



Svartskiferholdige løsmasser

Hvordan kartlegge, karakterisere og håndtere masser med potensial for sur avrenning?

Andreas Olaus Harstad, Gunvor Baardvik og Erlend Sørmo

Miljøringen, 07. mars 2019

Hvordan ble slike masser et forurensningstema?

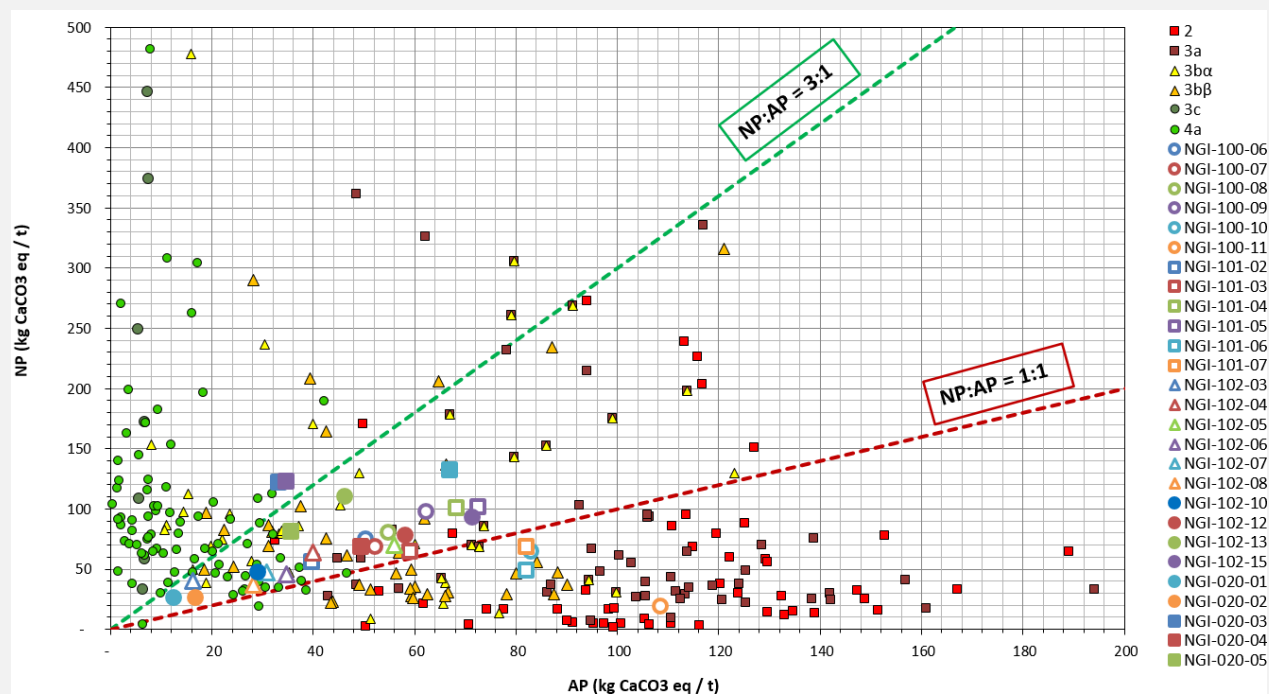
- Startet med sjakting i forbindelse med forberedelser til masseuttak på E6 strekningen Kolomoen – Arnkvern.
- Påtraff kompakte og svarte lokale morenemasser: «lignet på» skifer
- Tilgjengelige forundersøkelser omtalte alle masser ned til berg som løsmasser (ofte uklart hvor topp berg lå).
- Problemstilling ikke kjent fra tidligere prosjekter (ikke gravd så dypt, mindre volumer, ingen lovgivning).
- Var kjent at man hadde alunskiferjordsmonn mange steder, som et resultat av alunskifer i grunnen.
- Flere store og samtidige infrastrukturprosjekter i Hedmark med betydelig uttak av moremasser (E6, Rv.3/25, IC Dovrebanen).

Mjøsmorene er karakteristisk



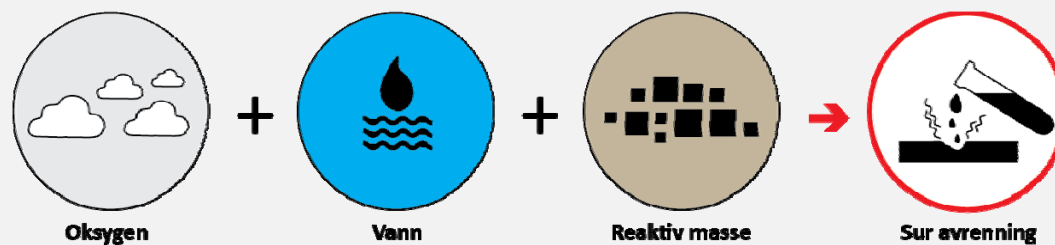
↗ *Mjøsmorene = svartskiferholdig løsmasse*

NP:AP for Svartskiferholdige løsmasser



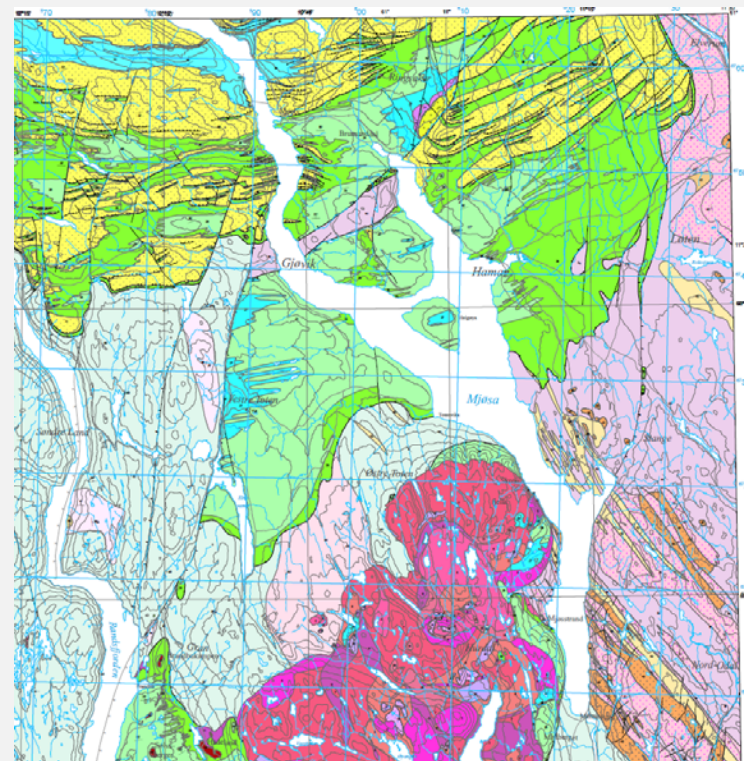
- ↪ Hvordan håndtere og vurdere slike masser?
- ↪ Som svartskifer berg?
- ↪ Som forurenset grunn?
- ↪ Noen som vet noe? (Nei...)
- ↪ Hæ? Det må da være noen som vet noe? (Nei...)
- ↪ Ooops!
- ↪ Tenke, tenke... Ok, vi må faktisk ta det fra bunnen av.
- ↪ Entreprenør: Hæ!?, ikke svar i løpet av dagen?

Hvorfor må vi sørge for riktig håndtering av svartskifer berg og svartskiferholdige løsmasser?



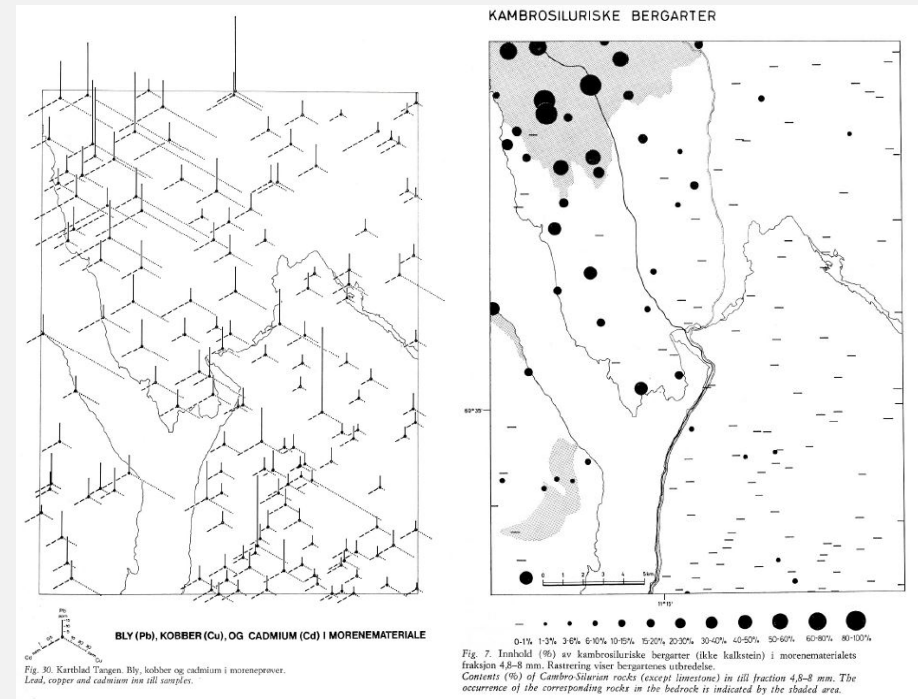
Geologien i Hedmarksområdet

- Kambriske og Ordoviciske svartskifre er svært utbredt i Hedmark og områdene rundt Mjøsa. Alunskifer (og andre svartskifre) dominerer i berggrunnen mange steder.
- Terrenget er flat og domineres av jordbruksarealer: få blotninger av berggrunnen.
- Det er kjent at jordmasser flere steder har naturlig forhøyede verdier av ulike tungmetaller: As, Cd.
- Under toppjorda opptrer «Mjøsmorena» i dette området. Hva kjennetegner disse massene og hva skiller dem fra berg og toppjord?
- Med opphav i svartskifer er mulig sur avrenning fra slike masser styrende for hvordan de kan og bør håndteres.
- E6 KA og Ny Rv.3/Rv.25 er NGI prosjekter der håndtering av mjøsmorene er et viktig YM tema.



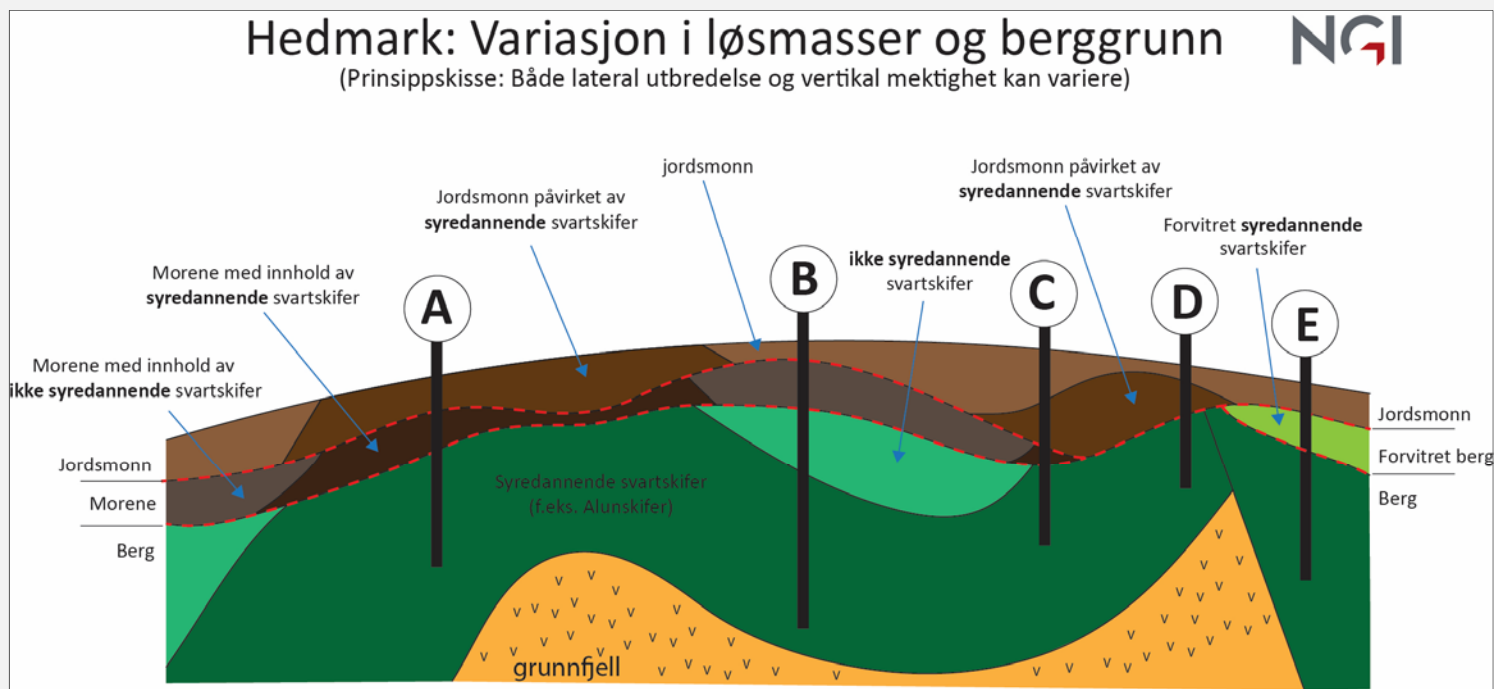
Hva vet vi om Mjøsmorene?

- Kwartærgeologisk kartlegging (1974) av Mjøsmorene avdekket store lokale variasjoner i bergartsfragmenter.
- Mjøsmorene domineres av kambrosilur berg der dette finnes i grunnen.
- Geokjemiske data støtter tilstedeværelse av svartskifer i morena.
- Høyt innhold av både Cd, Cu og Pb indikerer at svartskiferen kan være Alunskifer.
- *Ingen publiserte data på Svovelinnhold i disse avsetningene (trolig ikke testet).*



Figurer er hentet fra Kwartærgeologisk kart; Tangen; 19162; 1:50 000 (NGU, 1974)

Berggrunnen styrer løsmassenes karakter



↗ Svartskifer ≠ Morene ≠ Jord

E6 KA: Veiskjæring på Uthus (200 000 m³ +)



Komprimering av masser – enkelt og godt tiltak

- Formål: legge tilbake massene i sin tilnærmet **opprinnelige** tilstand (slik de ligger urørt ellers i terrenget)
- Hva oppnår vi: Vi **hindrer fri gjennomstrømning** av vann og luft (oksygen).
- **Resultat 1:** alle kjemiske prosesser som drives av tilgang på oksygen «stoppes»
- **Resultat 2:** uten transport inn/ut av systemet oppstår det lokale likevekter og prosessene stanser opp.
- ***Men hvordan overbevise miljømyndighetene og dokumentere at dette faktisk fungerer?***

Benyttet disponering på E6 Kolomoen-Arnkvern

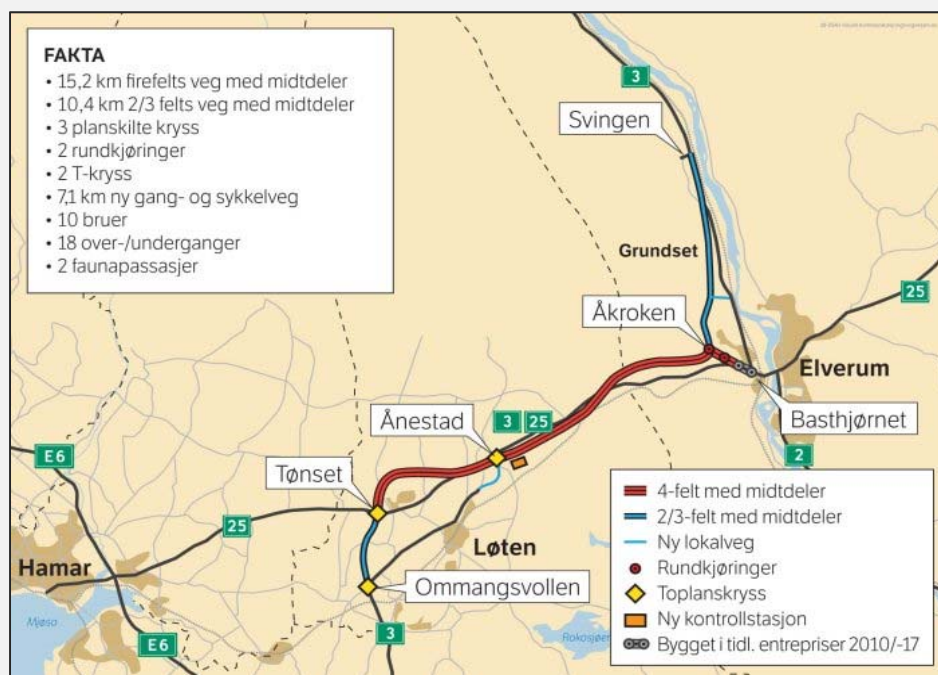


- En sentral faktor for lavest mulig miljøbelastning ved omdisponering av svartskiferholdige morenemasser med naturlig høyt svovelinnhold er en rask og effektiv logistikk fra utgraving til utlegging og komprimering på egnet lokalitet (Bilder fra ny E6: Nordvi massedeponi).

Massedisponeringshierarki

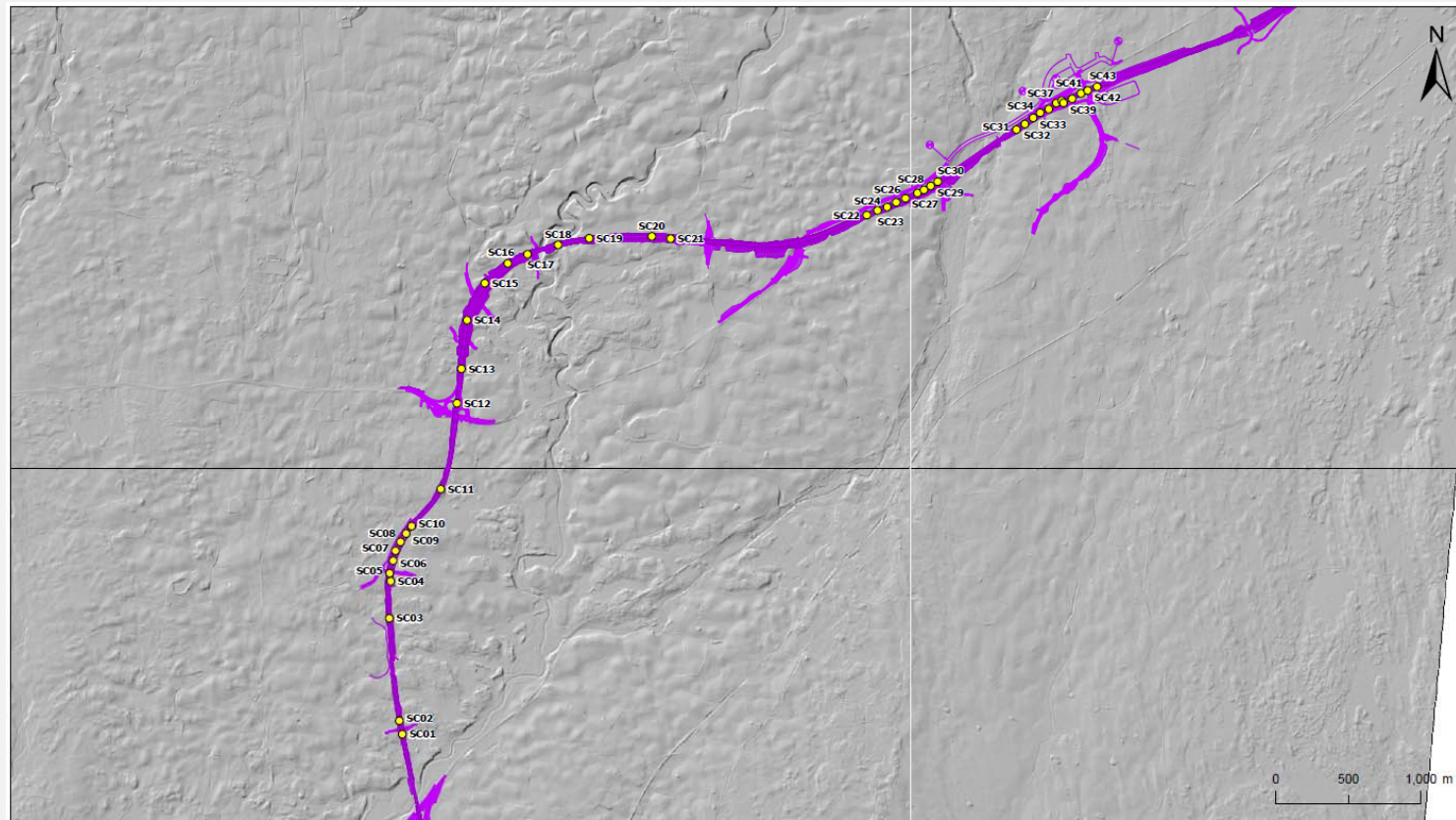


Case II: OPS ny Rv.3/Rv.25



- Stort samferdselsprosjekt
- Manglende og til dels ufullstendige forundersøkelser
- Stor projektrisiko knyttet til kunnskap om undergrunnen
- Stor projektrisiko knyttet til håndtering av svartskiferholdige løsmasser
- Hvordan sette funksjonelle krav?
- Hvordan gjennomføre prosjektet?
- Hvordan lage et god tilbud?
- **Akseptert behov for mer kunnskap**

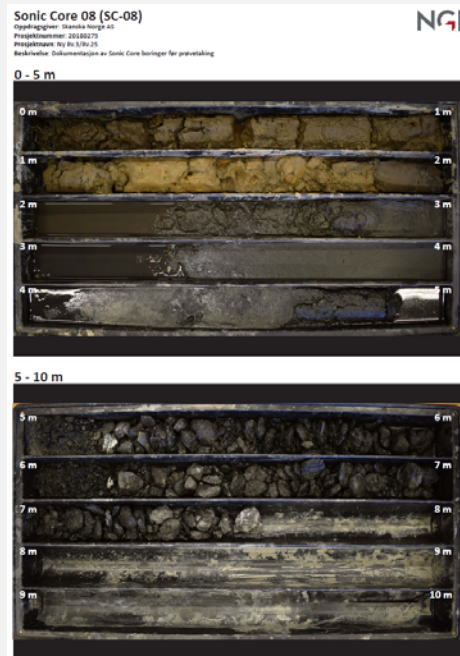
Områdets topografiske karakter: Flatt...



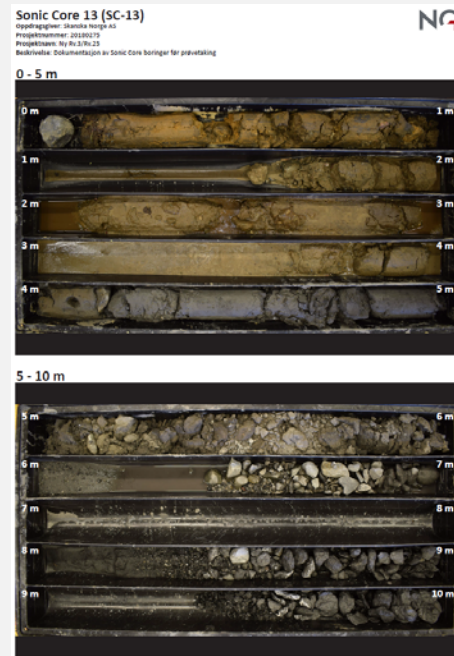
Utførte grunnundersøkelser



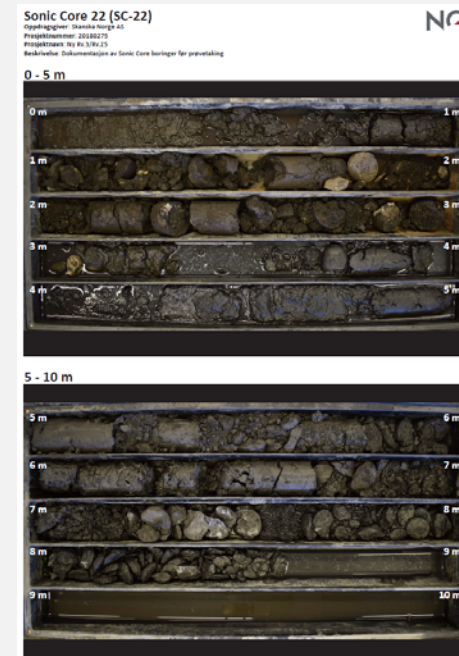
Forundersøkelser – Sonic Core eksempler



↖ Fuglset

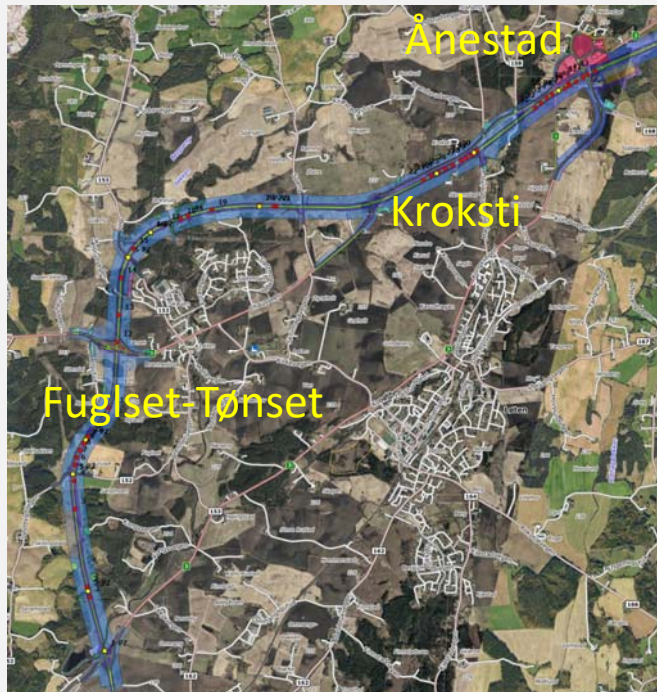


↖ Vest for Doksrud



↖ Kroksti

Planlegging og mål for «forundersøkelser»



- ↪ Basert på identifiserte lokaliteter og terreng ble det utført 42 Sonic Core kjerneboringer til dyp mellom 5 – 15 m.
- ↪ All kjerner ble prøvetatt: ideelt 1 prøve fra jordsmonn, 2 prøver fra morene og 1 prøve fra berg. Hensikten var å skaffe til veie et representativt datasett.
- ↪ Alle kjerner ble beskrevet.
- ↪ Alle kjernene er fotografert (både før og etter prøvetaking).
- ↪ Vanninnhold, total kjemisk analyse, XRD og pXRF er gjennomført på prøvene. Ristetester og bufringskapasitet er også utført.
- ↪ Data sammenstilles for hvert område og skal danne grunnlaget for de individuelle YM-planene.
- ↪ Stort arbeidsomfang – begrenset tid (~ 3 mnd).
- ↪ Informasjonen fra disse undersøkelsene var avgjørende for entreprenørens (Skanska) evne til å gjennomføre prosjektet på en miljøvennlig måte, med lav risiko og gode løsninger.

XRD analyse av berg og morene

ALS ID	Sample Name	Colour	Musc	Quartz	albite	anorthite	k-feldspar	calcite	pyrite	marcasite	dolomite	graphite	chlorite	biotite	Anatase	Rutile	Titanite	barite	glaucanite
N00573233	SC-04-04 B	black	45%	23%	3%		2%	2%	3%	1%	2%	3%	7%			1%			8%
N00573232	SC-04-03 B	grey	24%	29%	4%		1%	22%	2%		4%		5%			0%		5%	4%
N00573231	SC-04-02 M	grey	39%	33%	5%		4%	2%	3%		2%	3%	6%			1%		2%	
N00570516	SC-30-04 B	black	44%	25%			1%	3%	9%		8%	4%			1%				6%
N00570515	SC-30-03 M	black	37%	30%	2%		2%	2%	7%		5%	9%			1%				5%
N00570514	SC-30-02 M	black	37%	28%	1%		1%	7%	8%		3%	8%			1%				5%
N00570512	SC-29-04 B	black	43%	23%			1%	2%	8%		6%	9%			1%				7%
N00570511	SC-29-03 B	black	15%	16%	2%			62%	6%										
N00570510	SC-29-02 M	black	27%	28%	3%		3%	23%	7%			7%			1%				
N00568867	SC-43-03 M	grey	22%	44%	8%		7%	7%	3%		1%	3%	4%			1%			
N00568864	SC-42-04 B	black	27%	22%	5%		10%	9%	7%	1%	4%	8%			1%				5%
N00568860	SC-41-03 B	white	7%	8%	3%			79%			3%				x				
N00567671	SC-35-03 M	grey	18%	53%	13%		5%	4%	2%		1%		4%			x			
N00567668	SC-34-04 B	black	29%	24%	3%		13%	1%	5%		2%	15%			1%				7%
N00567667	SC-34-03 M	grey	29%	32%	7%		4%	7%	2%		2%	7%	9%		1%	1%			
N00567666	SC-34-02 M	grey	22%	34%	7%	9%	3%	8%	2%		1%	8%	6%		1%				
N00567664	SC-33-03 B	black	34%	26%	4%		10%	3%	11%			11%				1%			
N00567663	SC-33-02 M	black	25%	26%	5%		9%	2%	5%		1%	13%	2%	1%	1%		1%		8%
N00567655	SC-31-02 M	grey	25%	40%	5%		7%	2%	2%		7%	5%				1%			5%
N00567448	SC-39-03 M	grey	11%	61%	10%		4%	7%	1%				6%						

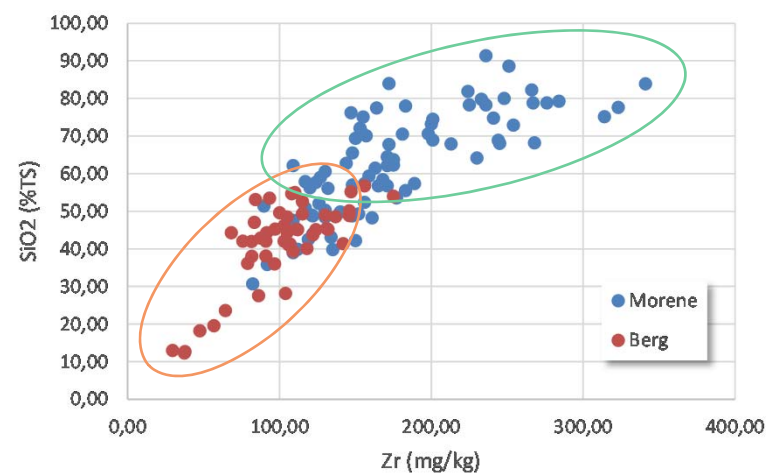
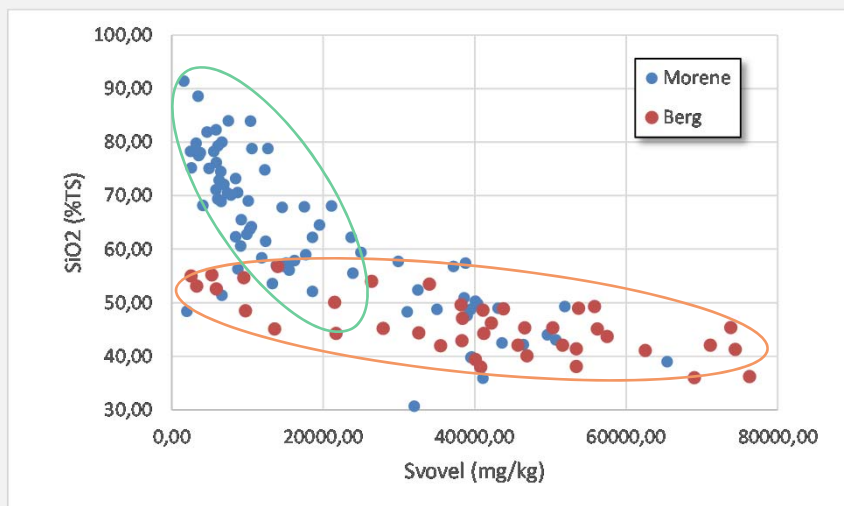
- Mange av de samme mineralene finnes i både berg og morene materialet. Tilstedeværelsen av karbonatmineraler er viktig da disse kan bufre eventuell sur avrenning internt i morene.

ALS analyse av berg og morene

ELEMENT	ALS code	Prøvedyp (m)	SiO2	Al2O3	CaO	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	TiO2	LOI	As	Ba	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	S	Sr	V	Zn	U	TOC	TIC
SAMPLE			% TS	% TS	% TS	% TS	% TS	% TS	% TS	% TS	% TS	% TS	% TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	% TS	% TS	
SC-04-02 M	N00573231	4,4	53,6	15,3	1,2	5,2	5,46	1,75	0,0307	0,618	0,129	0,945	5,3	6,79	15300	0,22	30,4	<0,02	43,1	15	13300	102	216	47,2	28,4	1,28	0,242
SC-04-03 B	N00573232	7,6	44,3	9,19	12,7	4,56	3,31	1,37	0,0491	0,411	0,0775	0,435	10,8	11,5	32900	1	44,3	<0,02	34	14,8	21700	356	146	127	5,82	1,86	1,44
SC-04-04 B	N00573233	8,8	50,1	16,8	1,63	6,09	5,72	1,86	0,0227	0,417	0,374	0,8	10	43,8	1160	1,37	174	0,153	161	67,2	21500	78,8	560	297	42,2	5,34	0,2
SC-29-02 M	N00570510	3,7	39,9	10,4	12,4	3,31	3,12	0,754	0,0421	0,394	0,212	0,509	15,7	67,3	736	1,18	104	0,474	150	44,2	39600	252	291	55,6	55,4	9,14	1,37
SC-29-03 B	N00570511	4,9	23,6	6,54	31,6	1,8	1,62	0,642	0,0764	0,173	0,247	0,295	22,2	66	460	1,35	60,8	0,265	129	17,7	35800	583	216	79,3	74,2	4,53	5,1
SC-29-04 B	N00570512	9,5	49	14,9	2,88	5,67	4,62	1,7	0,0662	0,0798	0,0968	0,743	16,7	67,8	570	0,207	140	0,176	168	72,1	53700	94,2	603	22,9	38,6	9,1	0,489
SC-30-02 M	N00570514	3,5	44	11,8	4,8	3,8	3,65	1,06	0,045	0,175	0,119	0,584	15,7	45,2	497	1,07	112	0,214	118	65	49600	139	365	61,8	44,8	8,95	1,27
SC-30-03 M	N00570515	5,7	49,3	13,5	2,04	5,42	4,08	1,34	0,0525	0,212	0,0954	0,712	14,9	56,4	514	0,458	124	0,173	152	63,8	51900	82,8	512	30,5	37,6	8,98	0,185
SC-30-04 B	N00570516	7,2	45,4	13,8	3,6	6,4	4,12	1,63	0,0779	0,069	0,147	0,698	16,4	54,5	463	0,323	129	0,137	163	71,2	73800	99,4	655	37,7	34,9	8,51	0,511
SC-31-02 M	N00567655	5,7	57,9	11,4	2,88	3,93	4,19	1,35	0,05	0,649	0,152	0,557	7,4	26,5	4390	3,72	54	0,0598	106	22,1	16200	117	549	199	17,8	2,91	0,486
SC-33-02 M	N00567663	2,85	50,9	13,2	1,63	3,97	4,7	1,12	0,0381	0,562	0,154	0,694	14,3	72,1	1200	6,1	153	0,19	301	34,9	38600	93,6	1070	257	60,9	7,58	0,279
SC-33-03 B	N00567664	4,5	36,2	11,6	1,01	4,3	4,05	1	0,0259	0,34	0,123	0,562	17,7	101	1160	6,06	168	0,254	415	38,3	76300	74,9	1060	247	60,8	10,1	0,149
SC-34-02 M	N00567666	4,9	57	12,7	5,36	4,34	3,59	1,52	0,0612	0,854	0,159	0,67	8,4	23,3	810	1,26	65,1	0,0788	116	25,4	13800	113	424	127	17	3,13	0,665
SC-34-03 M	N00567667	5,9	56,1	14,5	4,38	5,17	4,11	1,78	0,073	0,823	0,164	0,681	9	24,8	1020	1,54	60,8	0,0825	114	26,6	15500	108	417	145	20,1	3,19	0,518
SC-34-04 B	N00567668	8,4	42,9	13,8	0,783	3,05	5,25	1,25	0,0245	0,42	0,158	0,658	16,2	66,7	1600	6,03	166	0,214	298	45,4	38300	73,2	1750	243	93,7	10,3	0,31
SC-35-03 M	N00567671	4,3	63,7	9,14	3,8	2,98	2,37	1,02	0,0506	1,05	0,119	0,479	4,8	11,2	611	0,482	37,6	0,0344	57,2	17,6	10300	104	118	54,9	11,9	1,19	0,395
SC-39-03 M	N00567448	5,8	65,5	7,92	4,87	3,59	2,38	0,995	0,0636	0,963	0,115	0,404	5,9	13	690	1,68	36,9	0,0446	51,5	19,3	9200	120	133	151	10,2	1,42	1,04
SC-41-03 B	N00568860	6,75	12,7	2,86	42	1,61	0,826	0,88	0,186	0,327	0,171	0,134	34,8	2,76	246	0,0455	8,05	<0,02	8,99	4,5	671	470	25,5	16,2	4,35	<1,20	8,77
SC-42-04 B	N00568864	9,7	42,1	11,5	6,18	5,19	4,07	1,52	0,0645	0,684	0,151	0,594	17,6	61,5	1050	9,16	159	0,199	233	47	45700	243	782	321	78,5	9,8	2,55
SC-43-03 M	N00568867	8,2	59	9,43	4,65	3,26	3,12	1,08	0,0557	0,807	0,148	0,508	8,2	34	884	4,67	80,9	0,113	140	27,9	17700	153	697	229	42	4,7	0,592

- God overenstemmelse mellom geokjemi og mineralogi.
- Varierende innhold av svovel i prøver av både berg og morene
- I alt er det utført 129 (+40 jord) kjemiske analyser av berg og morene prøver fra de 42 borehullene.
- Hoveddelen av moreneprøver har S < 20000 mg/kg.

Berg og morene – ulikt materiale, ulik kjemi

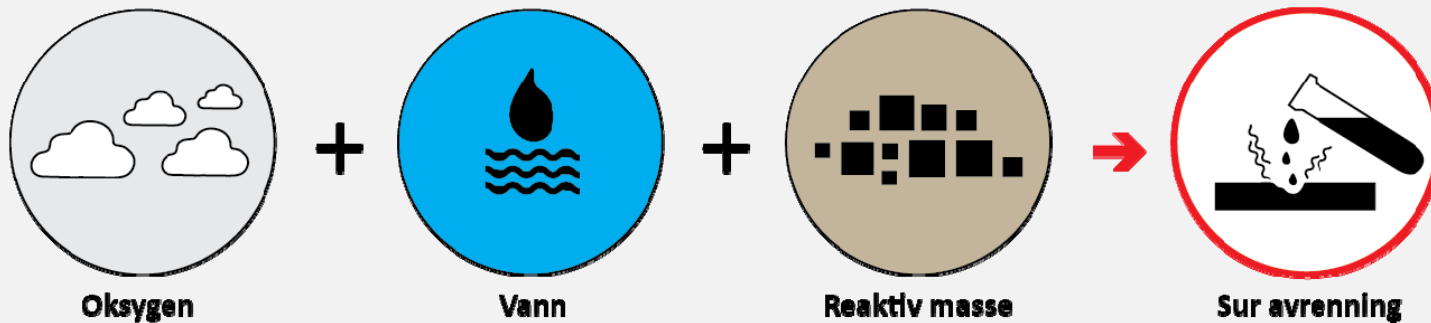


- Prøver av berg (skifer og kalkstein) skiller seg fra prøver av morene ved at samvariasjonen for ulike elementer ikke er lik.
- Svartskifer berg vil bli behandlet i tråd med Miljødirektoratets veileder; M-310.
- Svartskiferholdige løsmasser vil bli håndtert i tråd med anbefalinger fra stedsspesifikk risikovurdering (YM-plan).

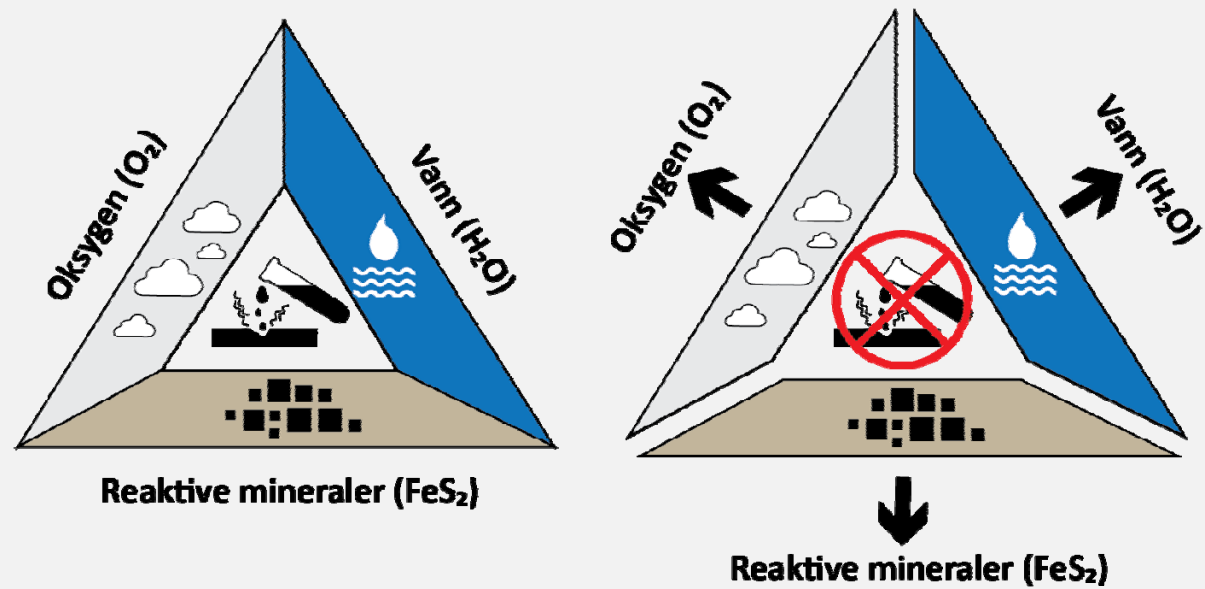
Komprimering: Berg vs. Morene

- I tillegg til tydelige kjemiske ulikheter mellom svartskifer berg og svartskiferholdig morene, har disse to massene også helt ulike mekaniske egenskaper.
- **Svartskifer berg: Begrenset evne til å la seg komprimere.**
- **Morene/Løsmasser: Lar seg komprimere godt**

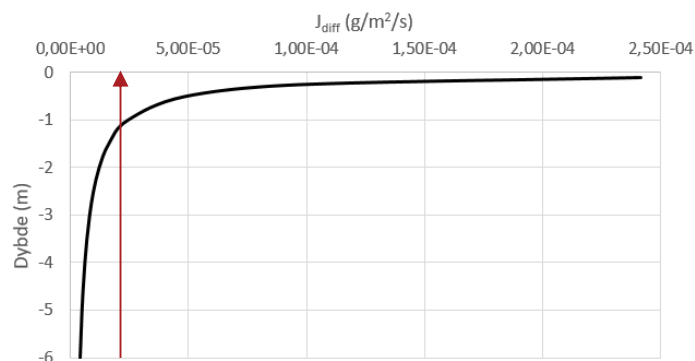
Men hva oppnår vi ved komprimering?



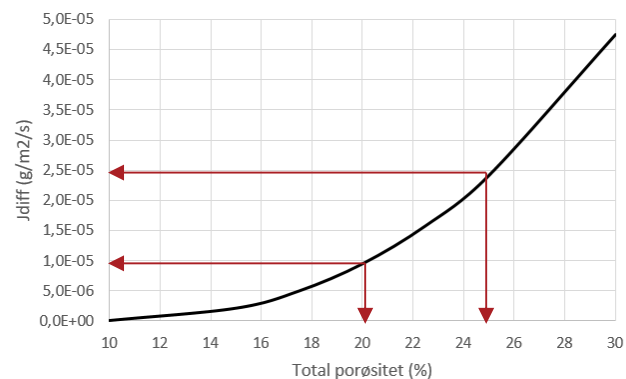
«Reaksjonstrekanten»



Komprimeringens effekt på O₂ tilgang



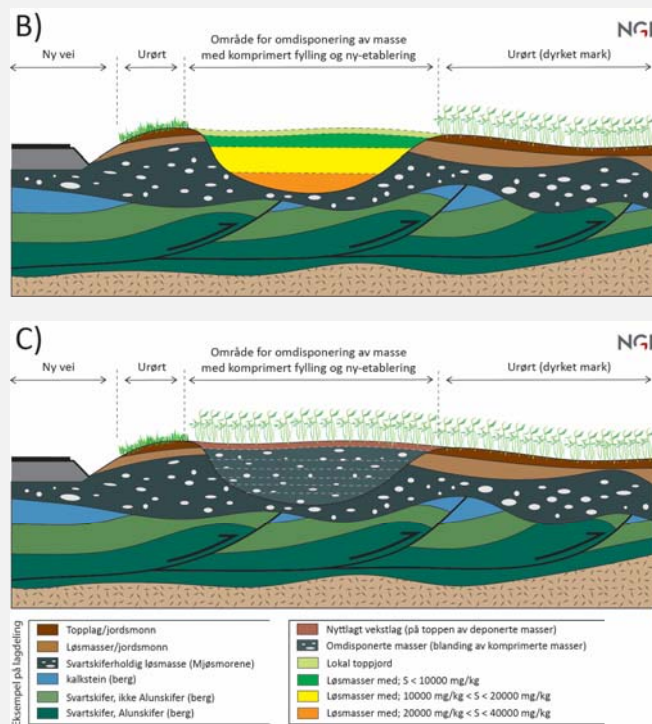
Figur 5-2 Fluks av oksygen (g/m²/s) ned gjennom luftfylte porer i komprimerte morenemasser med $n_{tot} = 25\%$.



Figur 5-3 Fluks av oksygen (g/m²/s) i luftfylte porer i den øverste meteren av komprimerte morenemasser i fylling, vist som funksjon av total porøsitet (n_{tot} %)

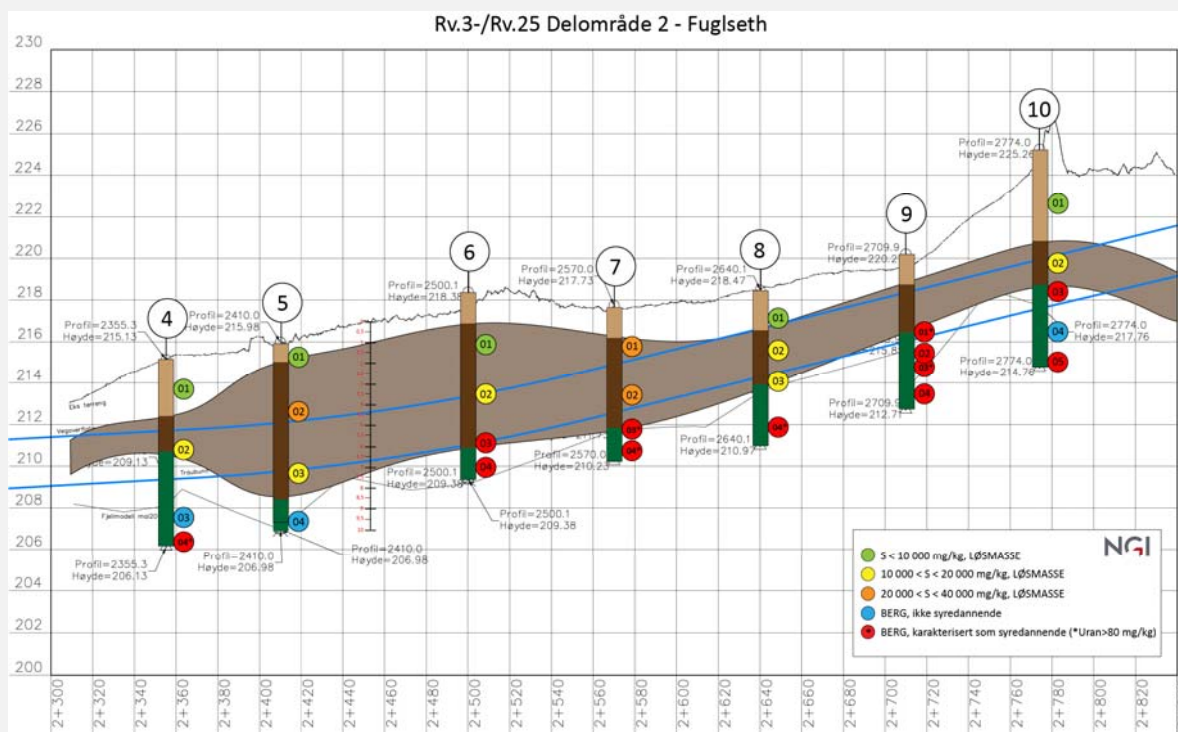
- Beregningsmodellen viser at det er i den øverste 1 m fra overflaten (atmosfæren) oksygen-diffusjonen er størst. Den avtar sterk under dette dypet.
- Beregningsmodellen viser videre at oksygendiffusjonen har en klar sammenheng med porøsitet i en gitt masse. Dess høyere porøsitet (og permeabilitet), dess større oksygen-diffusjon.
- Det er nødvendig å vurdere komprimeringsgrad mot svovelinnhold.

Komprimering av masser – riktig og godt tiltak



- Fyllinger for prosjektet Rv. 3/Rv. 25 kan ha ulike form og utforming (og funksjon).
- Felles for fyllinger er at de skal ha en intern oppbygging der relativt svovelholdige masser legges så dypt som mulig og minimum 1 m under overflaten.
- Fyllingene etableres ved utlegging i tynne lag som komprimeres med tungt utstyr.
- Overflatevann avskjæres og ledes rundt/under fylling.
- Miljøvennlig og stutt-reist løsning uten uønsket/unødvendig miljøbelastning.

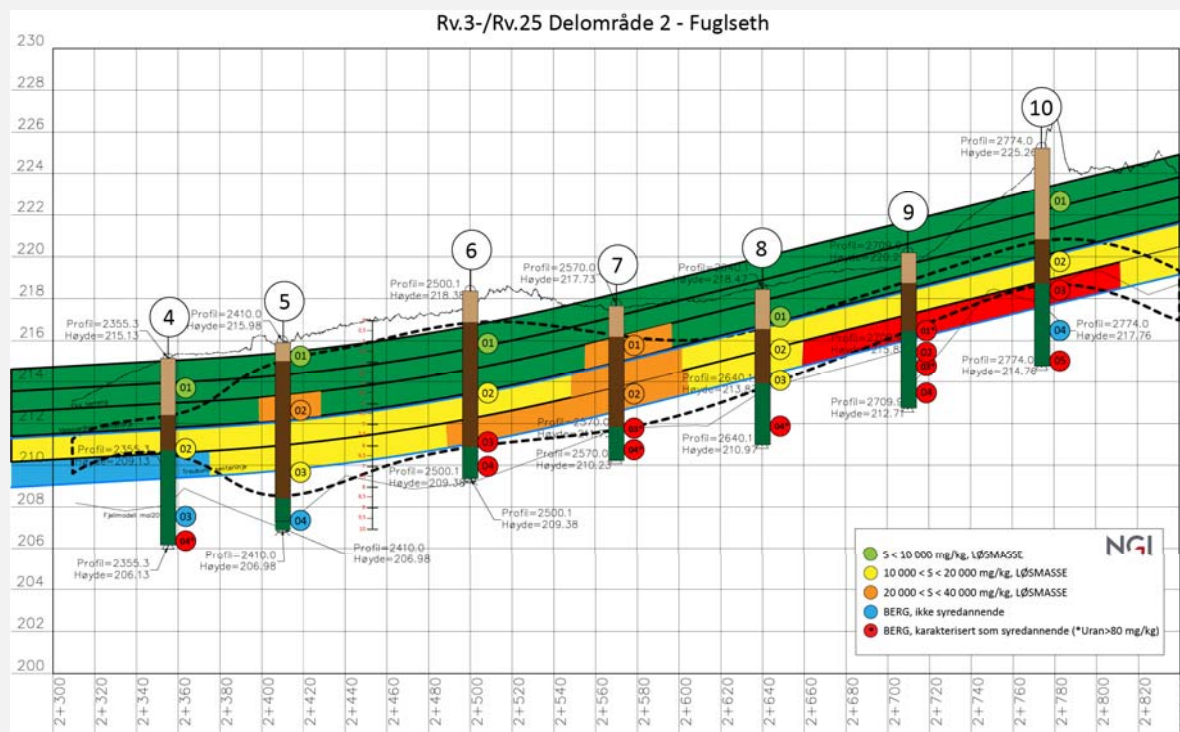
Maskinstyring – konsept for masseuttak



- Kartlagte prøver styrer inndeling av masser i soner.
- Geologisk tolkning påvirker utstrekning av soner.
- Min tykkelse av soner er 1m. da det skal utføres maskinelt
- Løsmasser håndteres ved utlegging og komprimering.
- Berg disponeres i tråd med karakterisering basert på veileder M-310.
- Maskinstyring sikrer at alle har samme informasjon og at arbeidet utføres riktig.

* NB! Inndelingen basert på svovelinnhold i morene/løsmasser er brukt for å illustrere skillet mellom morenemasser med relativt lave og relativt høye verdier. Endelig toleransegrense for svovel i svartkiferholdige løsmasser vil fremkomme av YM-planene for området. Inndelingen av bergprøver følger M-310.

Maskinstyring – konsept for masseuttak



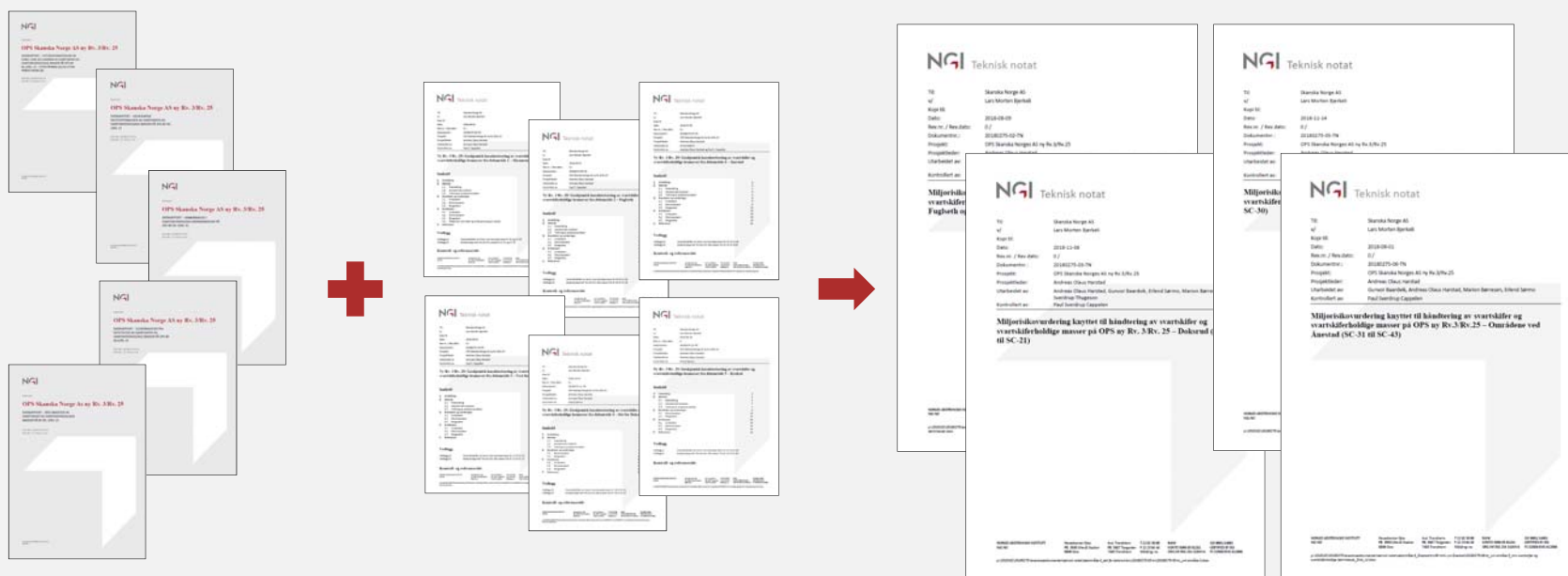
* NB! Inndelingen basert på svovelinnhold i morene/løsmasser er brukt for å illustrere skillet mellom morenemasser med relativt lave og relativt høye verdier. Endelig toleransegrense for svovel i svartkiferholdige løsmasser vil fremkomme av YM-planene for området. Inndelingen av bergprøver følger M-310.

- Kartlagte prøver styrer inndeling av masser i soner.
- Geologisk tolkning påvirker utstrekning av soner.
- Min tykkelse av soner er 1m. da det skal utføres maskinelt
- Løsmasser håndteres ved utlegging og komprimering.
- Berg disponeres i tråd med karakterisering basert på veileder M-310.
- Maskinstyring sikrer at alle har samme informasjon og at arbeidet utføres riktig.

Stedsspesifikk risikovurdering

- MRKV vurderer hva omgivelser og resipienter tåler der en miljøpåvirkning kan tenkes å komme.
- For Rv. 3/25 vil forhold som finnes lokalt, ved de definerte områdene for omplassering av masser, være styrende fyllingsutforming.
- En oppdeling av YM-planer i mindre områder sikrer optimal håndtering for hele strekningen – og ikke en generell tilnærming basert på anslag og langtrekkende gjennomsnittsverdier.

YM planer for hvert delområde



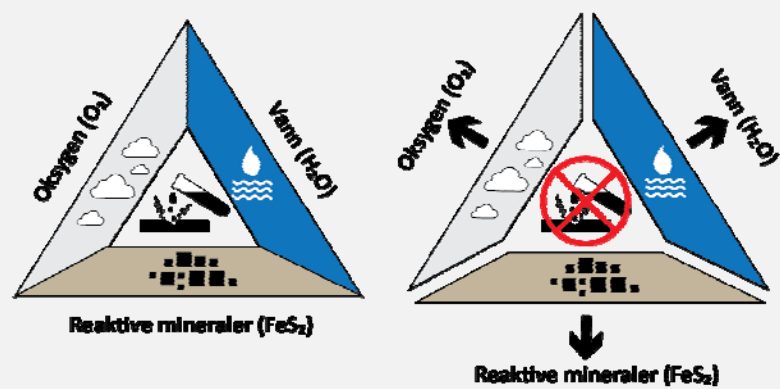
Basert på datarapporter og områdespesifikke geokjemiske karakteriseringsrapporter.

Avklaring: forurensningsforskriften §2.3a

§ 2-3.Definisjoner

- a) **forurenset grunn**: jord eller berggrunn der konsentrasjonen av helse- eller miljøfarlige stoffer overstiger fastsatte normverdier for forurenset grunn, jf. vedlegg 1 til dette kapitlet, eller andre helse- og miljøfarlige stoffer som etter en risikovurdering må likestilles med disse. Grunn der konsentrasjonen av uorganiske helse- eller miljøfarlige stoffer ikke overstiger lokalt naturlig bakgrunnsnivå i området der et terrenginngrep er planlagt gjennomført, skal likevel ikke anses for forurenset. **Grunn som danner syre** eller andre stoffer som kan medføre forurensning ***i kontakt med vann og/eller luft, regnes som forurenset grunn dersom ikke annet blir dokumentert.***

HUSK: «*Reaksjonstrekanter*»



↗ *Men er konseptet praktisk gjennomførbart i anleggsfasen??*



Takk for oppmerksomheten!