast" fiber

2. Oksidert lag med lavere styrke.

Her er forvitningsprosessen startet, og sjiktet er det svakeste ledd. Sprøyte-betongen må derfor boltes fast.

3. Svellesonen. Mektighet på svellesonen avhenger av tilgang på oksygen og fuktighet. Ved bolting må en hindre at bolten forankres i skiferen i svellesonen.

Plasthylsen vil virke som glidelag.

4. Alunskiferen har sprekkesett som kan være vanskelige å se. Svelling på sprekkesett (som også er transportårer for oksygen og vann) kan gi større utfall og/eller svekket bergart

5. Boltmønster og boltedimensjon må tilpasses dimensjonerende krefter og den "elastisitet" som er riktigst for den valgte løsning

Prinsipp i et gitt tilfelle

Her er det usikkerhet om mulig svelletrykksutvikling

Diffusjonsåpen løsnings teglstein. Mineralene som vokser i teglsteinen er **Magnesium-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.



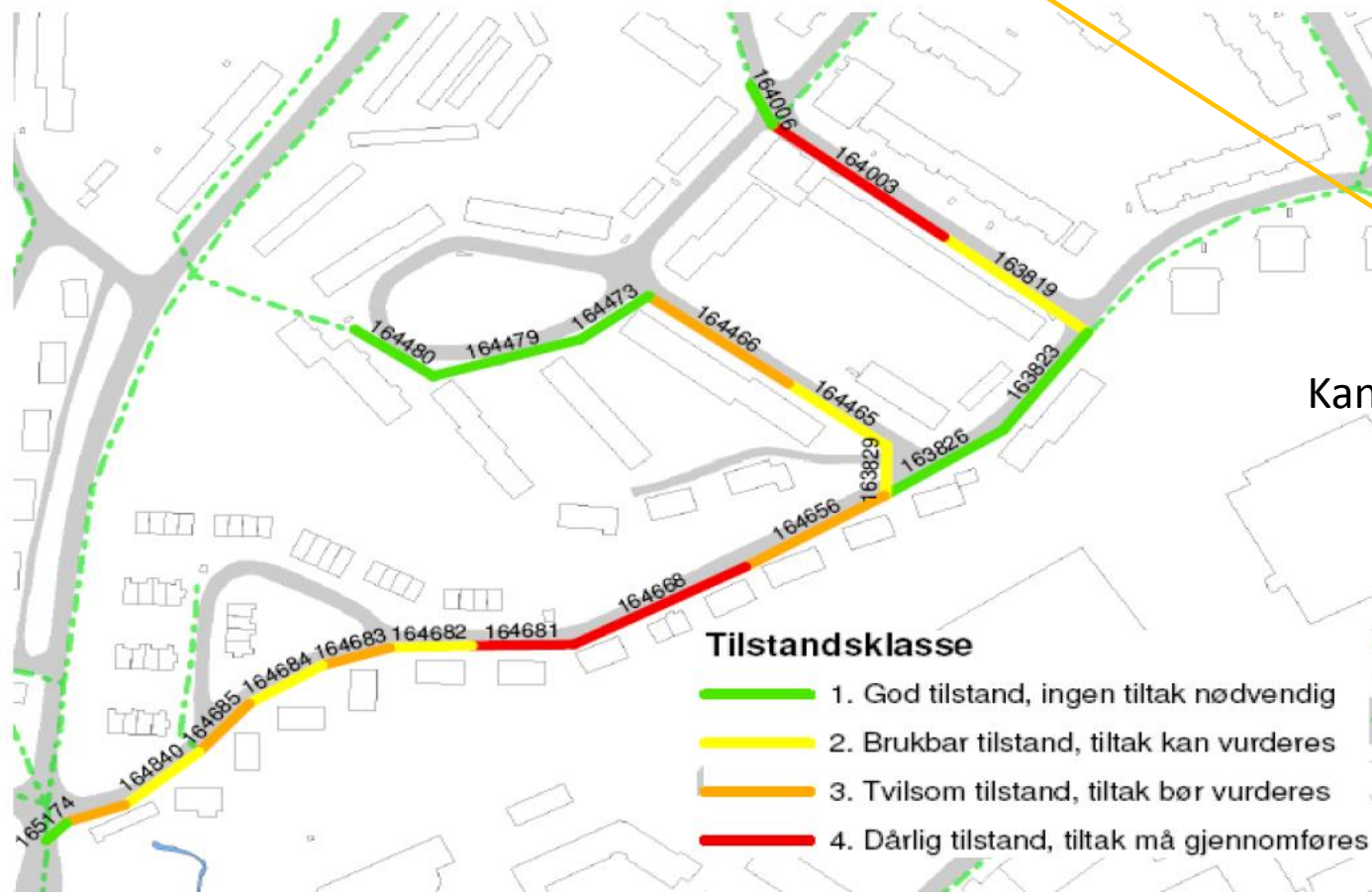
VA og grøfter

- Miljøhensyn og materialvalg
- Svelltrykk er lite påaktet



Tilstand på avløpsnettet

Kartlegging og vurdering av tilstanden på ledningene ved rørinspeksjon



Kan være skade fra svelletrykk

RIM

- Med veiledere fra Miljødirektoratet vil forhåpentlig de to nest slides ikke være så aktuelle

Problems - what problems?



Karakterisering for deponi - what problems?



Tunnel/bergrom

- Det bør velges udrenerte løsninger for tunneler i grunn med syredannende bergarter
- Dette med hensyn til
 - Grunnvannsenking,
 - Levetidsbetraktninger
 - Vannkjemi på vann som drenerer ut av tunnel til videre behandling, påslipp til offentlig nett, fordrøyning med mer.

I Oslo planlegges nå Oslo Navet – ny infrastruktur for tog og jernbane
Vann og kloakksystemet er også under videreutvikling

Vannkjemi

- Forvitret og uforvitret svart leirskifer
- Analysemetoder ikke tilpasset materialet som skal vurderes.
Frisk og forvitret svart leirskifer gir svært ulike resultater

		Sb	As	Ba	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Ni	Se	pH	C
		mg/L	0,005	0,01		0,01	0,005	0,1	50	0,005	0,5	0,02	0,01	
	Drikkevannsforskriften	µg/L	5	10	0	10	5	100	50000	5	500	20	10	
Kampen	K01 grunnvann			2,48	113	0,63	<0,05	1,55	1,7	<0,02	7,75	2,13		7,99
Kampen	K01. grunnvann			2,46	108	0,11	<0,02	1,55	2,48	<0,002	6,18	2,15		
Kampen	K02 grunnvann			0,734	54,3	0,52	0,954	<1	<0,9	<0,02	499	42,7		7,45
Kampen	K02. grunnvann			0,659	53	0,06	0,925	0,721	0,027	<0,002	500	45		
Kampen	K03 grunnvann			<0,5	50,1	<0,5	<0,05	<1	<0,9	<0,02	660	1,3		7,64
Kampen	K03. grunnvann			<0,3	44,4	0,01	<0,002	0,2	0,014	<0,002	653	1,23		
Kampen	K04 grunnvann			0,623	69,2	<0,5	<0,05	<1	<0,9	<0,02	86,3	3,14		7,99
Kampen	K04. grunnvann			0,607	66,5	0,08	<0,005	0,646	0,046	<0,002	88,2	2,67		
Snarøya	NAK1 Svart skifer		1,15	9,27	29,8	<0,2	<0,05	1,81	<0,5	<0,02	0,308	<0,5	0,211	
Galgeberg	TFM-U Svart skifer		2,8	<1	90,5	20,6	5,32	1580	<0,5	<0,02	186	1060	5,1	
Galgeberg	TFM-F Svart skifer		0,177	<1	63,6	28,8	8,45	288	<0,5	<0,02	3390	297	0,914	
Karl Johan	KJ 12-V F Eluat		0,93	750	22,3	12,1	37,8	65	<0,5	<0,02	108	44,5	1,21	
Karl Johan	KJ 12-V U Eluat		23,1	83,3	37,9	0,22	<0,7	1,97	<0,5	<0,02	32,3	16,2	1,96	
Karl Johan	KJ12-I sigevann			7,52	44,6	0,75	<0,5	1,56	<0,9	<0,02	618	197		7,33
Karl Johan	KJ12-II sigevann			61400	378	139	12100	202000	18100	22,8	347000	4E+05		3,38
Karl Johan	KJ12-III sigevann			1,61	23,4	<0,6	6,29	<1	<0,9	<0,02	1340	553		7,31
Kampen	Kampen ristetest LS10		1,74	1	79,1	0,44	0,26	38,2	0,5	0,02	112	18,9	4,41	
Kampen	Kolonne LS 0,1			0,1	21,8	2,14	9,11	2120	4,63	0,02	3340	573		

pH!!

Grunnstoff	Enhet	Moelva oppstrøms	Moelva ved Storemyr	Barnehagen		Oppstrøms vs barnehage	Storemyr vs barnehage	
Y89(LR)	µg/L	1,7927	16,5366	349,2029		Yttrium	194,8	21,1
Cd111(LR)	µg/L	0,046	0,2	0,386		Kadmium	8,4	1,9
Cs133(LR)	µg/L	0,0629	0,1388	1,0607		Cesium	16,9	7,6
Ce140(LR)	µg/L	5,2951	28,7564	1 352,45		Cerium	255,4	47
Pr141(LR)	µg/L	0,6193	3,1774	146,5588		Praseodym	236,7	46,1
Sm147(LR)	µg/L	0,3456	2,1809	80,9988		Samarium	234,3	37,1
W182(LR)	µg/L	0,0039	0,0109	0,1417		Tungsten	36,4	13
Hg202(LR)	µg/L	ikke detektert	0,0003	0,0007		Kvikksølv		2,2
Tl205(LR)	µg/L	0,0208	0,0373	0,1063		Tallium	5,1	2,8
Pb208(LR)	µg/L	0,052	0,041	5,258		Bly	101,7	129,4
Th232(LR)	µg/L	0,0593	0,0452	0,2588		Thorium	4,4	5,7
U238(LR)	µg/L	0,1387	0,6015	6,2504		Uran	45,1	10,4
B11(MR)	µg/L	7,21	10,48	89,24		Bor	12,4	8,5
Na23(MR)	µg/L	6 401	8 806	17 050		Natrium	2,7	1,9
Mg25(MR)	µg/L	754	2 127	36 169		Magnesium	47,9	17
Al27(MR)	µg/L	110,84	338,06	31 965,39		Aluminium	288,4	94,6
Si30(MR)	µg/L	1 944	2 710	27 486		Silisium	14,1	10,1
P31(MR)	µg/L	1,5	2,7	6,2		Fosfor	4,1	2,3
S34(MR)	µg/L	1 372	7 885	202 251		Svovel	147,4	25,7
Ca43(MR)	µg/L	2 057	7 098	63 721		Kalsium	31	9
V51(MR)	µg/L	0,166	0,119	0,23		Vanadium	1,4	1,9
Cr52(MR)	µg/L	0,26	0,25	0,74		Krom	2,8	3
Mn55(MR)	µg/L	30,59	218,68	2 509,02		Mangan	82	11,5
Fe56(MR)	µg/L	133,8	514,2	11 555,70		Jern	86,4	22,5
Co59(MR)	µg/L	0,463	5,205	173,99		Kobolt	375,5	33,4
Ni60(MR)	µg/L	0,71	13,81	471,37		Nikkel	667,4	34,1
Cu63(MR)	µg/L	0,38	1,65	6,51		Kobber	17,3	3,9
Zn66(MR)	µg/L	7,52	50,03	572,63		Sink	76,1	11,4
Rb85(MR)	µg/L	1,909	4,488	71,31		Rubidium	37,4	15,9
Sr88(MR)	µg/L	11,39	31,8	209,05		Strontium	18,4	6,6
Ag109(MR)	µg/L	0,004	0,005	0,015		Sølv	3,9	2,8
Sb121(MR)	µg/L	0,052	0,055	0,057		Antimon	1,1	1
Ba137(MR)	µg/L	9,57	14,43	46,52		Barium	4,9	3,2
La139(MR)	µg/L	3,237	16,843	769,685		Lantan	237,8	45,7
K39(HR)	µg/L	636	1 966	55 971		Kalium	87,9	28,5
As75(HR)	µg/L	0,27	0,28	0,38		Arsen	1,4	1,4

Vannanalyser
avrenning i
syredannende
gneiser
Sørlandet

Prøvetaking og
representative
prøver større
utfordring uten
geologisk
kartlegging

Tabell 1. Måleresultater, aktiviteter ved radioaktiv likevekt (Bq/kg)

Serie	^{238}U	^{232}Th	
Aktuell Ra-isotop	^{226}Ra	$^{228,224}\text{Ra}$	
Målte nuklider	$^{214}\text{Pb}, ^{214}\text{Bi}$	^{228}Ac	^{40}K
Rommen 1	53 ± 6	51 ± 6	1150 ± 60
Rommen 2	51 ± 4	52 ± 6	1210 ± 60
Rommen 3	50 ± 6	45 ± 4	1080 ± 50

Statens strålevern har tidligere anbefalt følgende betingelse for innholdet av naturlig radioaktivitet i bygningsmaterialer for innendørs bruk:

$$X = \frac{\text{Bq / kg } ^{40}\text{K}}{3000} + \frac{\text{Bq / kg } ^{226}\text{Ra}}{300} + \frac{\text{Bq / kg } ^{228,224}\text{Ra}}{200} < 1$$

Tabell 2. Betingelse for bygningsmaterialer til innendørs bruk. Rapportert usikkerhet er en utvidet usikkerhet basert på en standard usikkerhet multiplisert med en dekningsfaktor på 2, som gir et dekningsnivå på tilnærmet 95%.

Prøve	X
Rommen 1	$0,82 \pm 0,04$
Rommen 2	$0,84 \pm 0,04$
Rommen 3	$0,75 \pm 0,04$

Radioaktiv characterization

Da jeg jobbet i NGL utarbeidet vi en metode der innhold av U i kjemisk analyse gir korrelasjon til aktivitet

Denne betingelsen er oppfylt for alle prøvene.

Kommunale planer -bevisstgjøring

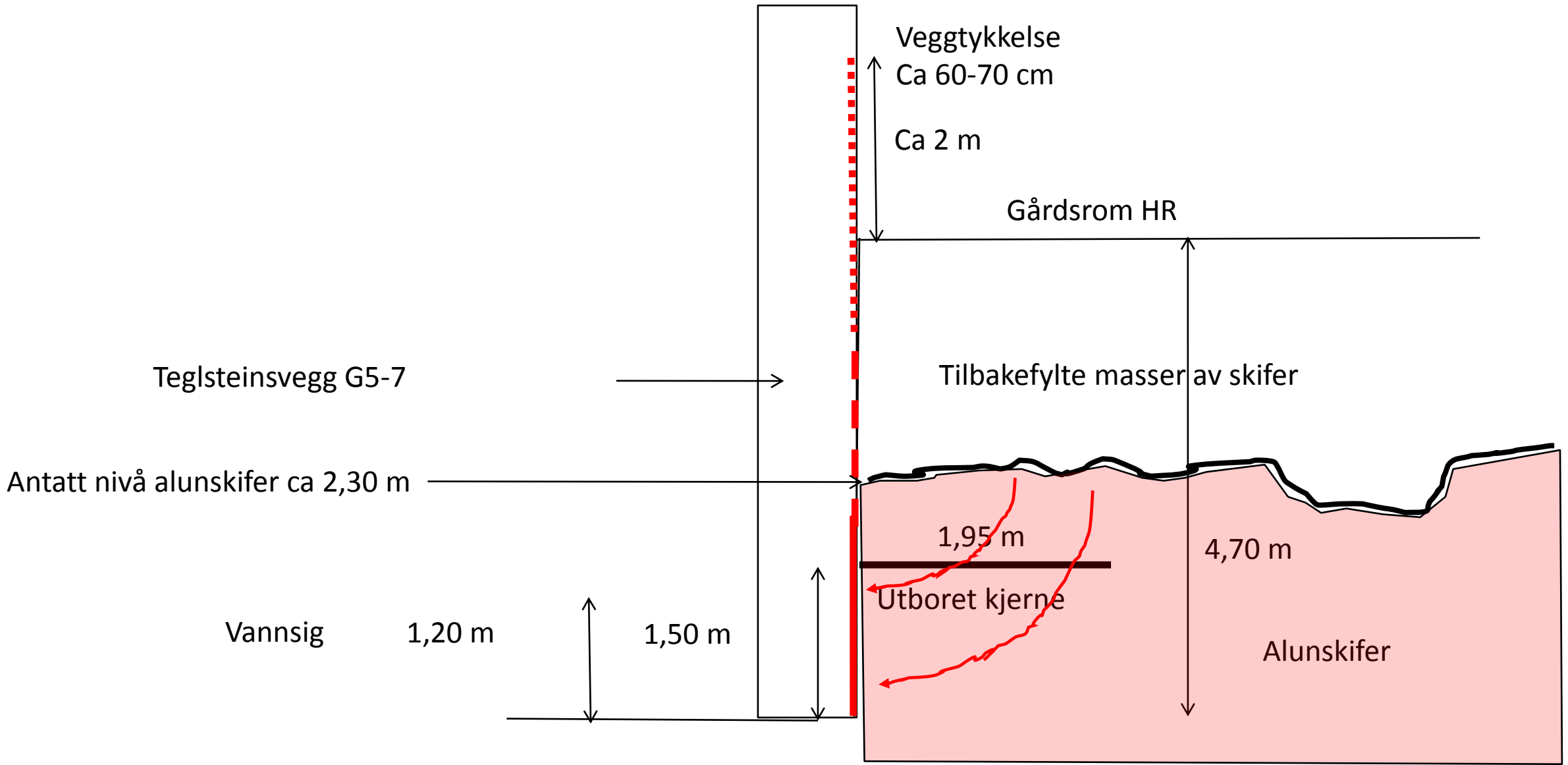
- Kommuneplan
- Reguleringsplan
- Kommundelplan
- Byggesak

Dynamisk eller statisk?

Statisk!

Ikke tillat vann i bevegelse i kontakt
med syredannende bergarter





Tilbakefylte masser av alunskifer....



Overvannskum med åpen bunn...



EER_3100 2012-05-11

Structor



Injeksjonsmiddel, uorganisk med flytegenskaper som vann infiltrerte sprekene
Det ble tett!!





EER_4725 2013-07-04

Structor





ELEMENT	SAMPLE	G5-7 Sigevann
Dekantering		JA
Ca	mg/l	475
Fe	mg/l	2810
K	mg/l	<20
Mg	mg/l	1200
Na	mg/l	61,3
Al	µg/l	1110000
As	µg/l	1470
Ba	µg/l	<50
Cd	µg/l	828
Co	µg/l	6470
Cr	µg/l	1470
Cu	µg/l	17600
Hg	µg/l	<0.02
Mn	µg/l	32600
Ni	µg/l	43600
Pb	µg/l	<30
Zn	µg/l	30800
U	µg/l	25200
DOC	mg/l	2,24
Alkalinitet	mmol/l	<0.150
Klorid (Cl-)	mg/l	58,8
Sulfat (SO4)	mg/l	19,1
Bikarbonat (H mg/l)		0
pH		2,62
Ledningsevne mS/m		1210
Nitrat (NO3)	mg/l	<0.38



ELEMENT	SAMPLE	G5-7 Sigevann
Dekantering		JA
Ca	mg/l	475
Fe	mg/l	2810
K	mg/l	<20
Mg	mg/l	1200
Na	mg/l	61,3
Al	µg/l	1110000
As	µg/l	1470
Ba	µg/l	<50
Cd	µg/l	828
Co	µg/l	6470
Cr	µg/l	1470
Cu	µg/l	17600
Hg	µg/l	<0.02
Mn	µg/l	32600
Ni	µg/l	43600
Pb	µg/l	<30
Zn	µg/l	30800
U	µg/l	25200
DOC	mg/l	2,24
Alkalinitet	mmol/l	<0.150
Klorid (Cl-)	mg/l	58,8
Sulfat (SO4)	mg/l	19,1
Bikarbonat (H mg/l)		0
pH		2,62
Ledningsevne mS/m		1210
Nitrat (NO3)	mg/l	<0.38



Det ble tett!!
Grunnvannskum i kjelleren her ble tørr
Før tiltak rant den full kontinuerlig med problematiske utfellinger

EE2_1736