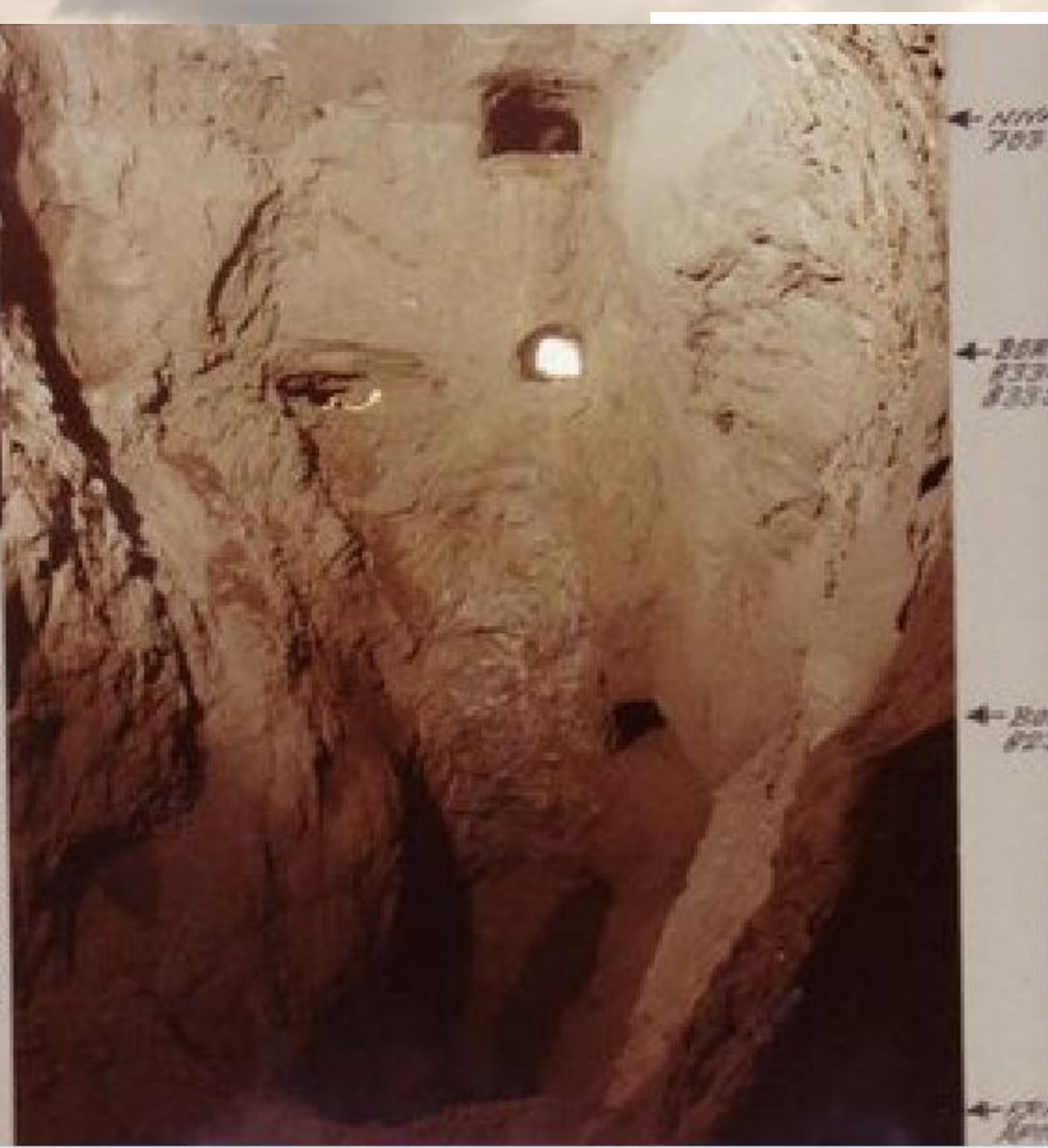


# Tverrfjellet Gruver – rensing av gruvevann på naturens premisser





# Historik

- > Predikert at gruva skulle gå i overløp tidligst etter ca. 2030, men kom i 2008.

	l/s
Døgnmiddelvanntføring	11,1
Maks. verdi	21,5
Min. verdi	1,29
Median	11,5

**Tabell 3.** Nøkkeltall for vannkvalitet ved utløpet av rør fra Jernbanestoll 2009-2010.

	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al mg/l	Fe mg/l	Cu mg/l	Zn mg/l	Cd mg/l	Pb mg/l	Mn mg/l	Vannf. l/s
Tidsveiet middel	6,93	105,0	554	174	27,3	0,100	2,91	2,04	15,1	0,044	0,016	1,81	11,1
Maks.verdi	7,33	123,9	689	220	31,5	0,220	5,98	4,21	21,1	0,070	0,042	2,38	18,6
Min.verdi	6,28	96,2	467	147	23,8	0,028	1,44	0,42	11,5	0,033	0,010	1,54	1,55

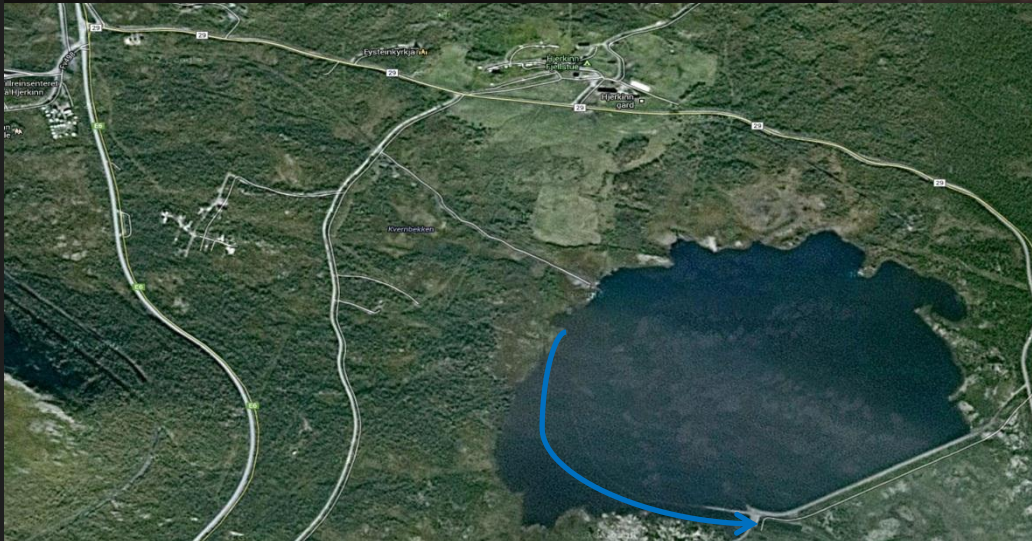
**Tabell 4.** Nøkkeltall for vannkvalitet ved utløpet av Hjerkinndammen i 2009-2010.

	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al µg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l	Mn µg/l	Vannf. l/s
Tidsveiet middel	7,49	26,2	61,3	39,0	4,41	12,1	231	51,6	736	2,03	1,04	86,7	143
Maks.verdi	7,96	33,1	71,0	45,7	5,22	22,8	480	68,7	944	2,68	2,47	275	774
Min.verdi	6,70	16,4	32,3	23,8	2,57	7,08	130	29,9	402	1,07	0,26	28,8	8,74

**Tabell 5.** Nøkkeltall for vannkvalitet ved utløpet av Hjerkinndammen i 1998..

	pH	Kond mS/m	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	Al µg/l	Fe µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l	Mn µg/l	Vannf. l/s
Aritm. middel	7,74	19,0	32,8	30,9	2,91	<50	125	7,2	66,1	0,16	0,65	44,2	217,3
Maks.verdi	8,01	24,0	43,1	39,7	3,81	<50	320	9,3	124,9	0,28	1,19	170,1	772,0
Min.verdi	7,46	13,3	23,7	21,7	2,11	<50	50	4,8	27,2	0,06	0,20	10,3	24,6

# Kortslutning i Hjerkinndammen

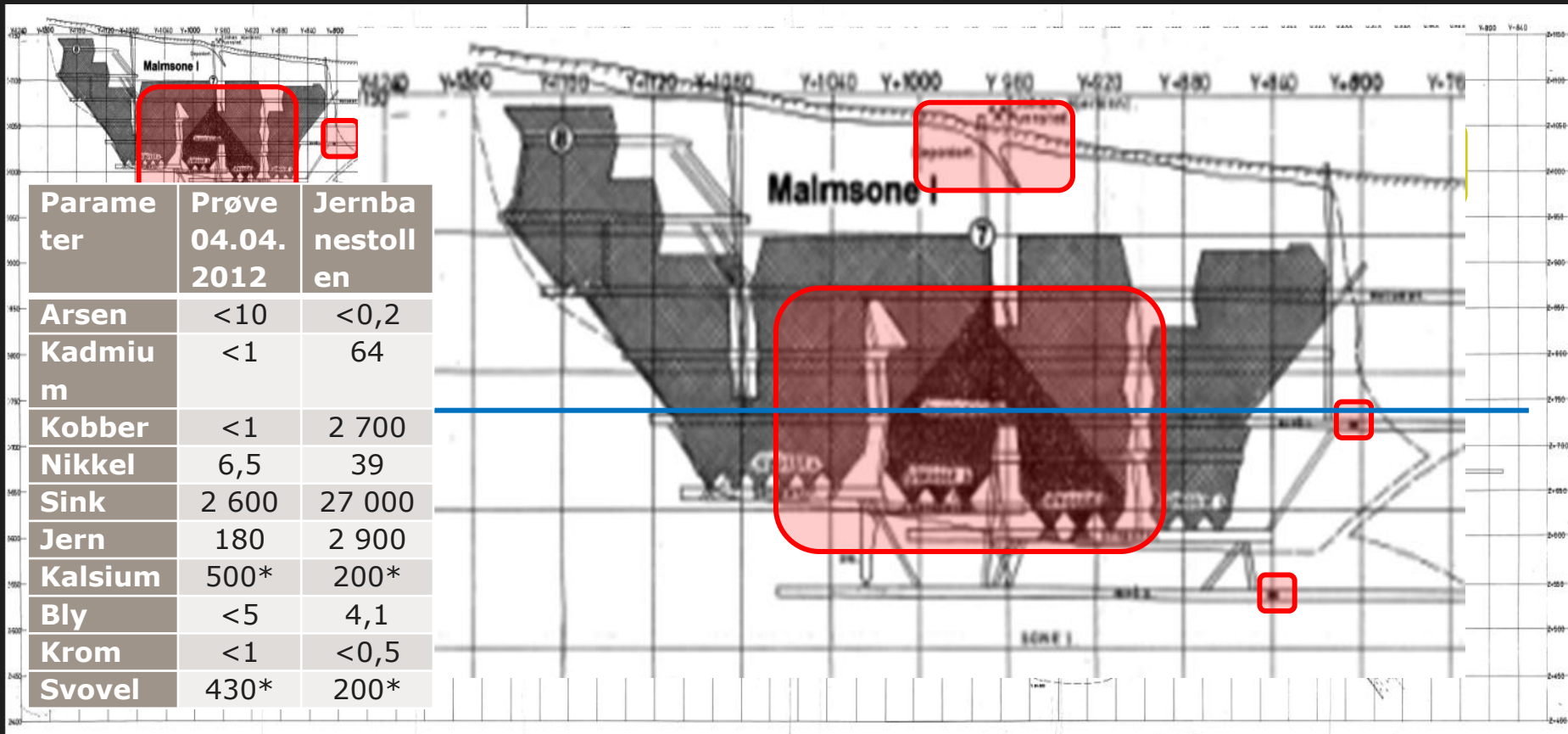


# Geologi og vannkjemi

- Lav permabilitet, men stor lekkasje i gruvetak
- Sidebergarter hovedsakelig amfibolitt og grønnstein, høyt innhold av Kalsium-karbonat
- Ph rundt 7, d.v.s. metaller mest på partikkelform!
- Det høye karbonatinnholdet medfører at pH forblir tilnærmet nøytral selv etter at metallene er oksidert.
- Svovelkisen ( $\text{FeS}_2$ ) oksyderer til  $\text{Fe}^{2+}$
- Prosessen foregår mest sannsynlig i de deler av gruva som ikke er vannfylt, dvs. i malmsone I.
- Syren som dannes ved oksydasjon med svovelkisen, nøytraliseres i reaksjon med metaller hvor karbonatmineralene har en dominerende rolle.
- Fellingsprosessen av  $\text{Fe}^{3+}$  krever rikelig tilgang på oksygen
- Slammet som dannes har tilnærmet samme egenvekt som vann, vanskelig å sedimentere i tradisjonelle sedimentasjonsbasseng.



# Gruva i tverrsnitt



- > Dypere ned i gruva reduseres oksiderte metaller.
- > Innholdet av kobber 1 ‰ av innholdet i vann fra jernbanestollen. Ca og S var imidlertid dobbelt så høyt.

# Bilder fra gruva og Kvernbekken



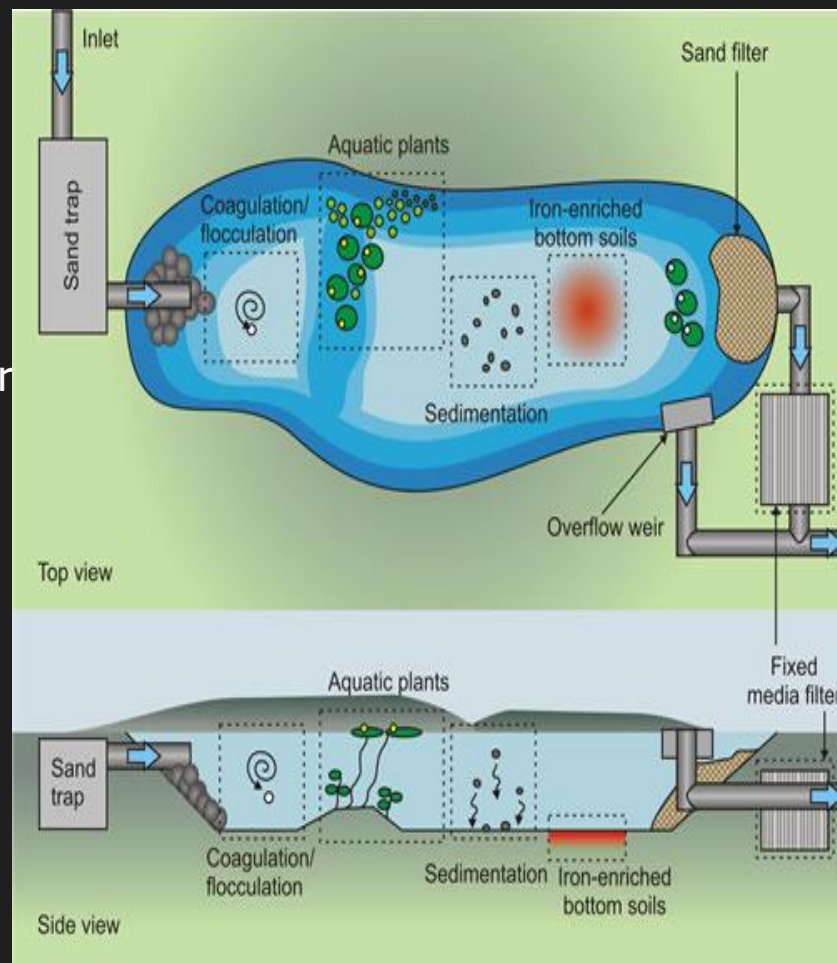
# Luftesjakt, uttak med selvfall





# Rensemetoder - alternativer

1. Passive behandlingsteknikker med anlegg som er selvgående uten tilført energi og som krever liten grad av tilsyn. F.eks Life treasure – anlegg.
2. Aktive behandlingsteknikker med anlegg som krever pumper, kjemikalier og stor grad av tilsyn. Ionebyttere aktuelt, gir mulighet for gjenvinning.
3. Kombinasjonsanlegg hvor for eksempel mangel på hydraulisk trykk medfører at pumper må anvendes eller at kravet til utfelling krever fellingskjemikalier i et ellers selvgående anlegg.



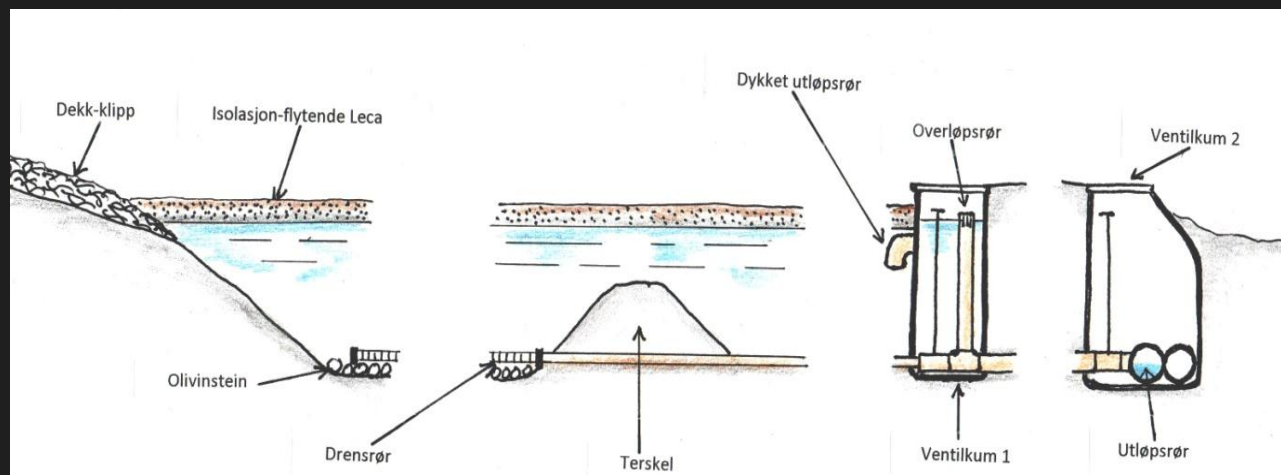
## Positivt

- > Høy pH, ikke behov for nøytralisering
- > Mulig å hente ut fra stort dyp, bruke gruva som rensetrinn
- > Mulig med selvfall til rensetrinn



## Utfordring

- > Høyt jerninnhold
- > Gipsdannelse (høy  $\text{Ca}^{2+}$  og sulfat)
- > Endring i vannkjemi over tid



# Alternative tiltaksmetoder, sjekkliste!

- > Tiltak som reduserer tilgang på oksygen:
  - > Nedsenking av det forurensende materialet i vann (utført i Hjerkinndammen).
  - > Heving av grunnvannstanden (utført Tverrfjellet gruve).
- > Tiltak som reduserer tilførselen av vann:
  - > Avskjæring av grunn- eller overflatevann som tilføres det forurensende materialet f.eks. gjennom sprekker i gruvetaket.
  - > Tildekking av vannførende sprekker eller sprekkesoner med tetningsmateriale eller membran for å redusere vanninntrengingen i gruverommene.
- > Geokjemiske tiltak:
  - > Tildekking med syrenøytraliserende materiale (lite anvendt).
  - > Passivering/innblanding av syrenøytraliserende materiale i vannet.



# Designfasen



-35° om vinteren!



# Dekk-klipp - Lier

Miljøfarlige stoffer som finnes i bildekk vil ha en sterk binding til den vulkaniserte gummiblandingen. Utlekkingsforsøk som er gjennomført viser at de miljøgiftene som forekommer oftest og har høyest potensial for utlekking er sink, alkylfenoler, oktylfenoler og ftalater. Bly, kadmium, kobber, kvikksølv, PCB og PAH er også påvist i ulike prøver. Utlekkingen som foregår vil også være avhengig av ytre forhold som pH, ledningsevne og vanngjennomstrømming i materialet. Utlekkingen er ventet å foregå langsomt og over mange år.

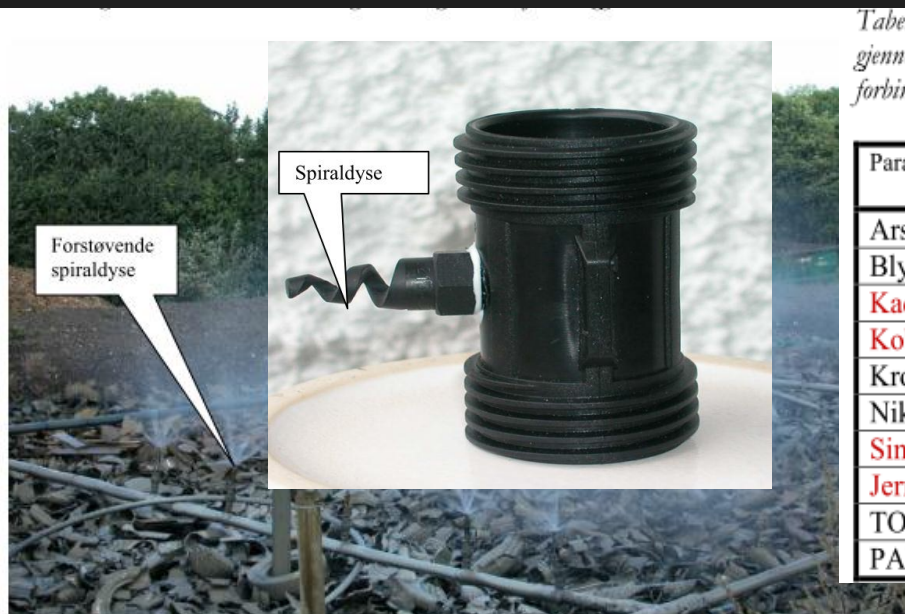


Fig. 7 . Dekk-klippbassenget i Lier i drift. For å sikre full oksygentilgang fordeles vannet gjennom forstøvende spiraldyser.

Tabell 1. Renseresultater fra dekk-klippbassenget i Lier etter 10 års drift. Innløps- og utløpsverdiene er gjennomsnittet for 3 prøver i 2009. Alle verdiene er oppgitt i µg/l. Resultatene som er interessante i forbindelse med Tverrfjellet gruver er skrevet ut i rødt.

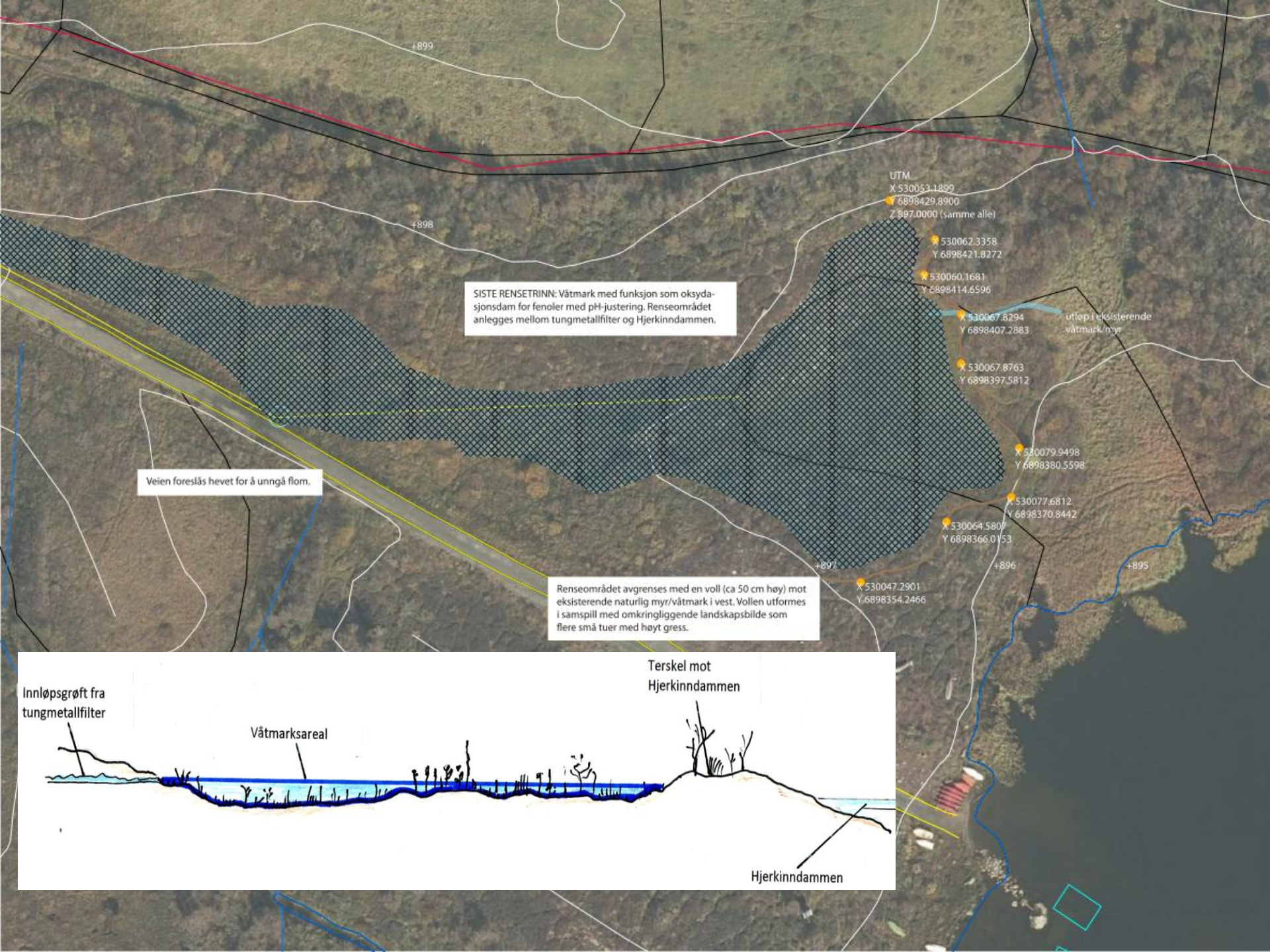
Parameter	Innvann	Utløpsvann	Renseeffekt i %
Arsen	2,1	2,0	4,7
Bly	2,6	0,4	84,6
Kadmium	0,03	0,01	66,7
Kobber	66,1	4,4	93,3
Krom	8,2	5,5	32,9
Nikkel	8,4	2,9	65,5
Sink	37,7	10,6	71,9
Jern	1,89	0,6	68,3
TOC	39,3	36,0	8,3
PAH	2,4	0,1	95,8

# Dekk-klipp – Tverrfjellet pilotanlegg

Dato	30.06.2010			07.07.2010			13.08.2010		
	Inn	Ut	Rense-effekt %	Inn	Ut	Rense-effekt %	Inn	Ut	Rense-effekt %
Bly	0,34	<0,01	≈ 100	5,8	<0,01	≈ 100	8,7	10	0
Kobber	2 500	390	84	3 400	0,32	≈ 100	4 100	3000	27
Sink	26000	22000	15	25000	18000	28	35000	32000	8
Jern	160	7,0	96	5700	11	99	5700	5700	0
Sulfat	791	1040	0	1020	779	24	755	713	5
Antimon	<0,2	<0,2	-						
4-t-oktyl-fenol	<1,0	2300	-	<1,0	2500	-	<1,0	15	-



- I luften brytes fenol ned av hydroxyradikaler, halveringstid 15 timer.
- I jord brytes den ned av mikroorganismer i aerobisk miljø, halveringstid ca en uke
- Giftig for vannorganismer. Ingen bioakumulering av fenol er påvist.
- I kanadiske retningslinjer for overflatevann og utredninger utført i regi av EU er akseptkriteriene for 4-t-oktylfenol og bisfenol A, som begge finnes i dekk-klipp, satt til hhv. 0,12 µg/l og 1,6 µg/l 7 .



# Olivins-egenskaper – pilot på Tverrfjellet

Tabell 7. Resultatet av analyser tatt av utløpsvannet fra sedimentasjonsdammen sammenlignet med innløpsvannet. Innløpsvannet er i dette tilfellet en blanding av utløpsvannet fra dekk-klippfilteret og urensset lekkasjevann. Alle verdiene er µg pr liter. Proven er tatt etter at ca 6 000 m<sup>3</sup> vann har passert filteret.

Parameter	Innvann	Utløpsvann	Renseeffekt i sedimentasjonsdammen i %
Arsen	0,056	0,056	0
Bly	<0,01	<0,01	-
Kadmium	45	20	55
Kobber	390	0,68	99
Krom	<0,05	<0,05	-
Kvikksølv	<0,002	<0,002	-
Nikkel	34	26	24
Sink	22000	17 000	48
Sulfat	1040	814	22
Antimon	<0,02	0,055	-
Jern	7,0	2,7	61
Kalsium	320	320	0
Fenolindeks	2,3	3,1	-
pH	7,1	7,2	-

Olivin er et orthosilikat med kjemisk formel  $(Mg,Fe)_2SiO_4$  med fullstendig blandbarhet mellom endeledene ( $Fe_2SiO_4$  og  $Mg_2SiO_4$ ). For å få full effekt av olivins evne til å binde tungmetaller må den knuses ned til fint mel (olivin 11). Knusing gir høy spesifikk overflate og eksponering av bindingsplasser i krystallgitteret.



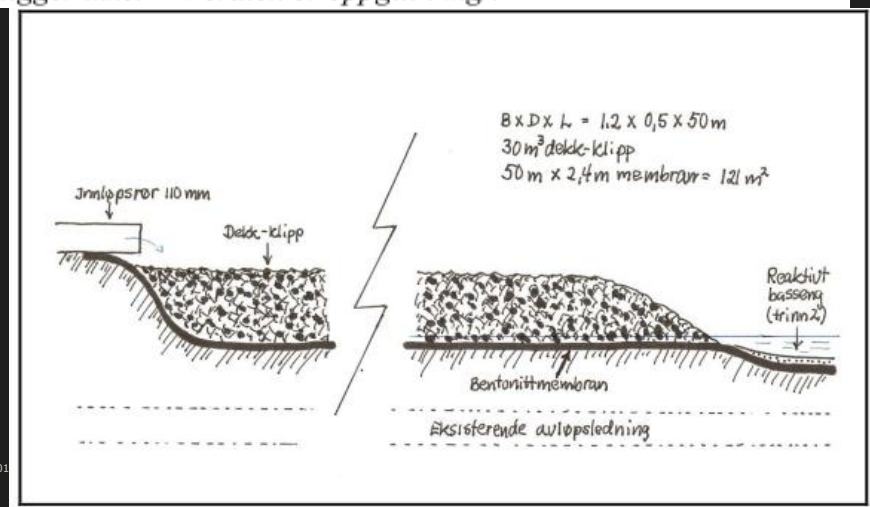


# Kombinert anlegg – pilot på Tverrfjellet

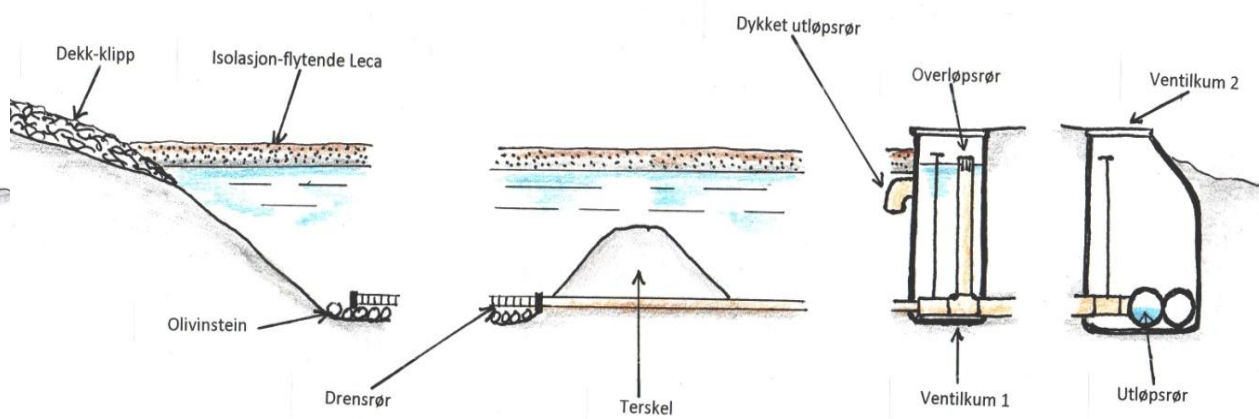
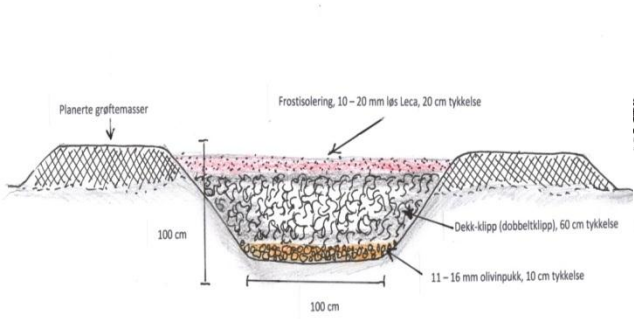
Tabell 8. Oppnådde renseseffekter i kombinasjonsfilteret etter én ukes drift.  
Konsentrasjonene er oppgitt i  $\mu\text{g/l}$  unntatt for svovel

Parameter	Innvann	Etter dekk-klipp	Rense-effekt i %	Etter Blueguard-filter	Rense-Effekt i %
Arsen	0,27	<0,2	100	<0,2	100
Bly	4,8	0,67	86	1,3	73
Kadmium	70	1,5	98	<0,01	100
Kobber	2200	53	98	2,8	≈100
Krom	<0,5	4,1	-	50	-
Nikkel	40	3,7	90	7,5	81
Sink	53000	500	99	<2	100
Sulfat	*	658**	-	*	-
Jern	3400	110	97	180	95
Fenolindeks	*	1,6	-	*	-

\* Analysetall foreligger ikke. \*\*Verdien er oppgitt i mg/l







FELT E+ totalt areal 200 kvm  
 FELT G totalt areal 900 kvm

FELT A / oksidasjonsgrøtt  
 Olivinpukk (11-16 mm)  
 Dekk-klipp og løs levca (10-20mm)

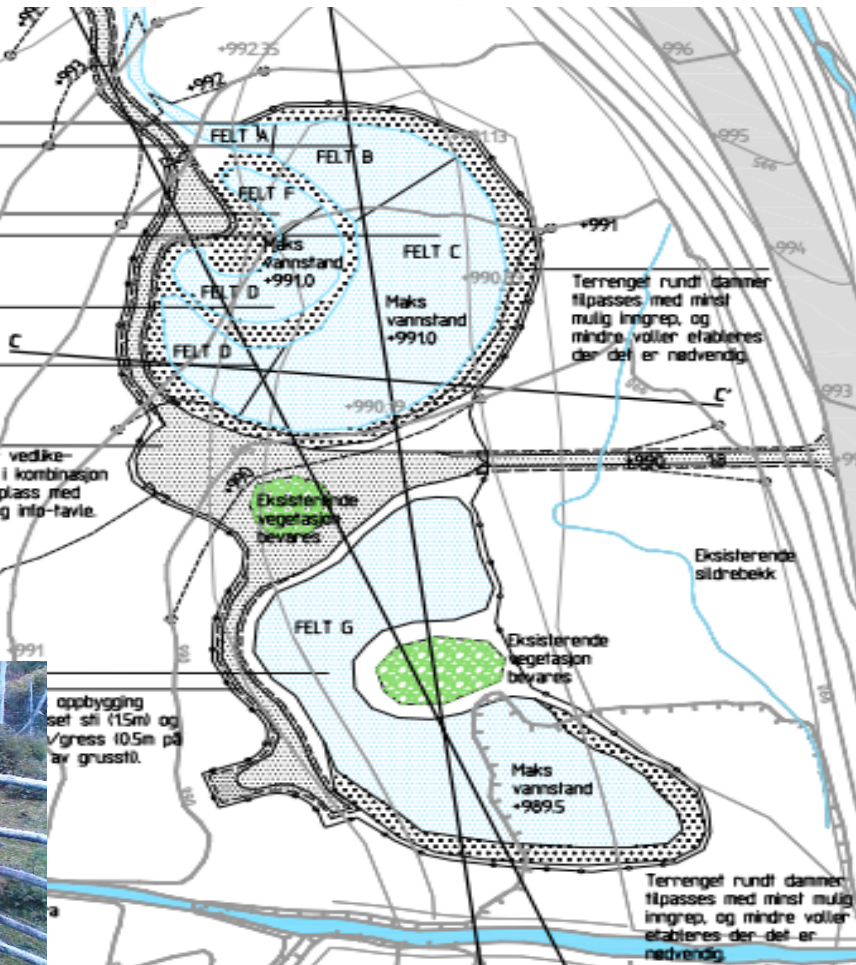
FELT B / pH justering  
 Vanndybde: 1m  
 Areal bunntilfate: ca 25kvm, 0,5 m olivinpukk i bunn

FELT F / reaktivt kammer  
 Vanndybde: 1m  
 Areal bunntilfate: ca 50kvm

FELT C / fellingskammer  
 Vanndybde: 15m  
 Areal bunntilfate: ca 750kvm, 0,5 m olivinpukk i bunn

FELT E / etterpoleringskammer  
 Vanndybde: 1m  
 Areal bunntilfate: ca 150 kvm

FELT D / avtappingsone  
 Vanndybde: 1m  
 Areal bunntilfate: ca 25kvm



oppbygging set sti (15m) og vgress (10,5m på av grusstil).

Terrnet rundt dammer tilpasses med minst mulig inngrep, og mindre voller etableres der det er nødvendig.

Terrnet rundt dammer tilpasses med minst mulig inngrep, og mindre voller etableres der det er nødvendig.

## Konklusjoner

- > Dekk-klipp, er et stabilt materiale som er godt egnet i rislefiltere. Med unntak av fenoler lekker ikke dekk-klipp miljøfarlige stoffer.
- > Metallene bindes hovedsakelig i belegget som dannes på overflaten av gummibitene.
- > Bruker enkelt-klipp med større porevolum på Tverrfjelet, godt fall. Polering med reaktive sedimentasjonsdammer for å binde tungmetaller.
- > Erfaringer fra Ragn Sells og Oppland Metall viser lang levetiden på dekk-klippfiltere. I Lieranlegget er beregnet levetid opp mot 100 år.
- > Olivingranulat som er mettet med tungmetaller er stabilt og kan deponeres som inert avfall. Mettet dekk-klipp må håndteres som farlig avfall.

## Unikt renseprosjekt på Hjerkin



**Et helt unikt renseprosjekt kan nå føre til at den alvorlige forurensingen fra Tverrfjellet gruver på Hjerkin forsvinner i løpet av bare ett års tid.**

ANETTE STRAND SLETMOEN    OLE MARTIN SPONBERG  
 anette.strand.sletmoen@nrk.no    ole.martin.sponberg@nrk.no  
 Publisert i dag 05:24.

Det er grunneieren Statskog som tar initiativ til prosjektet, som vil koste rundt 5 millioner kroner. Selve renseprosessen bygger på naturlige prosesser, og skal foregå inne i den nedlagte gruva.

**– Jeg syns det er helt fantastisk at man har klart å finne en så enkel løsning, for et så komplekst problem, sier Bengt Fasteraune, ordfører i Dovre kommune.**

Han har trolig grunn til å bruke litt store ord i dag. For fjerning av den alvorlige forurensingen etter gruvedriften på Hjerkin har vært en kjempeutfordring både for kommunene Dovre og Folldal i mange, mange år.

### Slått alarm

– Vannet vi tar ut fra gruva ser reint ut, men inneholder mye jern, kobber og sink, sier Tore Østeraas i Forsvarsbygg.

Gruvedriften på Tverrfjellet begynte i 1968, og varte til 1993.

Store mengder konsentrat av kobber, sink, svovel og jern ble frigjort, noe som ville bli et problem etter hvert som gruva ble fylt med vann. Sommeren 2008 var gruva allerede fylt opp, 30 år før beregnet. Gruvevann strømmet ut av jernbanestollen til Kvernbecken og Hjerkinndammen, og videre ned i Folla. Det ble straks slått alarm av frykt for at tungmetaller og særlig kobber ville skade fisken i området.

### Pålegg fra Klif

Sommeren 2011 ga Klima- og forurensingsdirektoratet (Klif) pålegg til Statskog som grunneier om å utrede forurensningsbegrensende tiltak. Selskapet COWI fikk utredningsoppdraget. Allerede nå er planer og metoder klare, sier leder for vannmiljø i COWI, Stein Broch Olsen.

– Vi har hele tiden hatt som utgangspunkt å gjøre det på naturens premisser og lage et robust anlegg, som kan driftes for en liten sum penger. Planen er også at det skal stå der, selv etter at vi har gått bort, sier Olsen.

– Hvor stor tro har dere på at dette lykkes?

**– Det har vi stor tro på. Alle de elementene og prosessene vi har tatt med i dette renseanlegget, er ting vi har testet ut over flere år. Vi kan dokumentere at dette anlegget skal fungere, sier Olsen.**

### Enkel metode

Det skal være en svært enkel metode, som skal fjerne tungmetallene fra vannet i gruva. Og det blir selve gruva som blir renseanlegget, ved at tungmetallene tas ut gjennom vann og et naturlig filter, som blant annet består av olivin. Verken kjemikalier eller elektrisitet trengs til dette, noe som gjør dette både svært miljøvennlig, enkelt og billig.

**– Alt er drevet av naturen selv, nemlig vannet, sier regionsjef i Statskog Sør-Norge, Jan Helge Nordby.**

Han sier at prosjektet er viktig og banebrytende.

– Det er kjent teknologi, brukt på en annen måte. Vi tror at dette kan være av interesse for andre og lignende forurensningsproblemer, sier Nordby

### Fornøyde

Og Klima- og forurensingsdirektoratet Klif er svært fornøyde med denne løsningen.

– Det ingen pumper som skal skiftes, og ikke noen kjemikalier som skal tilsettes, det er et system som går nesten av seg selv. Det trenger ikke strøm og er svært robust, sier Grethe Braastad, saksbehandler hos Klif.

Ordfører i Dovre, Bengt Fasteraune mener rensing av både gruver og gamle skytefelt på Hjerkin nå endelig kan gi hele området nasjonalparkstatusen det fortjener.

– Det betyr enormt mye, helhetsmessig er dette veldig viktig for Dovre kommune, sier en glad ordfører.