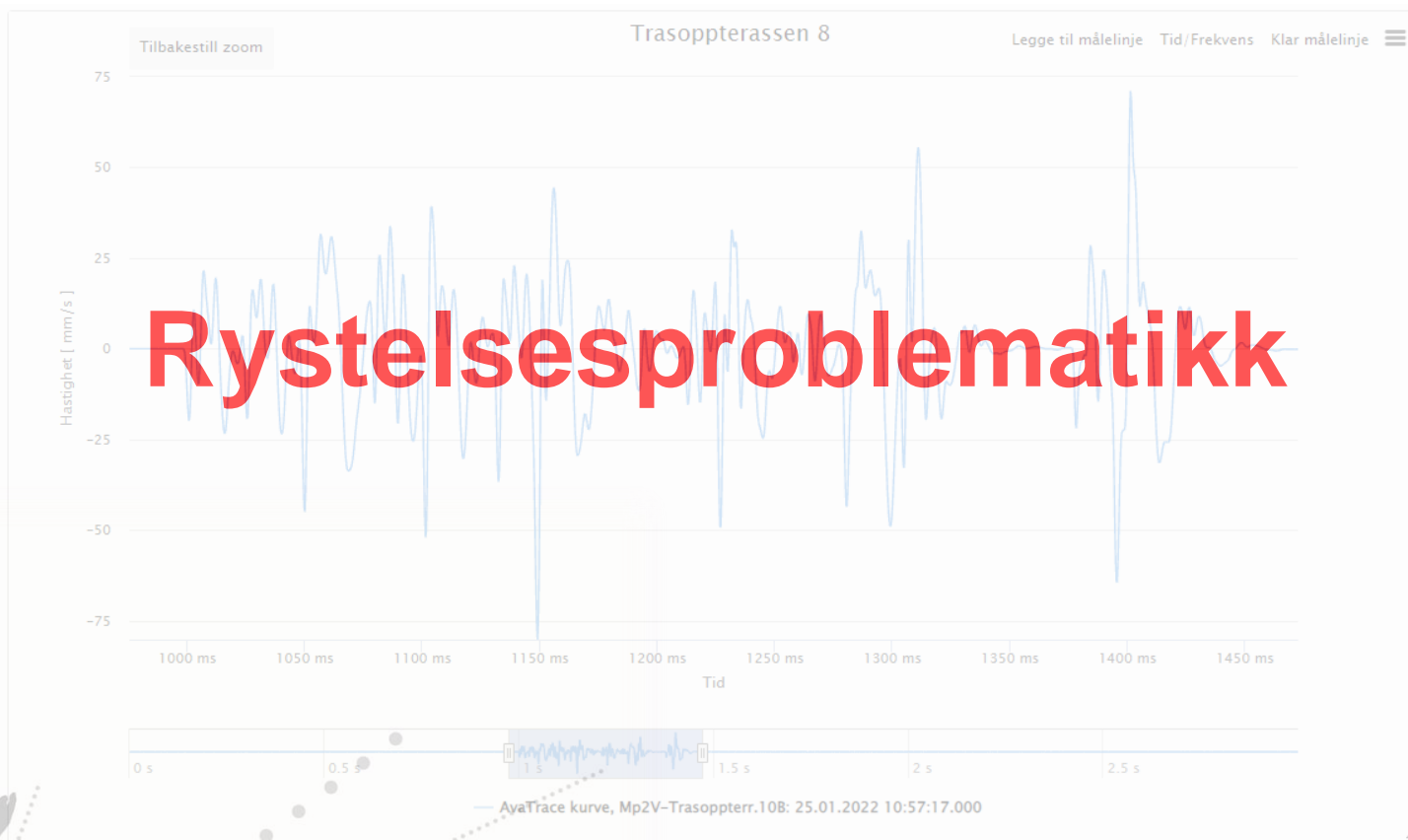


Rystelsesproblematikk



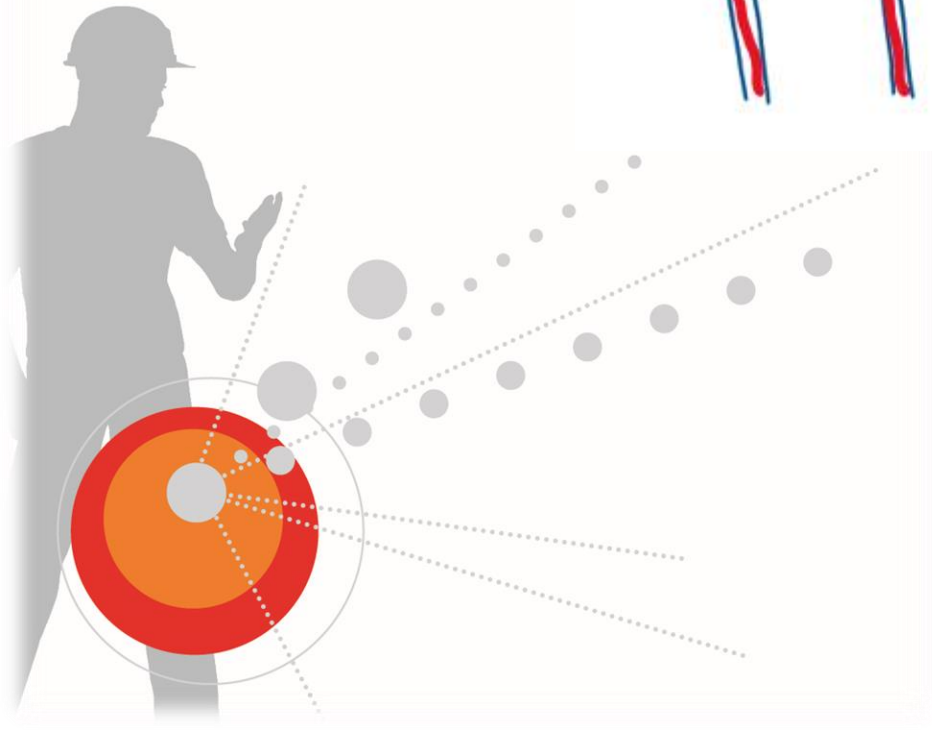
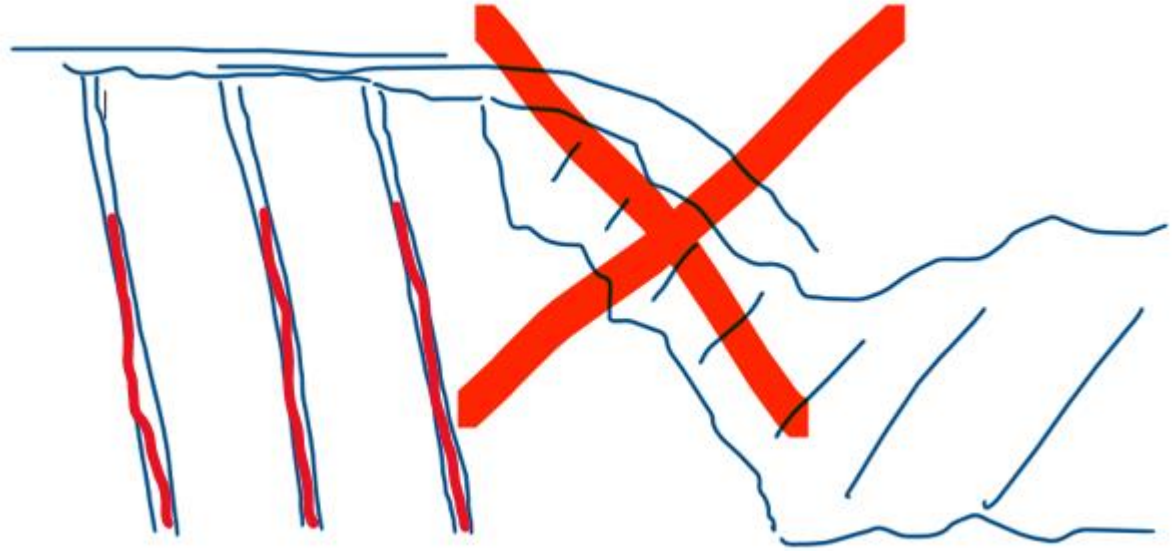
v/ Morten Lorentzen
Leder Bransjeråd for fjellsprengning

Tiltak for å unngå rystelser

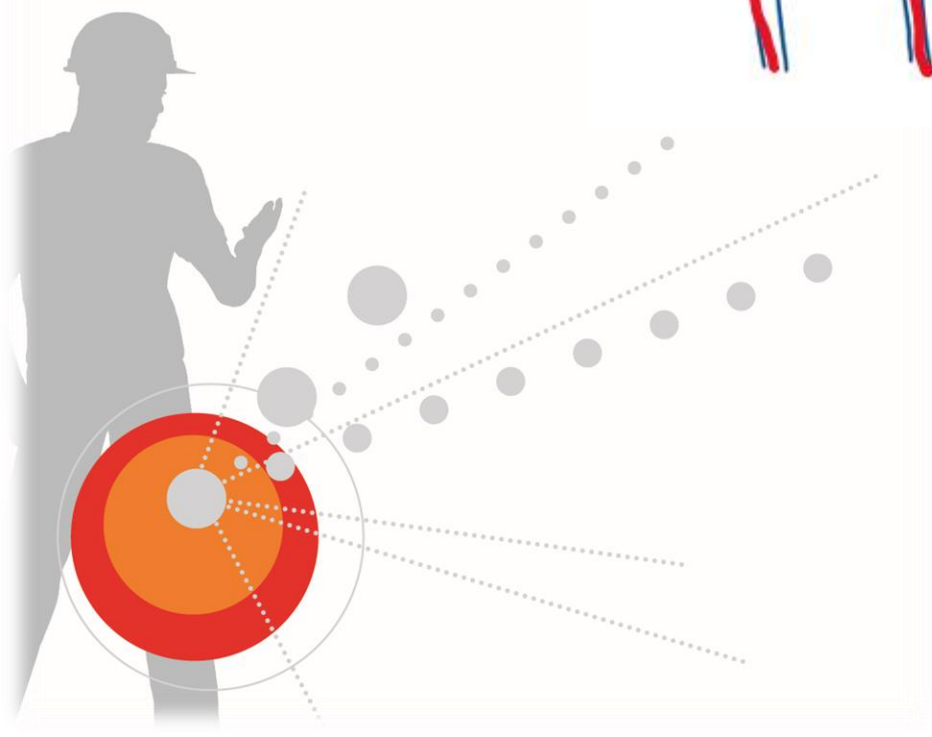
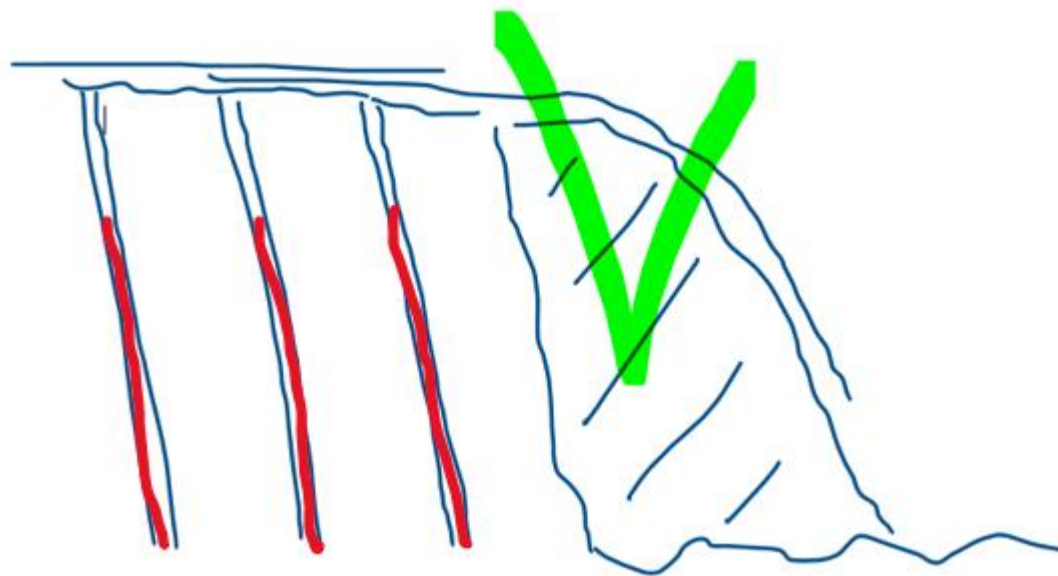
- Nøyaktig boring
- Kontroll på stoff / første rast
- Kontroll på slepper og bakbrytning / forbolting
- Kontroll på gasstrykk / evakueringshull / søm
- Høy spesifikk ladning
- Kontroll på brytningsvinkler
- **Hvert eneste borehull må komme lett!**



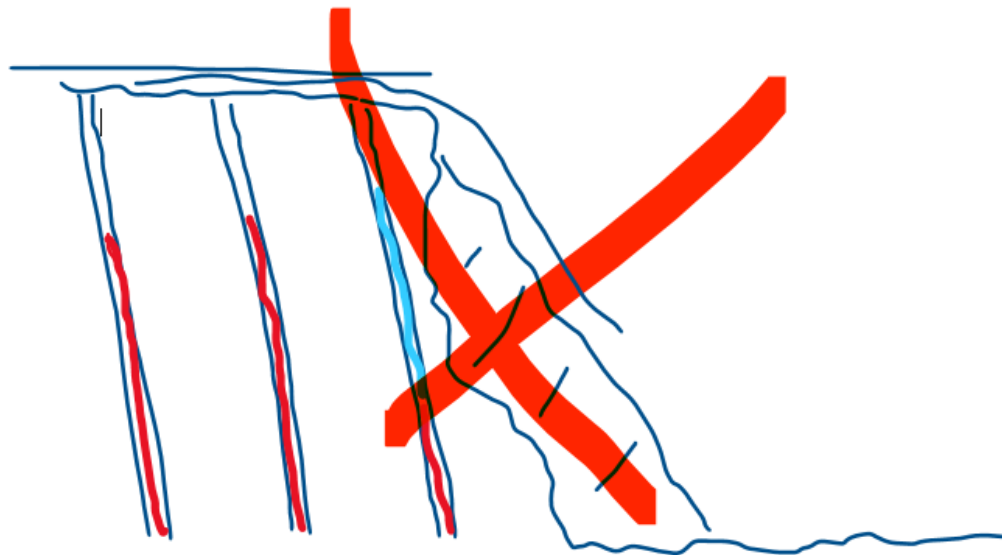
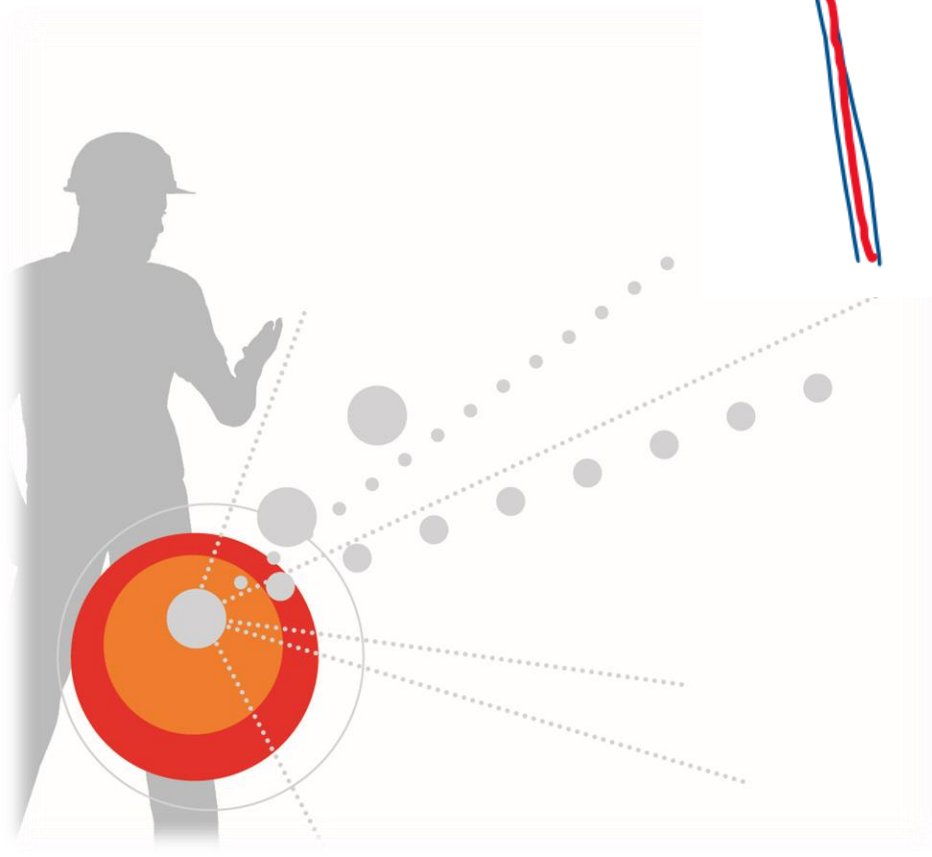
Ikke kontroll på stoff => RYSTELSER



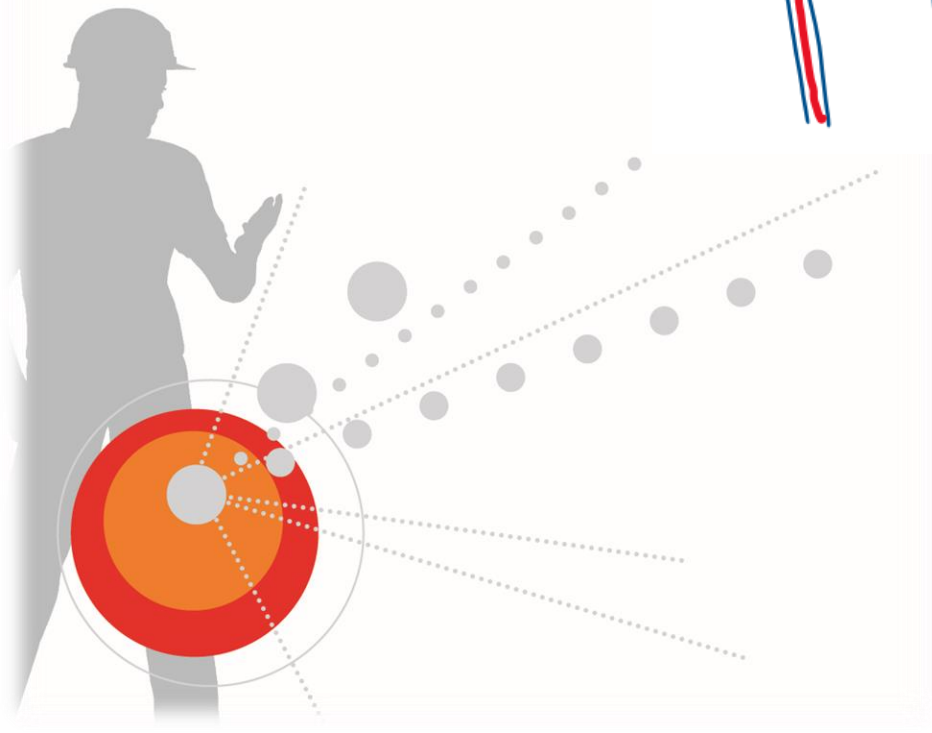
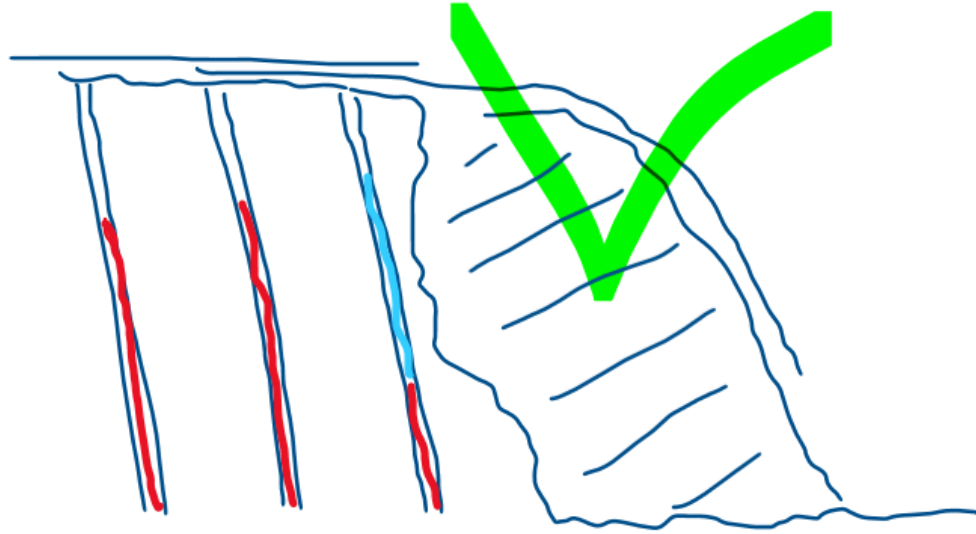
Kontroll på stuff



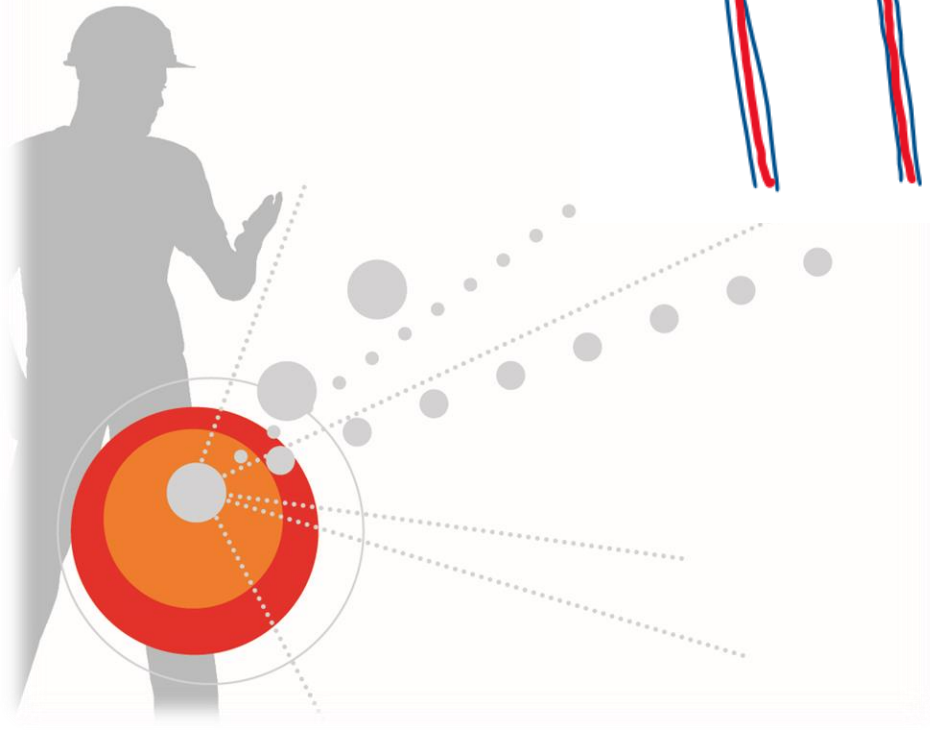
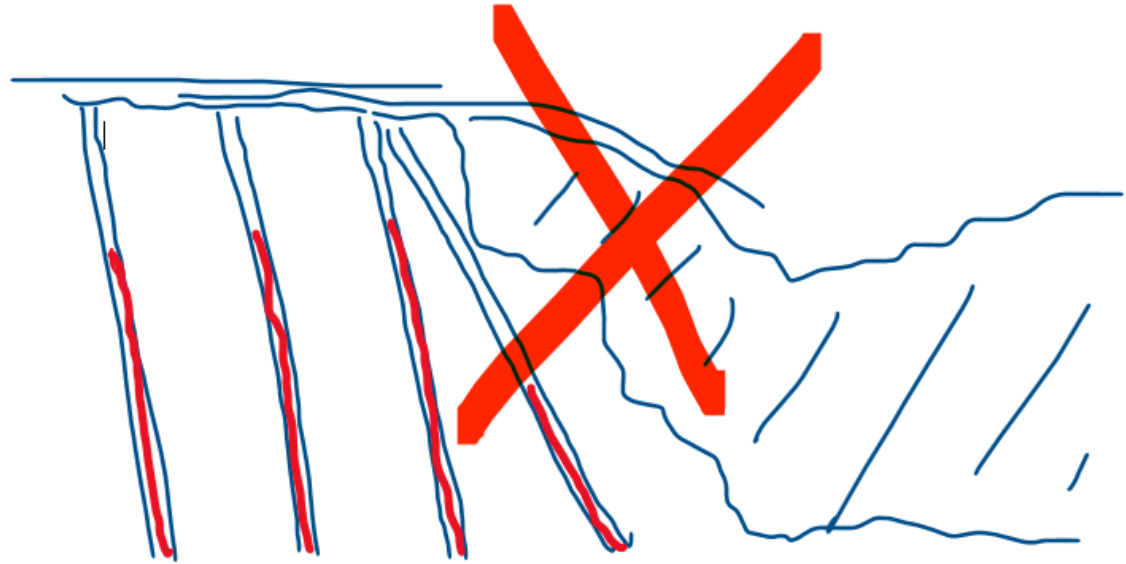
Kontroll på stuff, men for lite løsmasse demmer opp => SPRUT



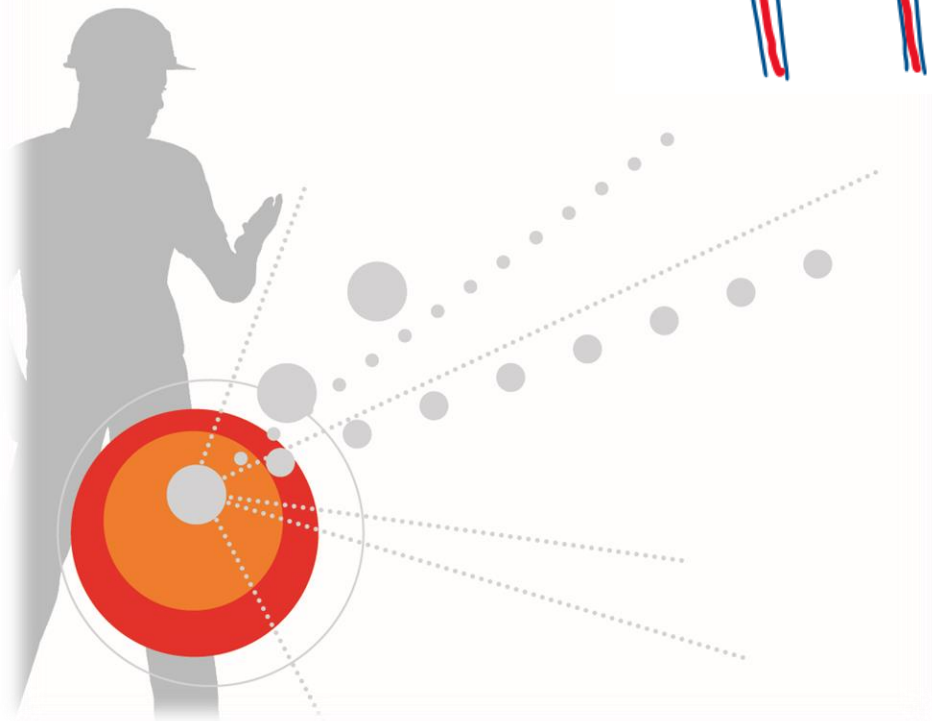
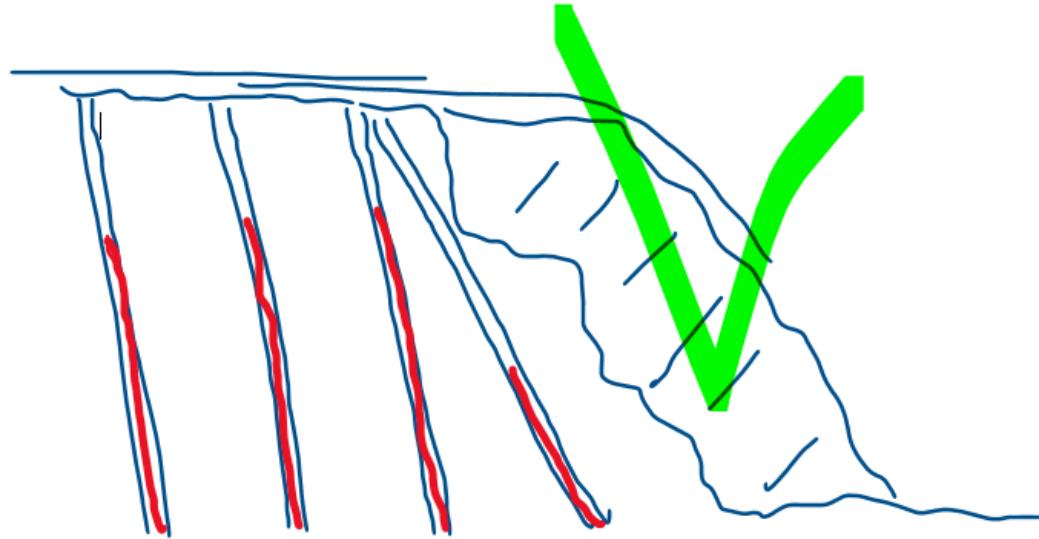
Kontroll på stuff, løsmassen demmer opp men yter liten motstand som påvirker rystelser



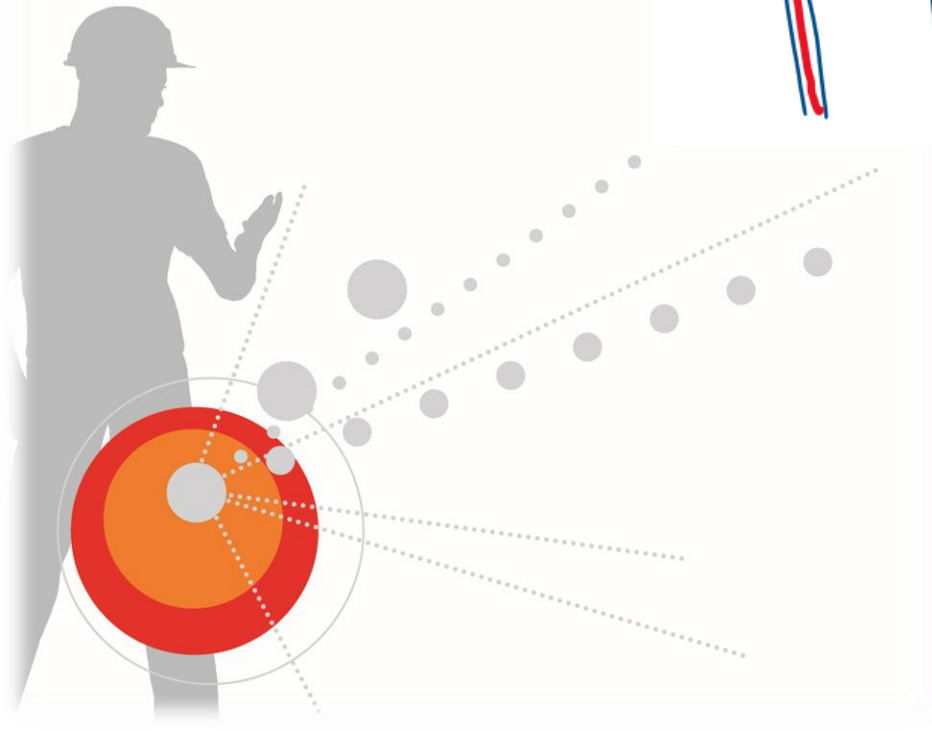
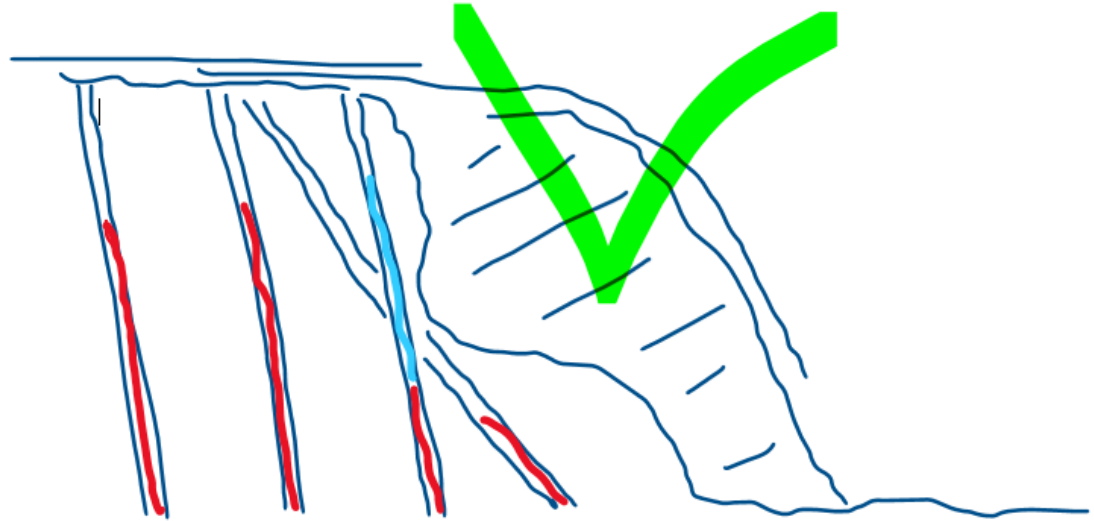
**Kontroll på stoff med redusert
frontrast, men for mye masse
demmer opp => RYSTELSER**



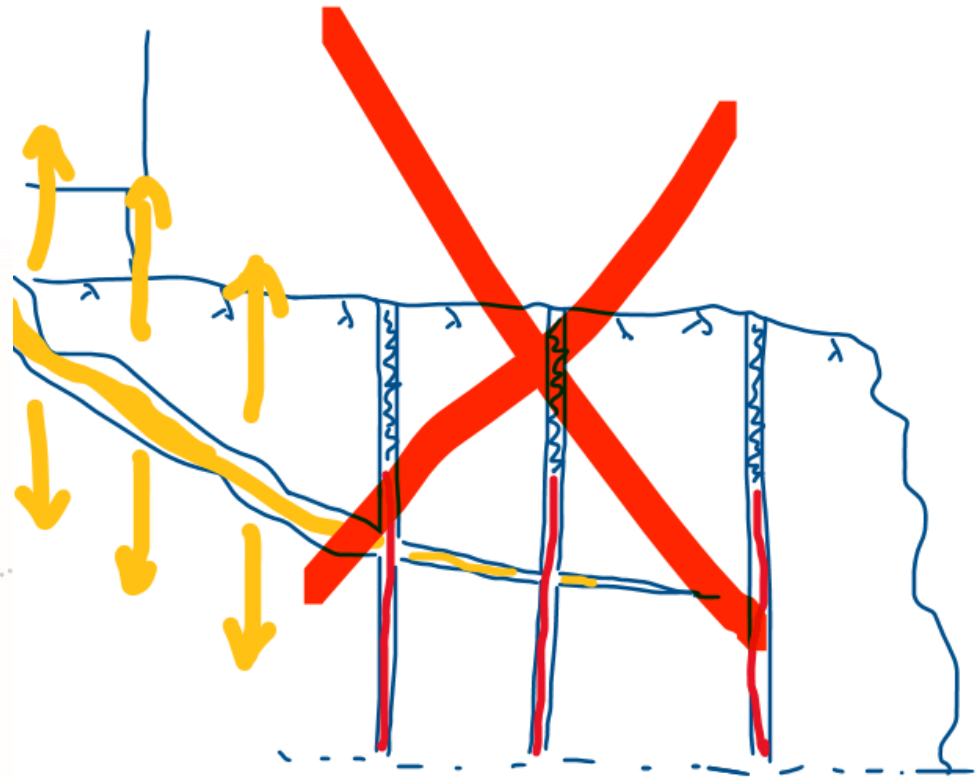
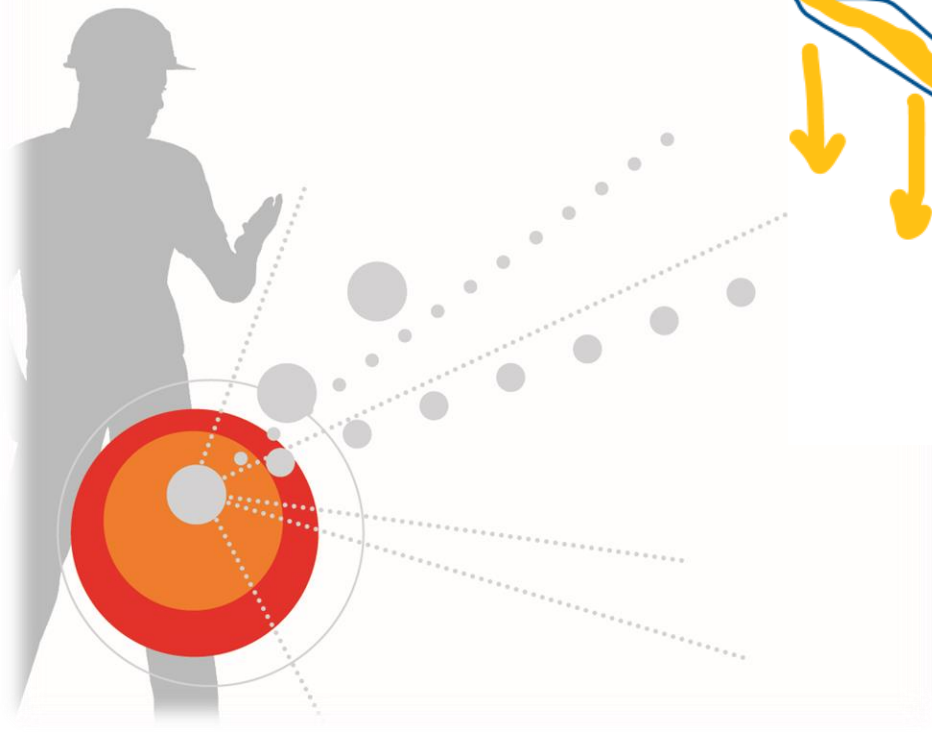
Kontroll på stoff med redusert frontrast



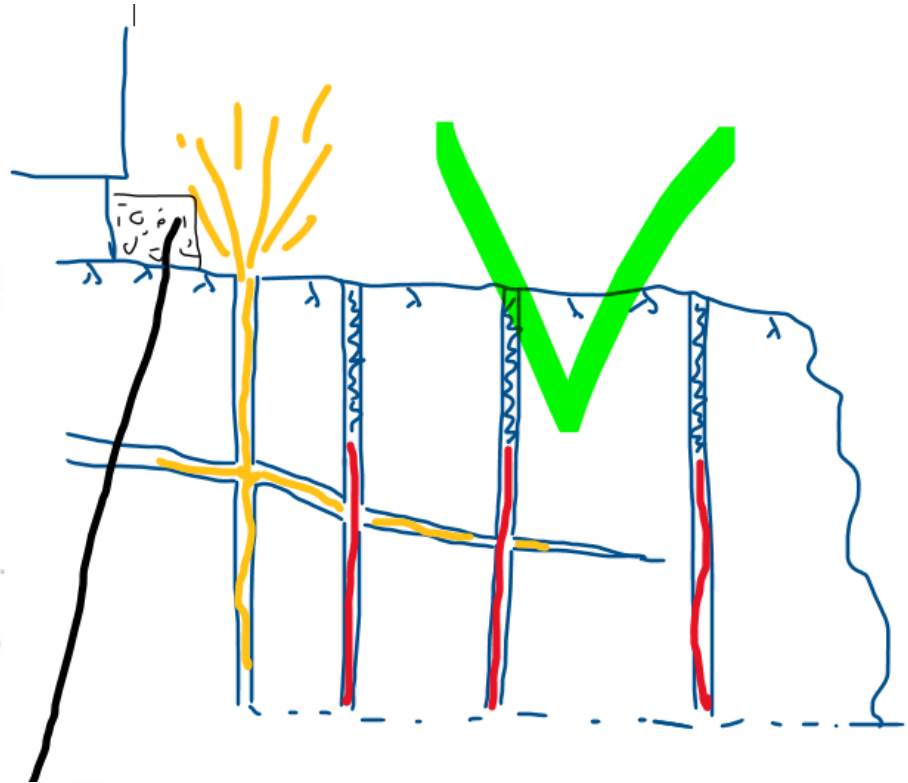
Kontroll på stoff med noe redusert front rast og tilbaketrukket hjelpehull for bunn



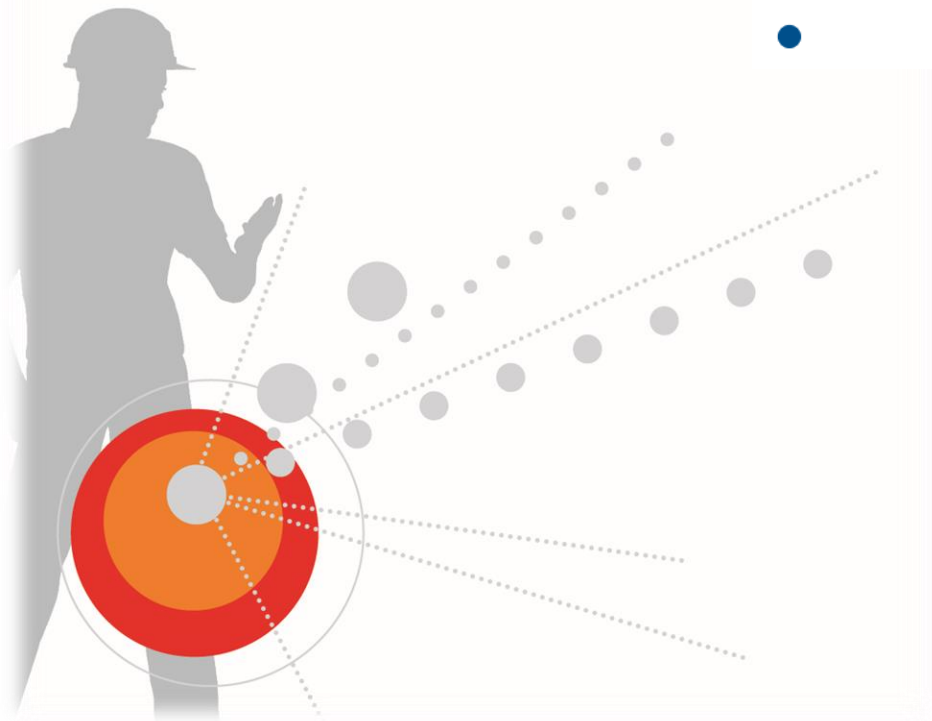
Gasstrykket og brytningskreftene vil sammen gi STORE RYSTELSER eller kanskje direkte løft eller forskyvning



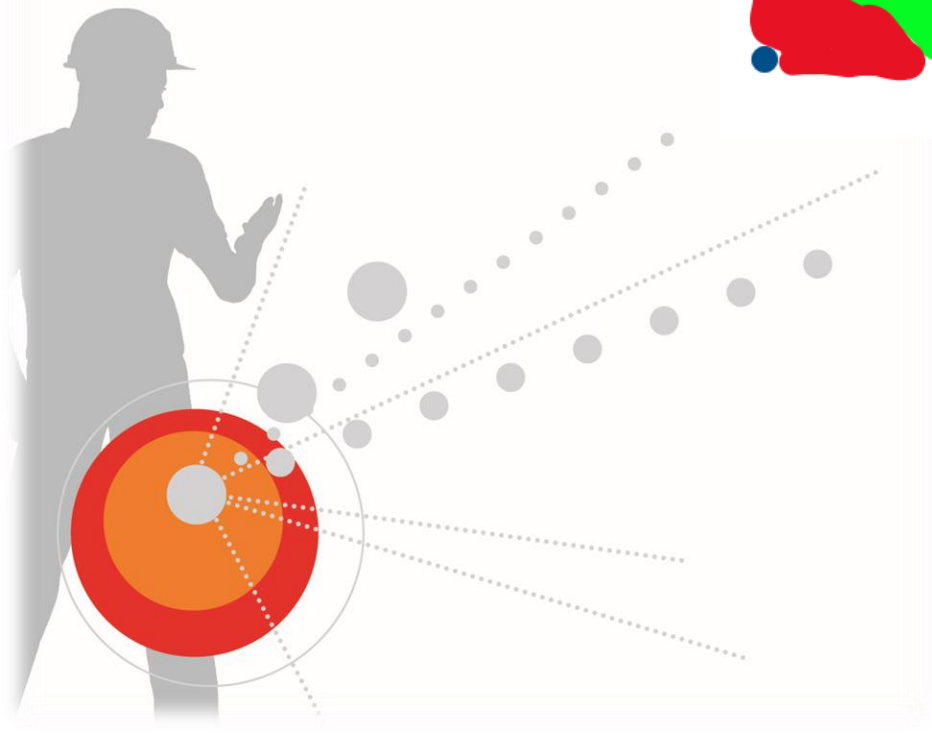
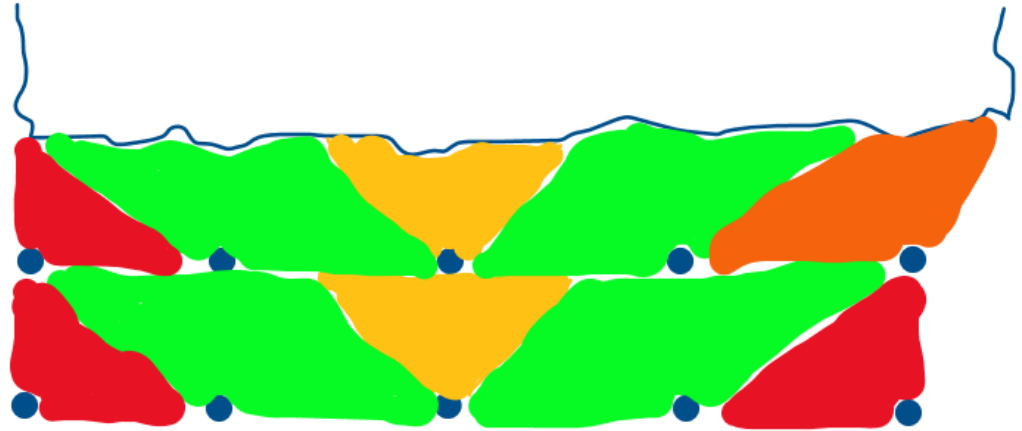
Søm for evakuering av gasstrykk og forbolter med fotdrager som sikrer mot bakbrytning



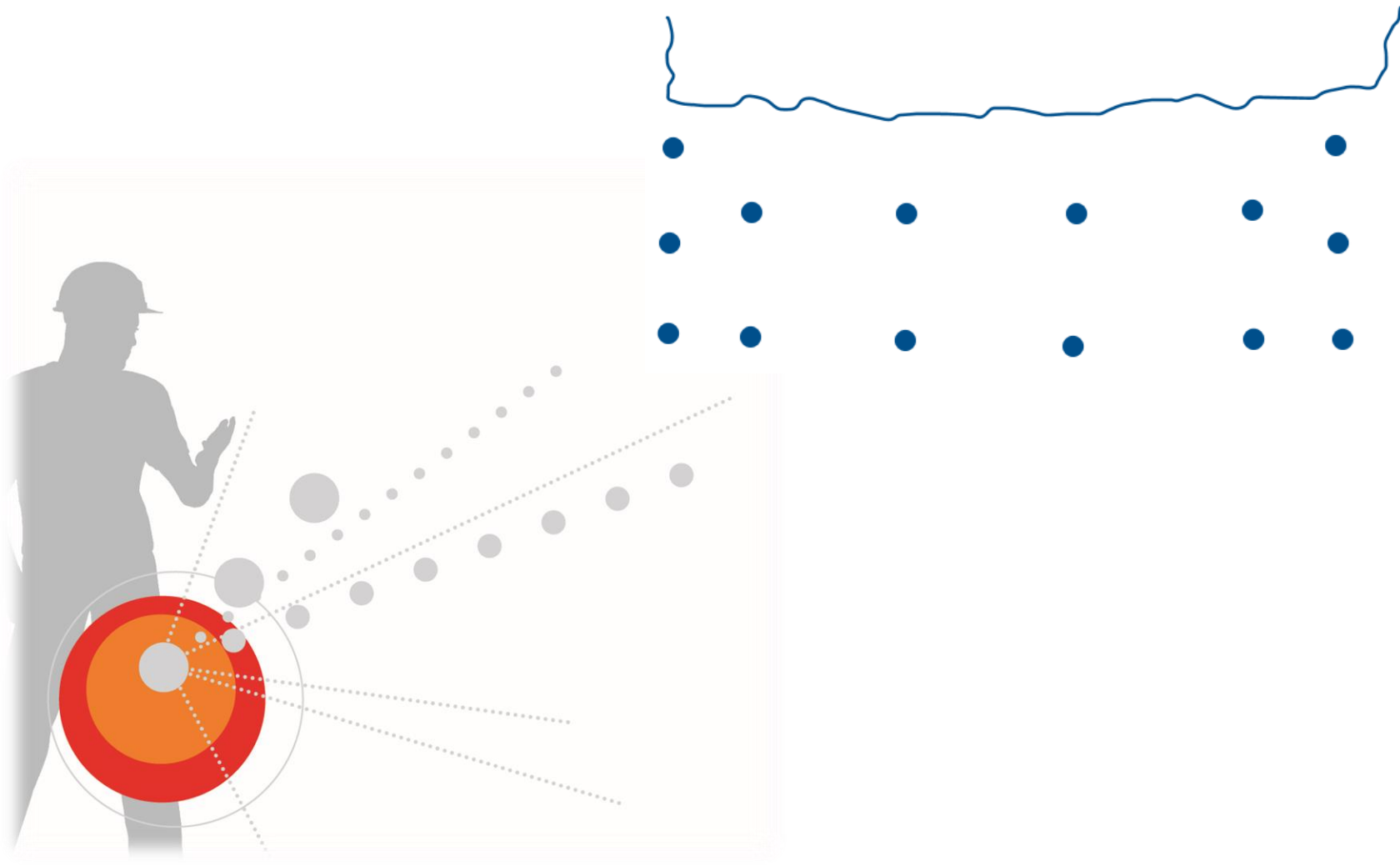
Tenk brytningsmekanikk, hvilket ut genererer mest rystelser?



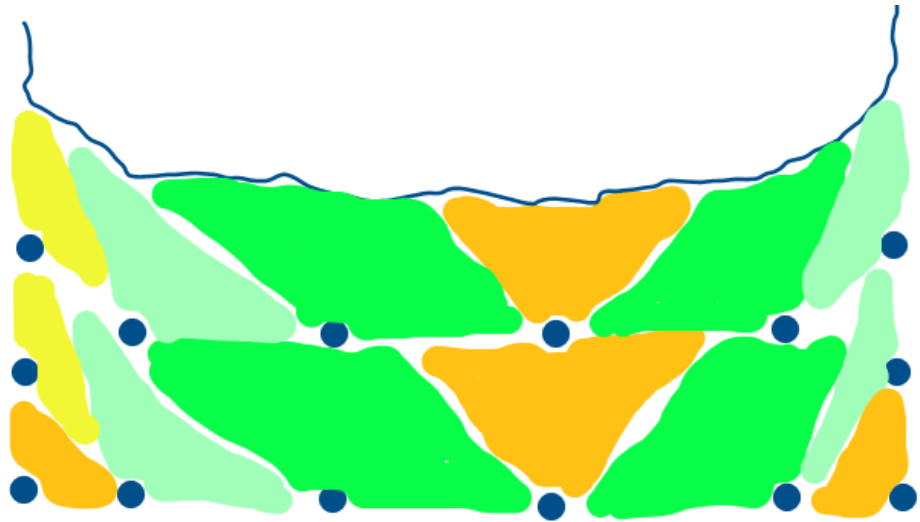
Trange vinkler gir høy innspenning og høye rystelser, vide vinkler går lett ut



Tettere eller forskjøvet kontur vil f. eks. kunne lette på innspenningen



Tettere eller forskjøvet kontur vil f. eks. kunne lette på innspenningen



Grenseverid 50mm/s

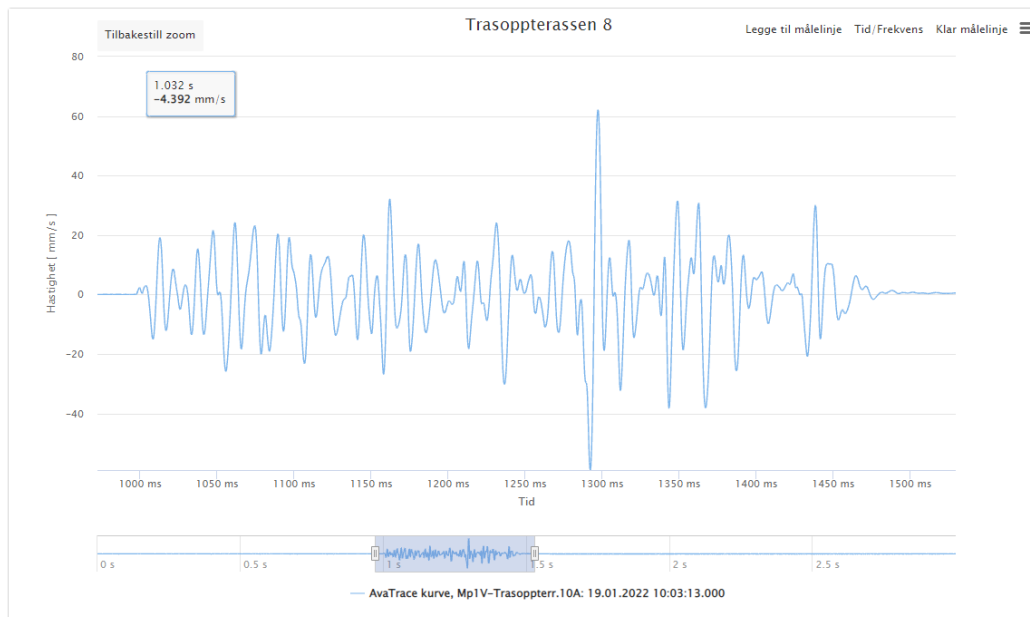
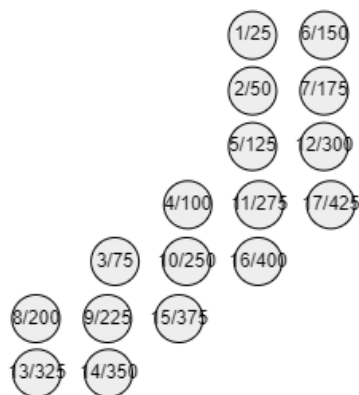
Pip..pip.. SMS... Målt toppverdi 62,1 mm/s

Skal vi hensyn ta denne overskridelsen?

- Vet vi hva som gjorde utslaget?
- Hvilke konsekvenser har det å starte med tiltak på usikkert grunnlag?
- Hva har vi egentlig av data på en salve?
- Bruker vi tilgjengelige verktøy?



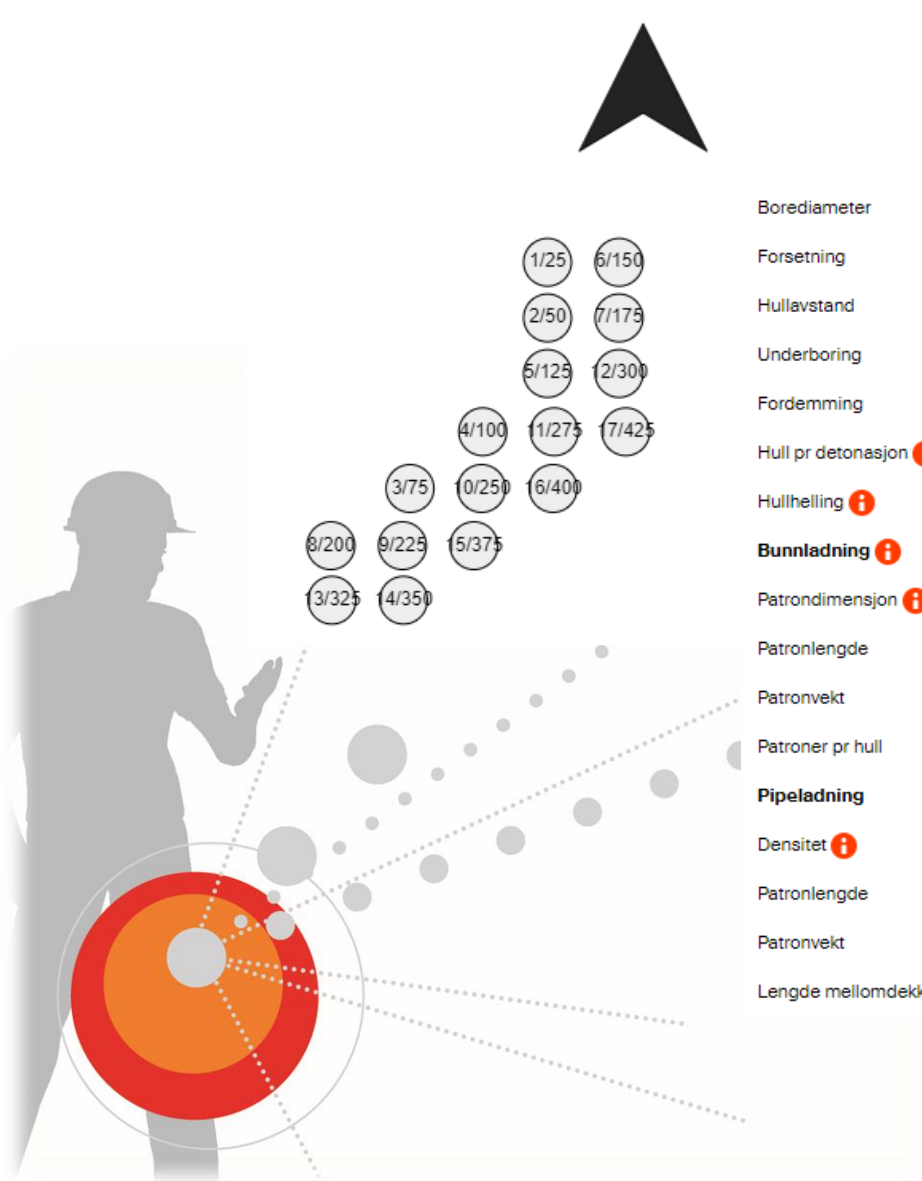
Eks. Salve 5, første rystelsesoverskridelse



Max ladning per intervall: 2,86 kg

Navn	Plassering	Grenseverdi (mm/s)	Avstand (m)	Fjellkonstant (k)	Kalkulert rystelse (mm/s)	Mål rystelse (mm/s)	Ny fjellkonstant	Kilde
Mp1	Trasoppterr:10A	50	17	537	53,5	62,1	624	
Mp2	Trasoppterr:10B	50	13	575	75,5	61,4	468	
Mp3	Trollåsveien 11	50	29	103	5,9	9,6	165	
Mp4	Trollåsveien 15	50	36	240	11,3	10,0	212	
Mp5	Trollåsveien 10	50	36	158	7,3	10,5	225	
Mp6	Trasoppterr:6	50	32	410	21,7	15,3	288	
Mp7	Trasoppterr:7	50	65	160	4,2	4,1	159	

Eks. Salve 5 Salvedata og hulldata



Borediameter	mm	54	54	0
Forsetning	m	1,10	1,10	0,00
Hullavstand	m	1,30	1,30	0,00
Underboring	m	0,40	0,40	0,00
Fordemming	m	1,00	1,00	0,00
Hull pr detonasjon i	stk	1	1	0
Hullhelling i	grader	5,0	5,0	0,0
Bunnledning i				
Patrondimensjon i	mm	-	-	-
Patronlengde	mm	380	380	0
Patronvekt	gram	400	400	0
Patroner pr hull	stk	5	5	0
Pipeladning				
Densitet i	kg/l	0,00	0,00	0,00
Patronlengde	mm	380	380	0
Patronvekt	gram	250	250	0
Lengde mellomdekk i	m	0,0	0,0	0,0

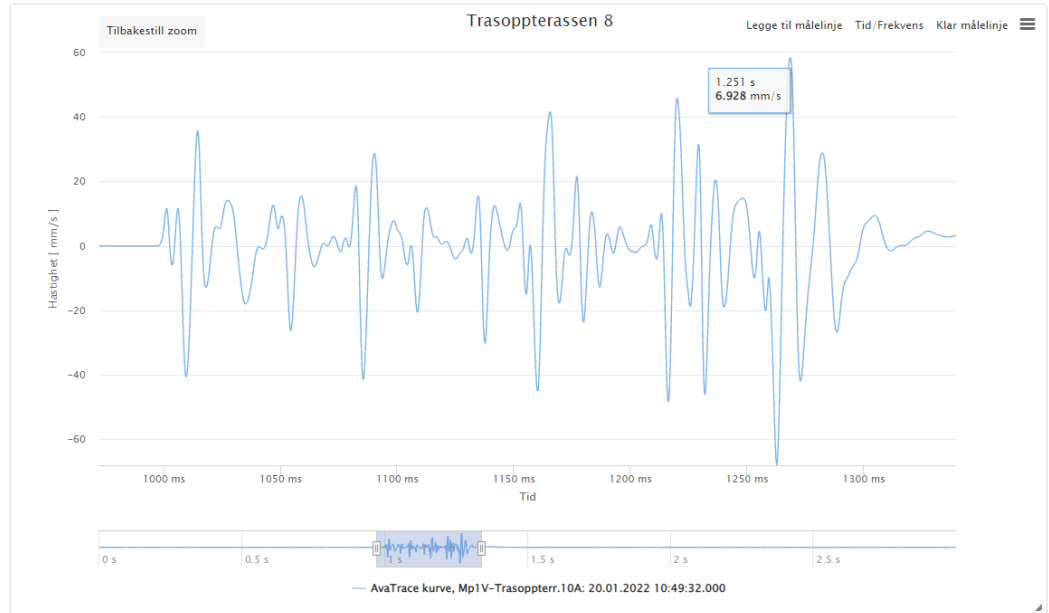
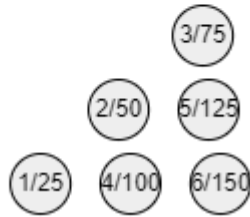
Salvehull				Salvehull			
Plan	Rapport	Avvik	Rast	Antall hull Boreddybde			
			1	2	3		
			2	2	3,1		
			3	2	3,5		
			4	3	3,7		
			5	3	3,8		
			6	3	4		
			7	2	4,2		

Vi ser bare på sms og velger å ta hensyn...

- Vi kan krympe bormønster
- Vi har liten mulighet til reduksjon av patrondiameter.
- Vi kan palle ned
- **Vi kan lade med flere dekk, som vi velger**



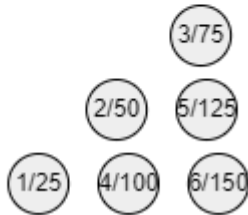
Eks. Salve 7 i 2 dekk, mellomdekk 0,4m



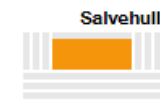
Max ladning per intervall: 1,60 kg

Navn	Plassering	Grenseverdi (mm/s)	Avstand (m)	Fjellkonstant (k)	Kalkulert rystelse (mm/s)	Mål rystelse (mm/s)	Ny fjellkonstant	Kilde
Mp1	Trasoppterr:10A	50	14	468	42,3	68,0	753	
Mp2	Trasoppterr:10B	50	12	296	30,7	46,5	448	
Mp3	Trollåsveien 11	50	34	93	3,5	4,5	120	
Mp4	Trollåsveien 15	50	40	111	3,5	4,3	135	
Mp5	Trollåsveien 10	50	38	154	5,1	6,0	160	
Mp6	Trasoppterr:6	50	28	246	10,9	13,0	292	
Mp7	Trasoppterr:7	50	61	110	2,3	4,6	220	

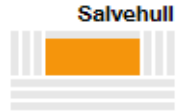
Eks. Salve 7 Salvedata og hulldata



		Salvehull		
		Plan	Rapport	Avvik
Borediameter	mm	54	54	0
Forsetning	m	1,10	1,10	0,00
Hullavstand	m	1,30	1,30	0,00
Underboring	m	0,40	0,40	0,00
Fordemming	m	1,00	1,00	0,00
Hull pr detonasjon	stk	1	1	0
Hullhelling	grader	5,0	5,0	0,0
Bunnladning 				
Patrondimensjon	mm	-	-	-
Patronlengde	mm	380	380	0
Patronvekt	gram	400	400	0
Patroner pr hull	stk	4	4	0
Pipeladning				
Densitet	kg/l	0,00	0,00	0,00
Patronlengde	mm	380	380	0
Patronvekt	gram	250	250	0
Lengde mellomdekk	m	0,4	0,4	0,0



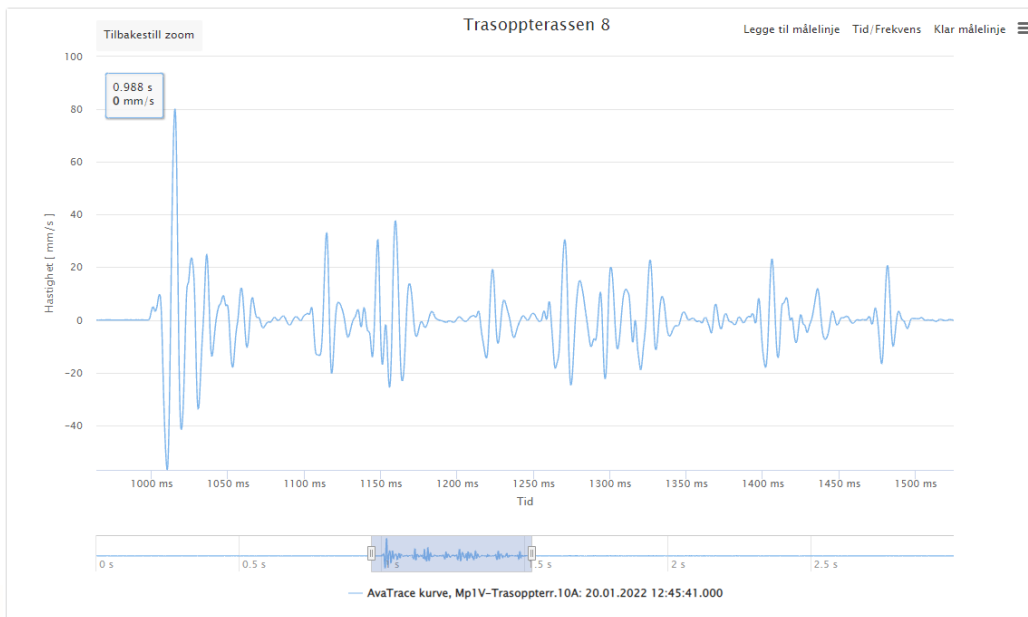
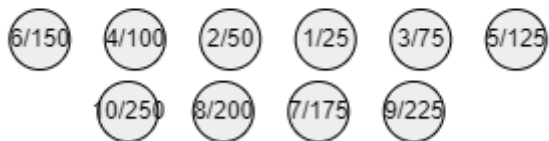
Plan Rapport Avvik



Rast	Antall hull	Boredybde	Ant mellomdekk
1	1	4,8	1
2	2	5	1
3	3	5	1



Eks. Salve 8 i 2 dekk, mellomdekk 0,4m



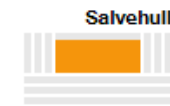
Max ladning per intervall: 1,59 kg

Navn	Plassering	Grenseverdi (mm/s)	Avstand (m)	Fjellkonstant (k)	Kalkulert rystelse (mm/s)	Mål rystelse (mm/s)	Ny fjellkonstant	Kilde
Mp1	Trasoppterr:10A	50	16	624	48,3	50,2	1036	
Mp2	Trasoppterr:10B	50	12	468	51,3	44,7	408	
Mp3	Trollåsveien 11	50	29	165	7,2	7,0	161	
Mp4	Trollåsveien 15	50	37	212	7,3	3,3	97	
Mp5	Trollåsveien 10	50	38	225	7,5	4,8	143	
Mp6	Trasoppterr:6	50	33	288	10,9	12,0	318	
Mp7	Trasoppterr:7	50	65	159	3,1	3,2	169	

Eks. Salve 8 Salvedata og hulldata

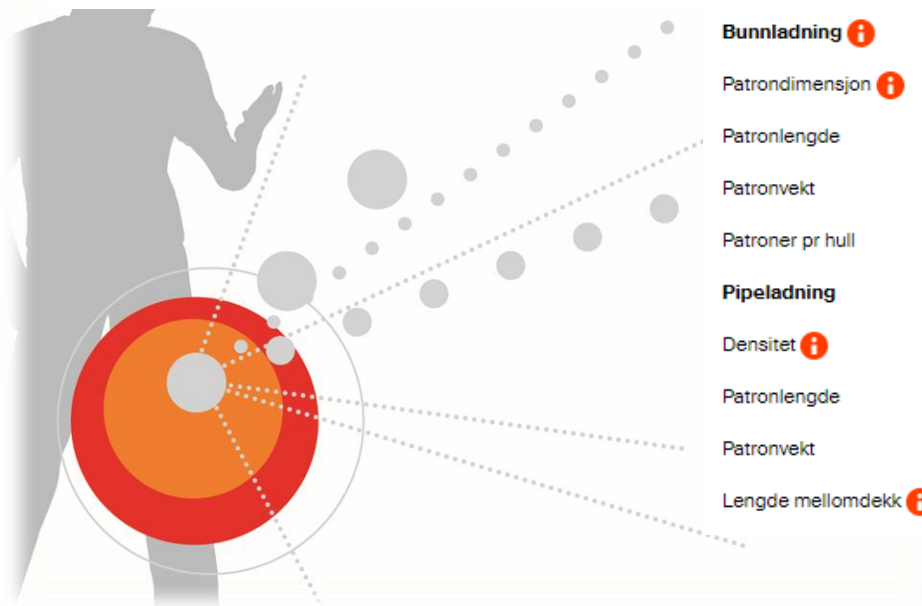
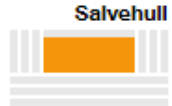


Borediameter	mm	54	54	0
Forsetning	m	0,80	0,80	0,00
Hullavstand	m	1,00	1,00	0,00
Underboring	m	0,40	0,40	0,00
Fordemming	m	1,00	1,00	0,00
Hull pr detonasjon	stk	1	1	0
Hullhelling	grader	5,0	5,0	0,0
Bunnladning 				
Patrondimensjon	mm	-	-	-
Patronlengde	mm	380	380	0
Patronvekt	gram	400	400	0
Patroner pr hull	stk	1	1	0
Pipeladning				
Densitet	kg/l	0,00	0,00	0,00
Patronlengde	mm	380	380	0
Patronvekt	gram	250	250	0
Lengde mellomdekk	m	0,4	0,4	0,0



Plan Rapport Avvik

Rast	Antall hull	Boreddybde	Ant mellomdekk
1	6	4,2	1
2	4	4,2	1



Gjør vi noe feil, vi skulle jo få rystelsene ned med bruk av to dekk?

- Vi benytter bordiameter $\varnothing 51\text{mm}$ og patronert sprengstoff $\varnothing 25\text{mm}$ og $\varnothing 30\text{mm}$ i begge salver
- Vi bruker 4-8 til fordemning
- Vi minker forsetning fra 1,0 til 0,8
- Vi minker hullavstand fra 1,3 til 1,0
- Fordemming mellomdekk 0,4m
- Fordemming topp 1,0m
- Vi øker spesifikk lading fra 0,39 til 0,66
- Det er svært homogent berg. Vi ser ingen spor av tydelige slepper eller lagdelinger
- Full kontroll på stuff

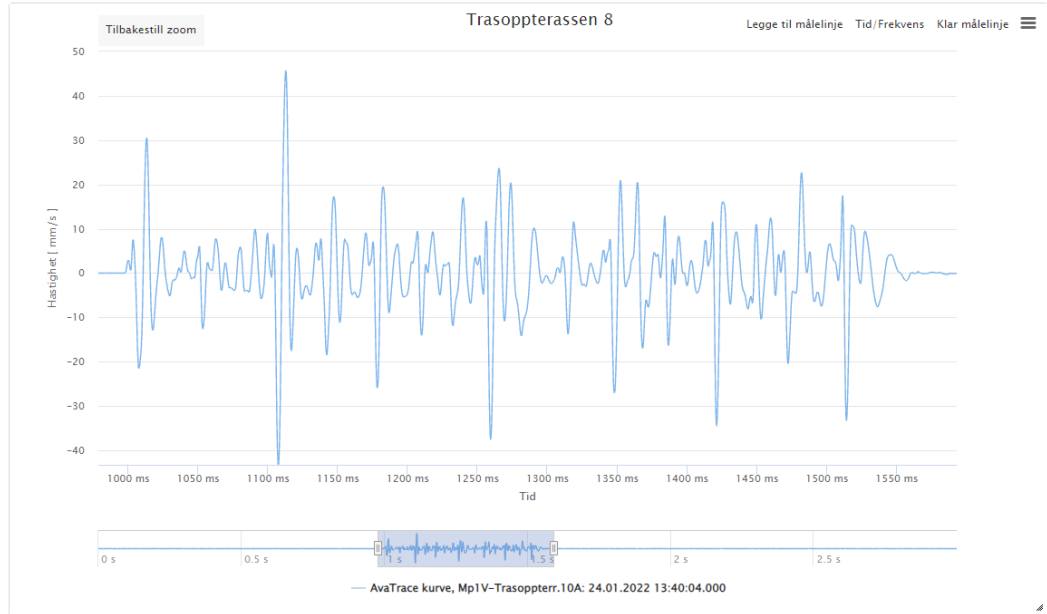
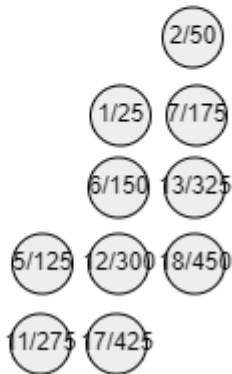


Hva kan vi lese ut av kurven og hvilke tiltak kan vi gjøre?

- Ser vi noen mønster i salvene?
- Hvorfor ser vi ut å ha store utslag på topptennere og nesten ingen på bunntennere?



Eks. Salve 10 i 2 dekk, mellomdekk 0,5m

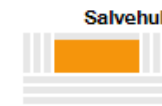
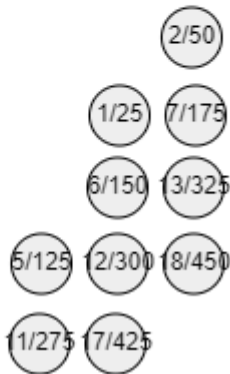


Tennplan viser øverste dekk, dvs. her går alle topp tennere i en rast, så bunntennere i samme rast før topp tennere i neste rast.

Max ladning per intervall: 1,42 kg

Navn	Plassering	Grenseverdi (mm/s)	Avstand (m)	Fjellkonstant (k)	Kalkulert rystelse (mm/s)	Mål rystelse (mm/s)	Ny fjellkonstant	Kilde
Mp1	Trasoppterr:10A	50	13	1036	93,0	45,7	510	
Mp2	Trasoppterr:10B	50	9	408	53,3	53,8	412	
Mp3	Trollåsveien 11	50	32	161	6,0	2,3	61	
Mp4	Trollåsveien 15	50	40	97	2,9	2,3	77	
Mp5	Trollåsveien 10	50	40	143	4,3	3,2	108	
Mp6	Trasoppterr:6	50	33	318	11,6	11,5	314	
Mp7	Trasoppterr:7	50	63	169	3,2	3,4	179	

Eks. Salve 10 Salvedata og hulldata



Plan Rapport Avvik

Borediameter	mm	54	54	0
Forsetning	m	0,90	0,90	0,00
Hullavstand	m	0,90	0,90	0,00
Underboring	m	0,40	0,40	0,00
Fordemming	m	0,90	0,90	0,00
Hull pr detonasjon	stk	1	1	0
Hullhelling	grader	5,0	5,0	0,0
Bunnledning 				
Patrondimensjon	mm	-	-	-
Patronlengde	mm	380	380	0
Patronvekt	gram	400	400	0
Patroner pr hull	stk	3	3	0
Pipelledning				
Densitet	kg/l	0,00	0,00	0,00
Patronlengde	mm	380	380	0
Patronvekt	gram	250	250	0
Lengde mellomdekk	m	0,5	0,5	0,0



Ant mellomdekk

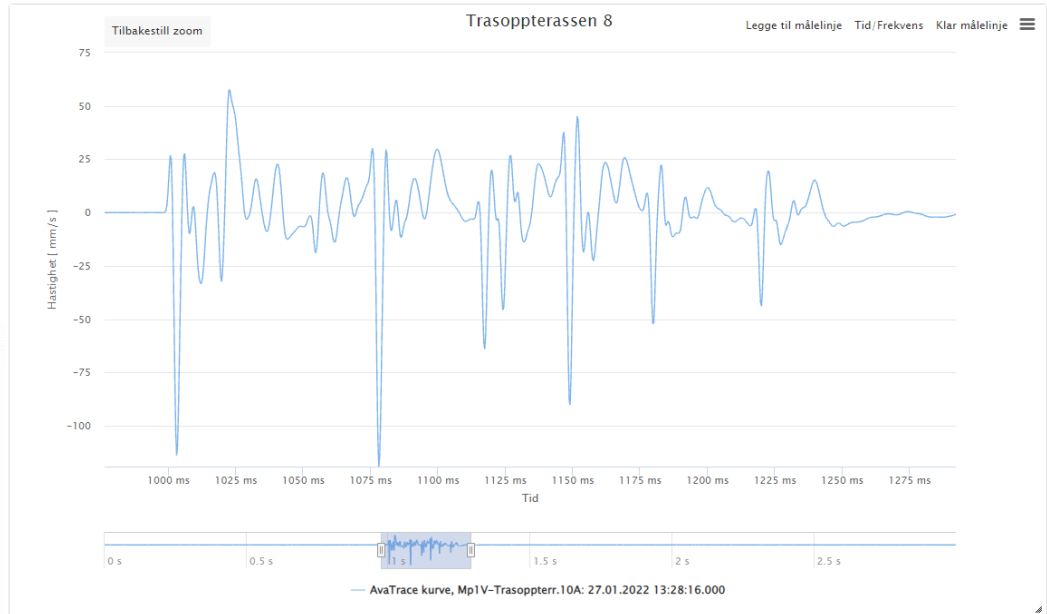
Rast	Antall hull	Boredybde	Ant mellomdekk
1	1	4,2	1
2	2	4,3	1
3	2	4,5	1
4	3	4,6	1
5	2	4,7	1

Vi mener å se kollaps i fordemming av mellomdekk...

- Kun en økning fra 0,4 til 0,5m og bruk av noe grøvere fordemmingsmasse gjør tydelig utslag.
- Finkornet fordemming sammen med små patrondiameterer VS. Hulldiameter kan gi kollaps i fordemming
- Dette kan forårsakes f.eks. av rystelser fra første ladning, da en salve varer i opptil 0,5 sek.
- Tyngde akselereasjonen kan flytte fordemmingsmassen langt på 0,5 sek. Med en akselerasjonen opp mot $9,81 \text{ m/s}^2$
- Selv ett intervall på 25mm sek er antakelig nok.



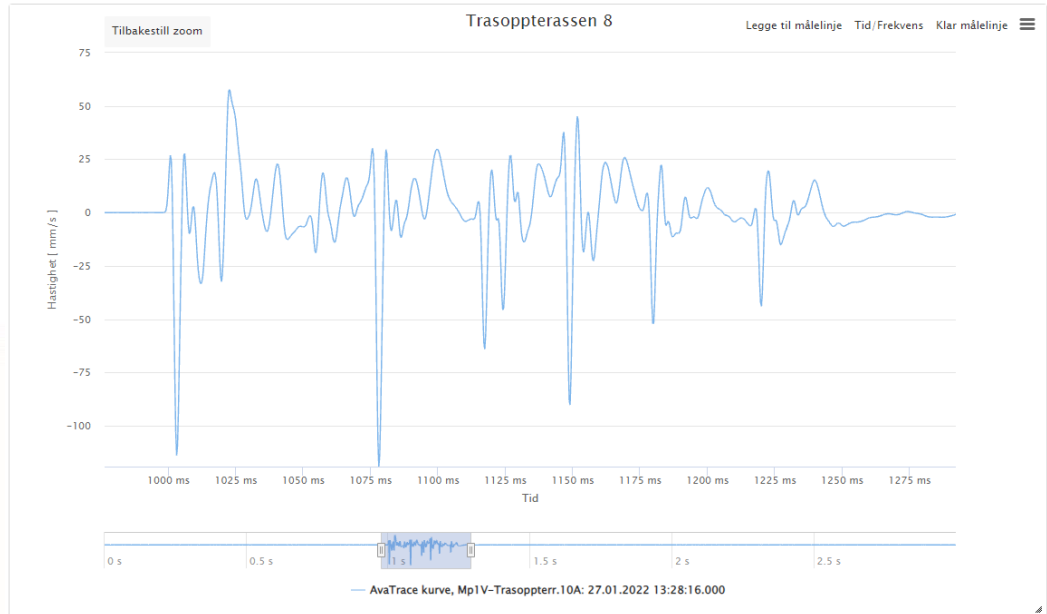
Eks. Grøftesalve



Max ladning per intervall: 2,95 kg

Navn	Plassering	Grenseverdi (mm/s)	Avstand (m)	Fjellkonstant (k)	Kalkulert rystelse (mm/s)	Målt rystelse (mm/s)	Ny fjellkonstant	Kilde
Mp1	Trasoppterr:10A	50	15	383	44,4	CS 119,1	1027	
Mp2	Tasoppterr:10B	50	19	341	31,4	CS 28,7	311	
Mp3	Trollåsveien 11	50	44	92	3,6	CS 4,6	117	
Mp4	Trollåsveien 15	50	48	78	2,8	CS 3,9	110	
Mp5	Trollåsveien 10	50	41	150	6,3	CS 6,3	150	
Mp6	Trasoppterr:6	50	20	158	13,9	CS 15,3	174	
Mp7	Trasoppterr:7	50	50	69	2,3	CS 3,1	91	

Eks. Grøftesalve etter tiltak



Max ladning per intervall: 2,95 kg

Navn	Plassering	Grenseverdi (mm/s)	Avstand (m)	Fjellkonstant (k)	Kalkulert rystelse (mm/s)	Målt rystelse (mm/s)	Ny fjellkonstant	Kilde
Mp1	Trasoppterr:10A	50	15	383	44,4	CS 119,1	1027	
Mp2	Tasoppterr:10B	50	19	341	31,4	CS 28,7	311	
Mp3	Trollåsveien 11	50	44	92	3,6	CS 4,6	117	
Mp4	Trollåsveien 15	50	48	78	2,8	CS 3,9	110	
Mp5	Trollåsveien 10	50	41	150	6,3	CS 6,3	150	
Mp6	Trasoppterr:6	50	20	158	13,9	CS 15,3	174	
Mp7	Trasoppterr:7	50	50	69	2,3	CS 3,1	91	

Tiltak grøftesalver

- **Doble tenner (to dekk) i kun ytre rad på høyre side**
- **Kostnader med tiltak holdes på et minimum**



Konklusjon

- **Bruk de verktøy som finnes**
- **Kurveforløpet forteller oss svært mye om salvens forløp**
- **Settes dette i sammenheng med salverapporten kan man ofte lett finne årsak og velge rett tiltak.**



Forsiktig sprengning er nøyaktighet i alle ledd!



Takk for Oppmerksomheten!!