Lessons learned - 4 års oprensning i Kærgård Plantage

Biologisk oprensning efter kemisk oxidation samt design af passiv og aktiv oprensning med reduktiv deklorering - væsentlige designkriterier og udfordringer

Torben Højbjerg Jørgensen - tjr@cowi.com, Lars Nissen, Bastian Germundsson, COWI
Lars Bennedsen, Mette Christophersen (Rambøll)
Leah MacKinnon, Neal Durant, Felipe Solano (Geosyntec)
Jørgen Christensen, Ida Olesen (Region Syddanmark)

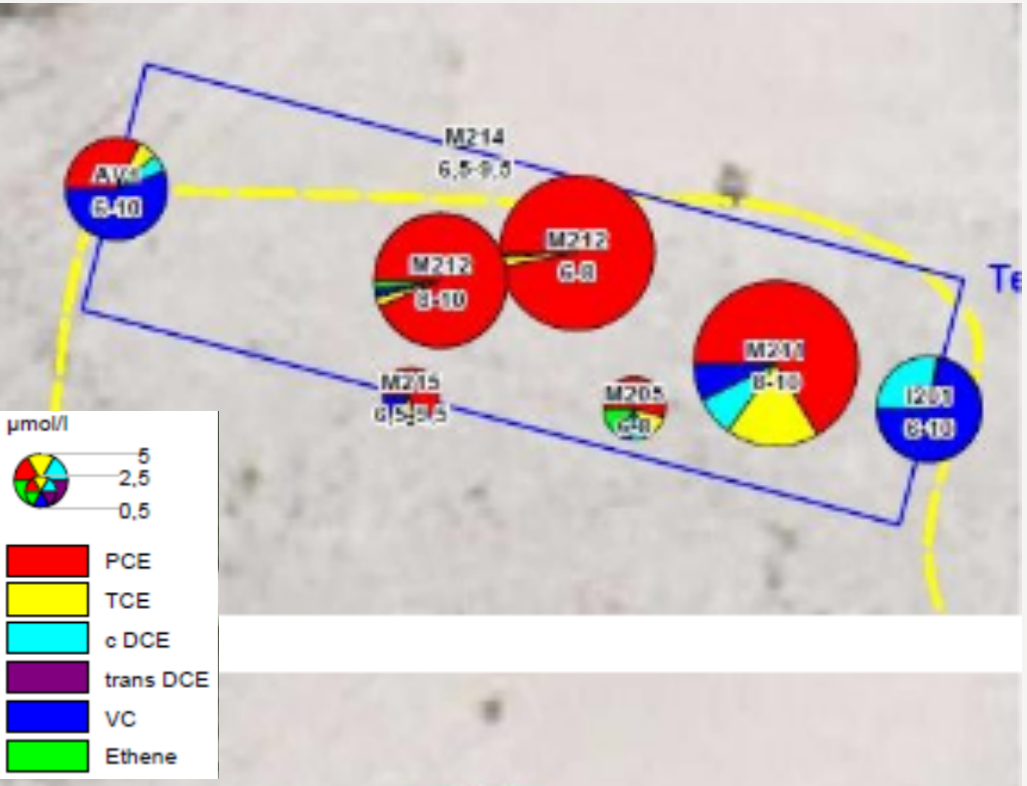
Særlige udfordringer med den biologiske afværge i Kærgård Plantage

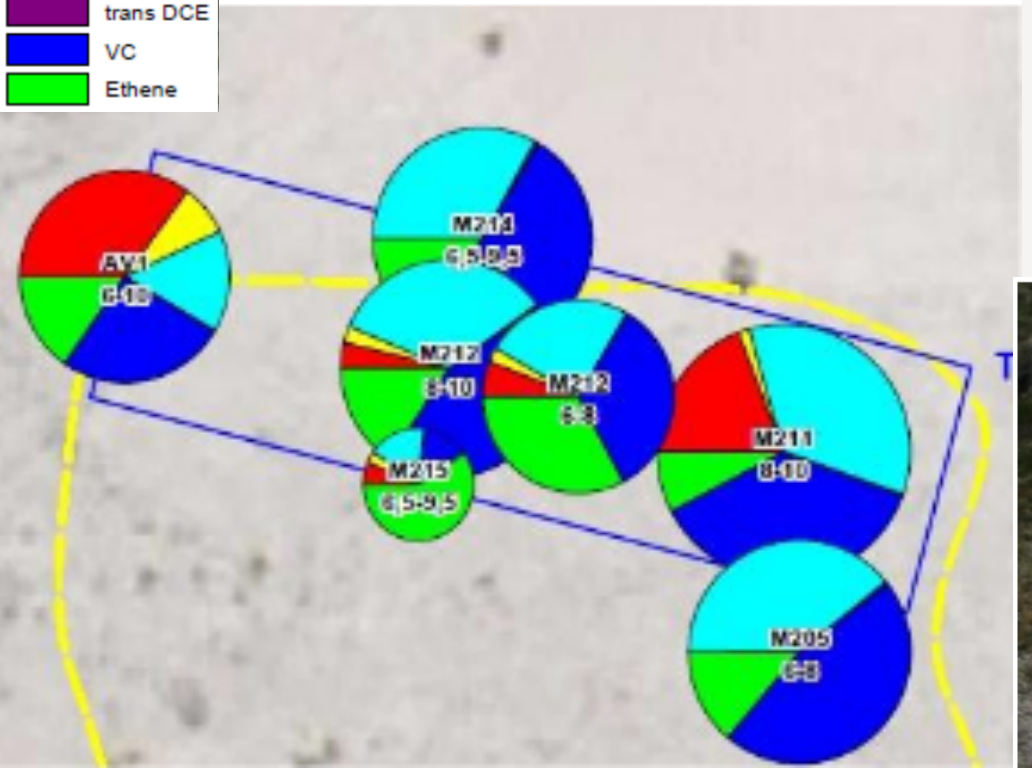
- Påvirkning fra den kemiske oxidation (lav pH, højt redox, højt sulfatindhold)
- Fri fase forurening med PCE
- Opretholdelse af neutrale pH forhold pga. lav bufferkapacitet

Der er forud for oprensningen i grube 3 udført **laboratorie- og pilotforsøg** som designgrundlag for den biologiske afværge.

COWI

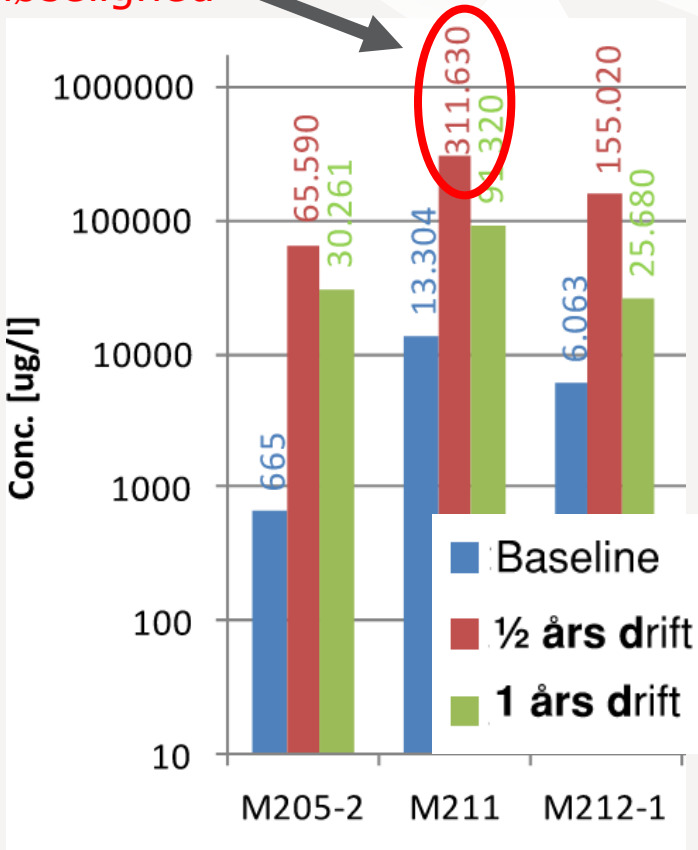
Pilottest i 2011 – recirkulation – grube 2





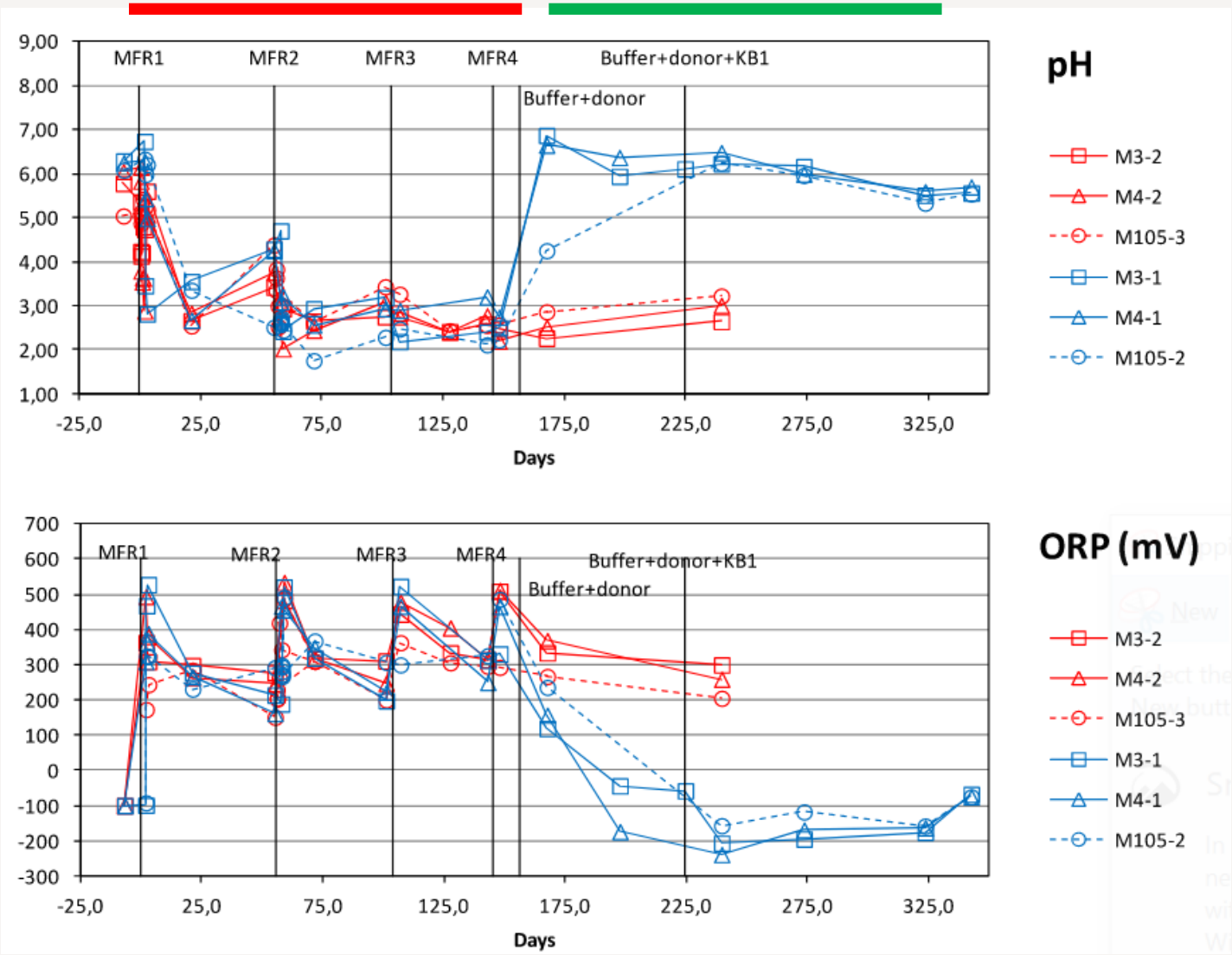
Muligt at nedbryde fri fase PCE forurening

PCE = 220 mg/l = over opløselighed

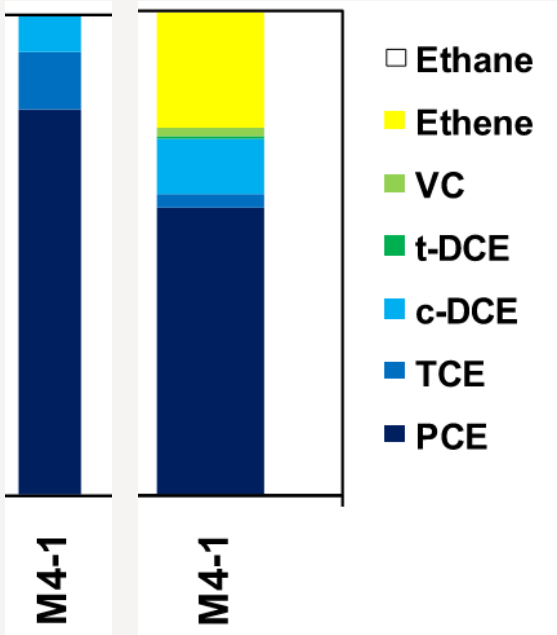


Pilottest i grube 1 – ISCO efterfulgt af Biologisk oprensning

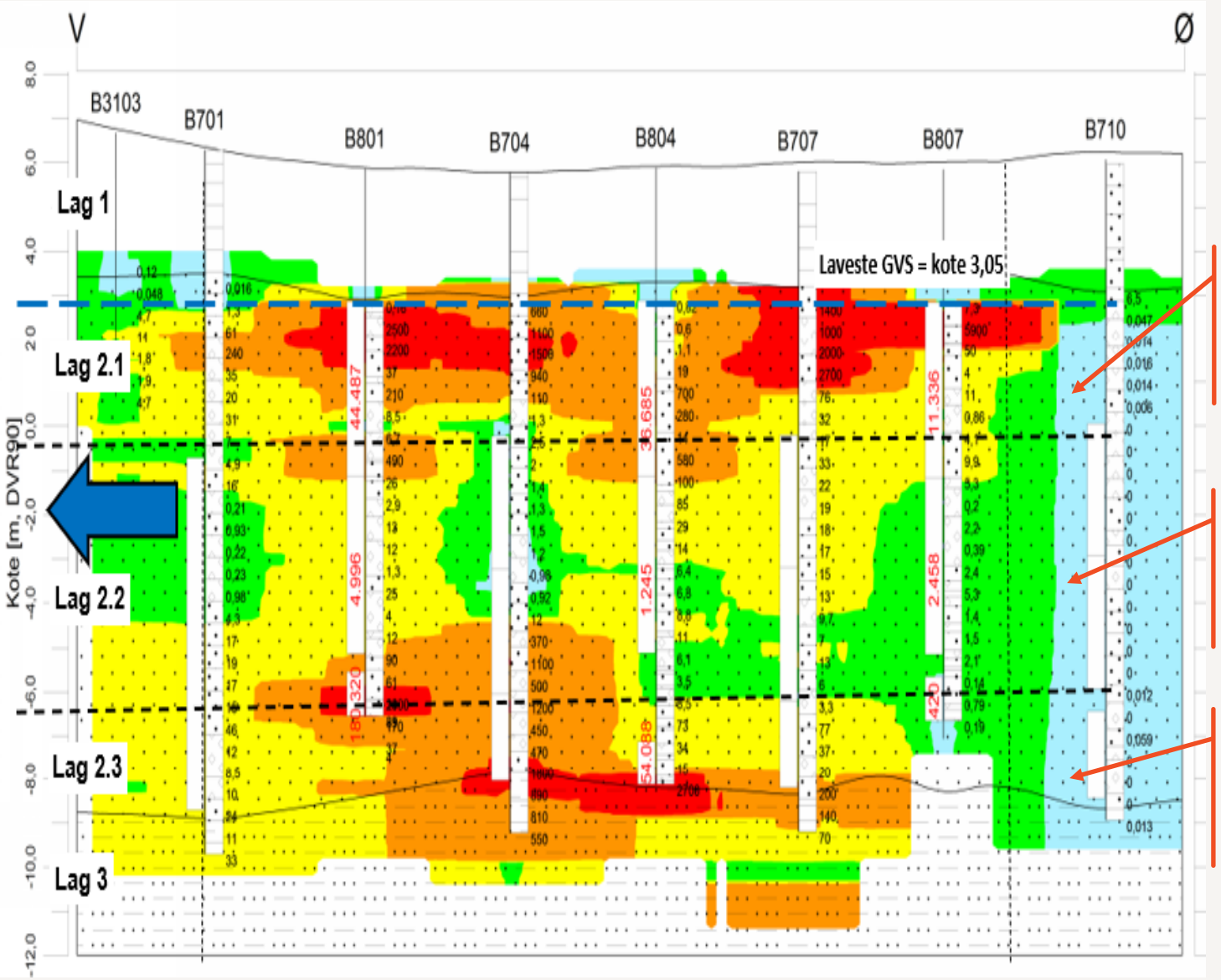
ISCO **Biologisk**



Muligt at ændre pH og redox og nedbryde PCE til ethen



Afværgeprincip for den biologiske afværge i grube 3



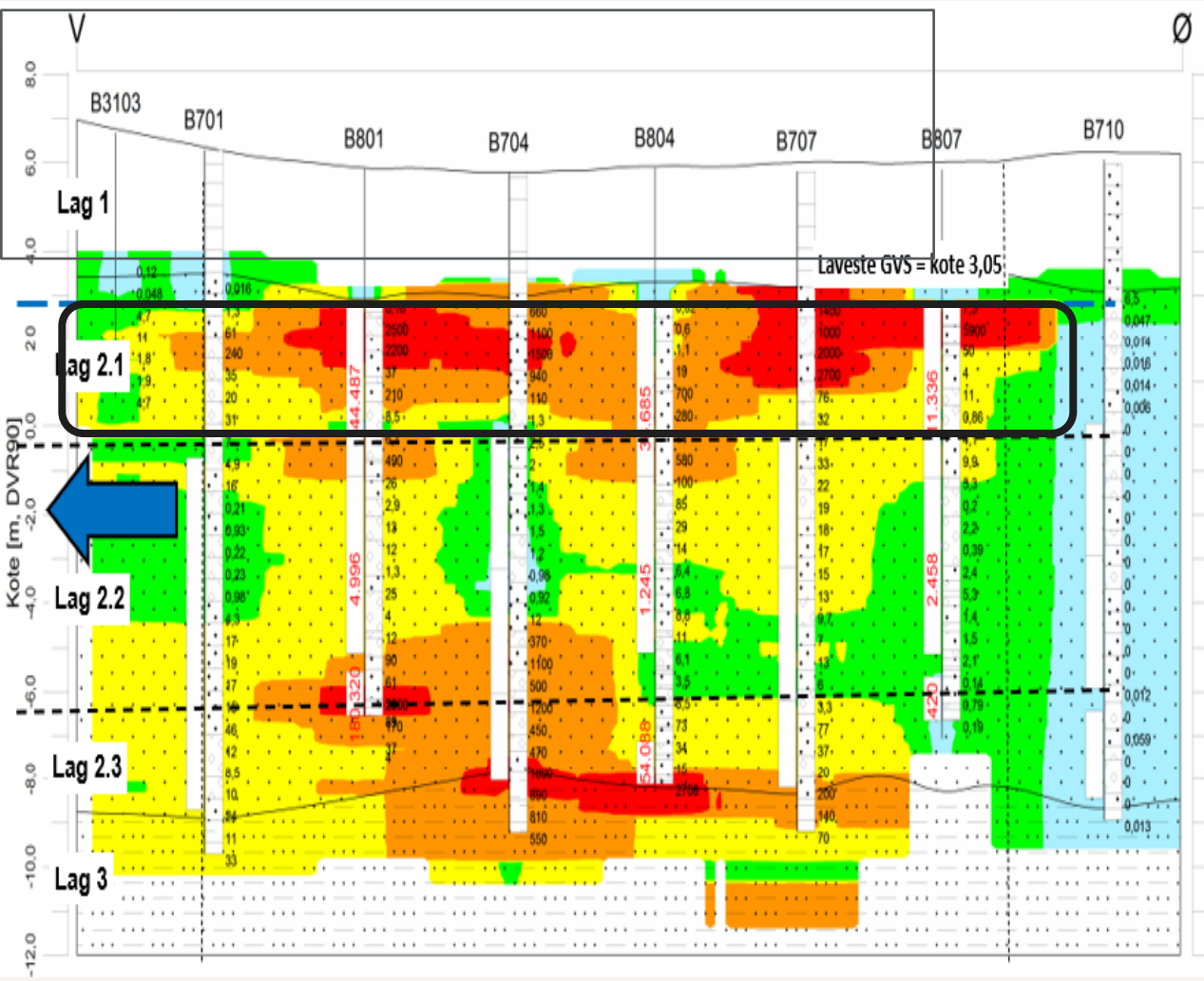
Lag 2.1: Passiv
Langtidsholdbar donor og buffer
Opstart september 2021

Lag 2.2: Aktiv – recirkulation
Opløst donor og buffer
Opstart september 2021

Lag 2.3: Passiv (aktiv injektion)
Langtidsholdbar donor og buffer
Opstart december 2018

COWI

Biologisk afværge i lag 2.1 - Princip



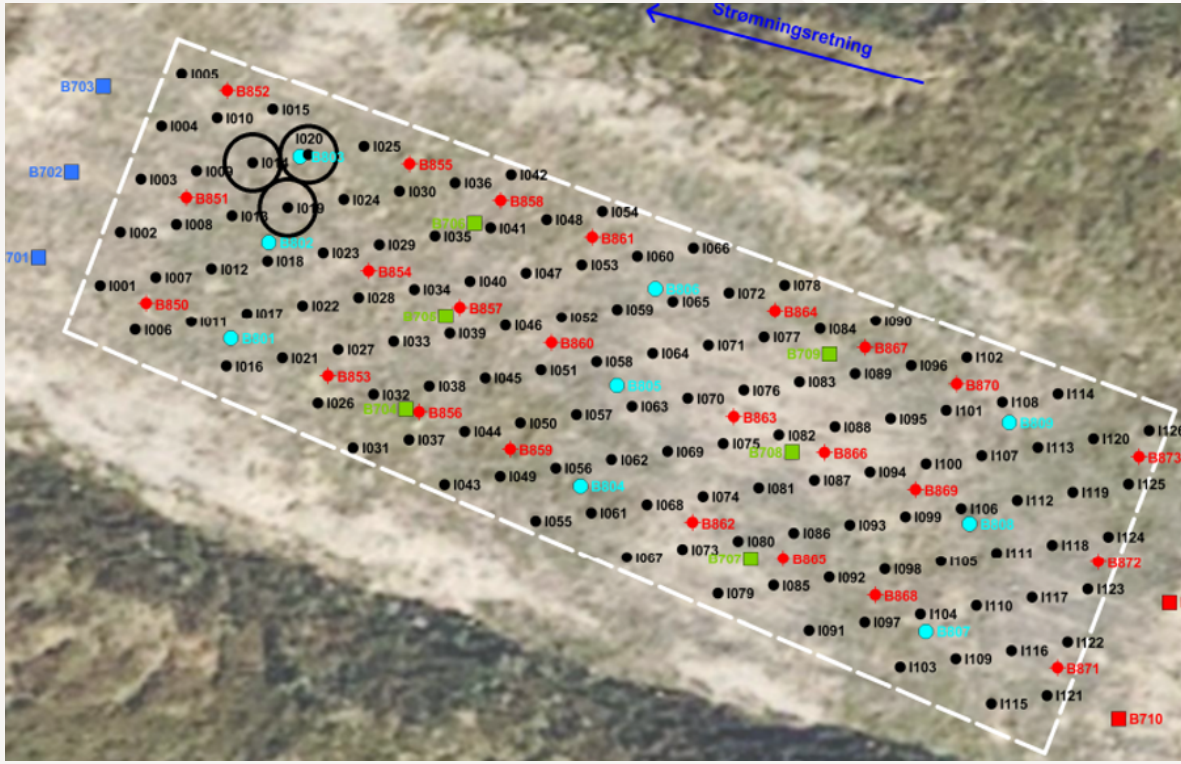
Væsentlige udfordringer:

- Tidligere ISCO indsatsområde med restprodukter fra ISCO (sulfat, lav pH, kraftig iltet)
- Stedvis fri fase forurening især i top af indsatsområde

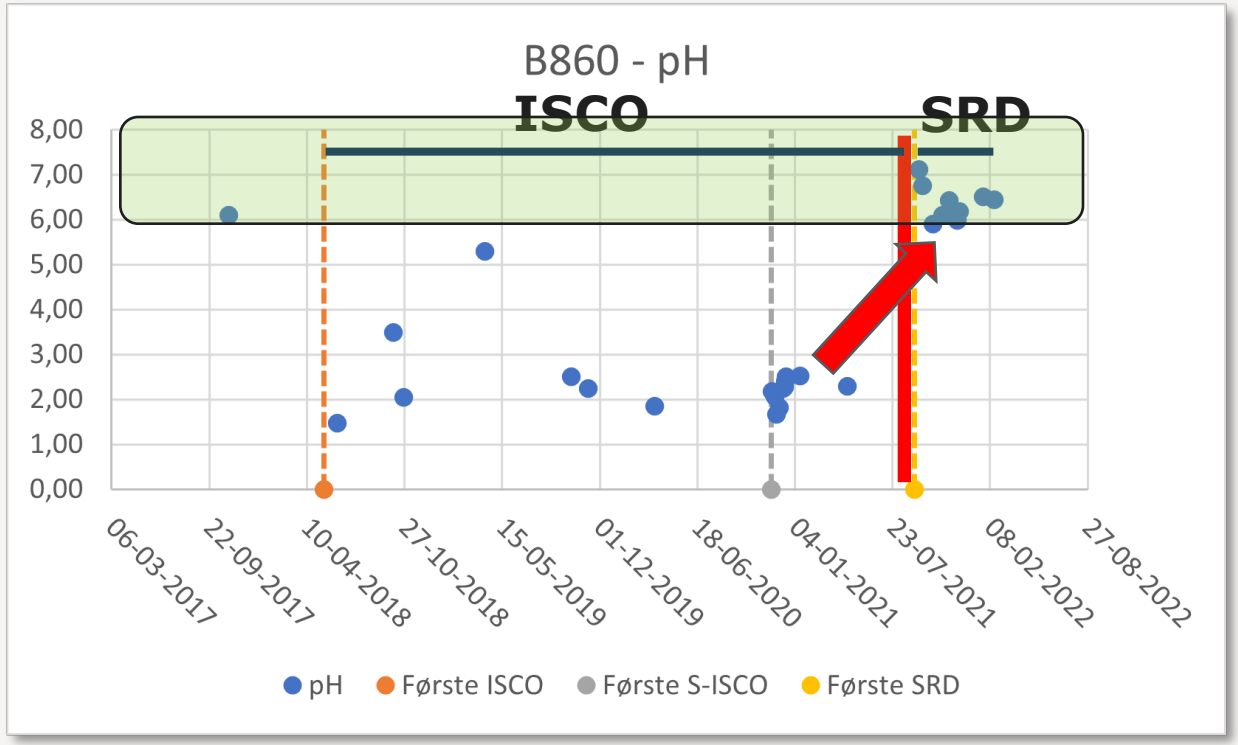
Donor	**Opløst donor:** Laktat Langtidsholdbar (Emulgeret sojaolie)
Buffer	**Opløst buffer**: Karbonat og bikarbonat **Langtidsholdbar**: Neutral Zone (calciumkarbonat – kolloidform)
Bakterie-kultur	KB1-plus (aktiv ned til pH 5)

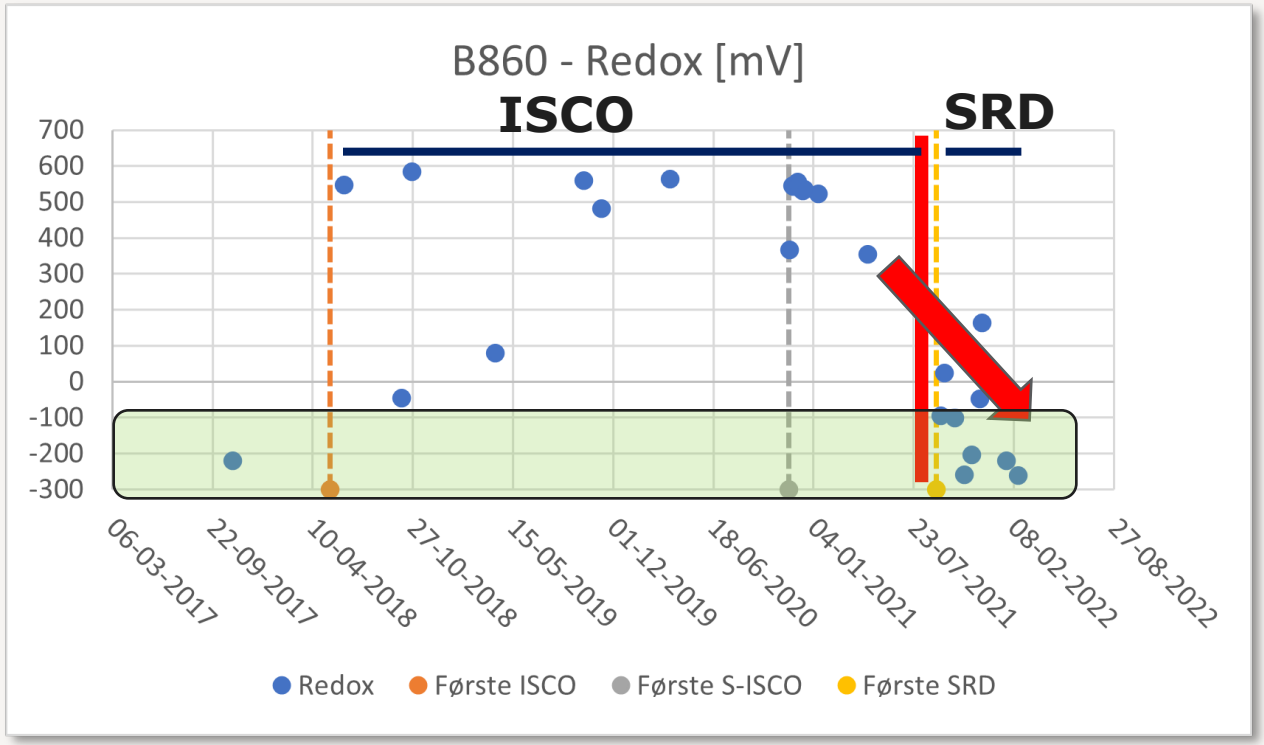
Biologisk afværge i lag 2.1 - Injektion

Injektions-udstyr	Der anvendes udstyr og boringer som for den kemiske oxidation
1. injektions-runde	Vende redoxforhold til reducerende (< -100 mv) Vende pH til neutralt (pH 6-8) Donor= laktat Buffer = Karbonat + bikarbonat
2. Injektions-runde (efter 3 måneder)	Tilsætte langtidsholdbar donor (EVO) Tilsætte langtidsholdbar buffer (Neutral zone) Tilsætte bakteriekultur
Supplerende injektions-runder	Tilsætte donor og buffer efter behov – forventet efter 1-2 år



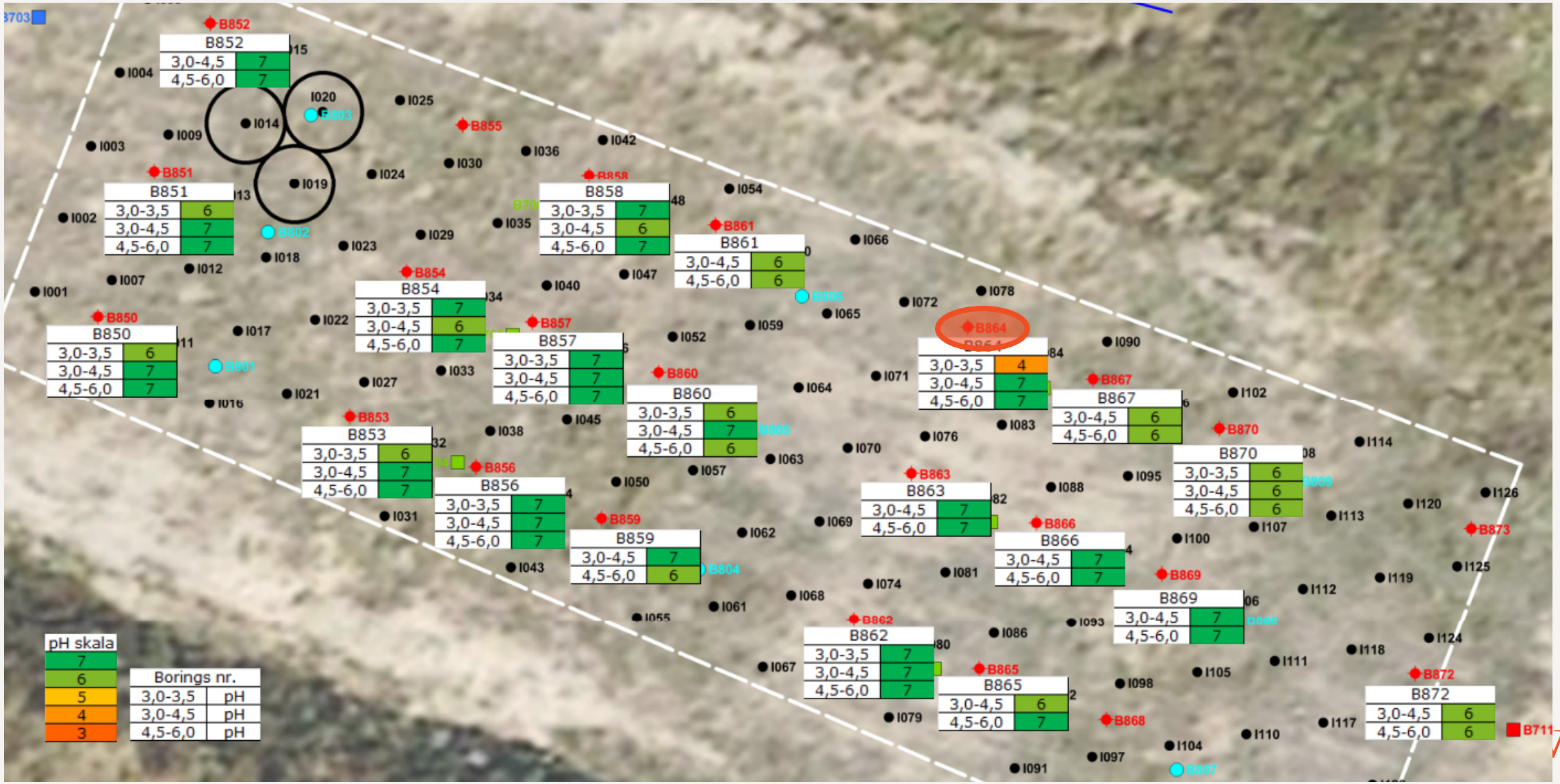
Biologisk afværge i lag 2.2 – Resultater pH og redox



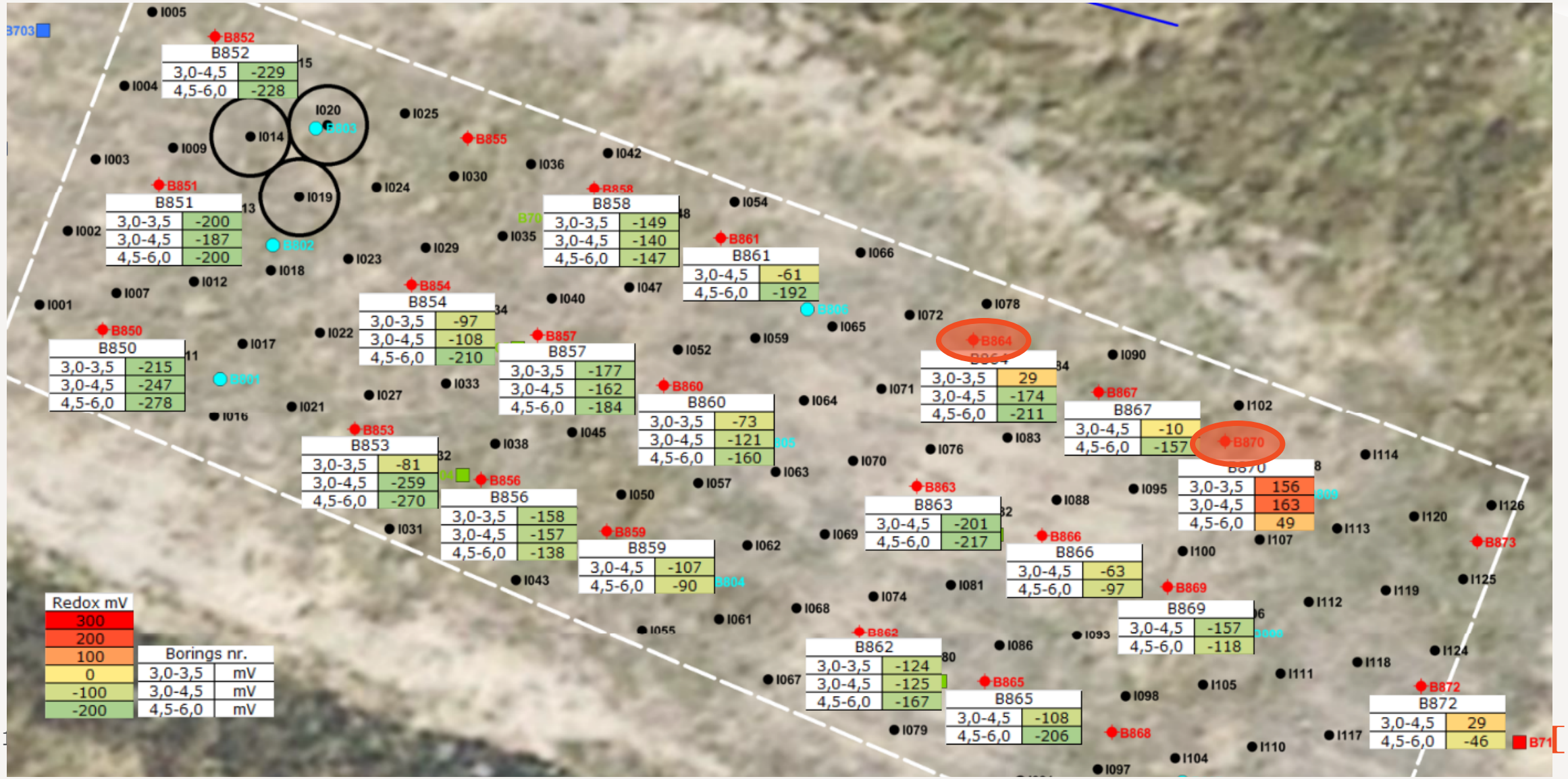


COWI

Biologisk afværge i lag 2.1 - Resultater for pH (lige efter EVO injektion)



Biologisk afværge i lag 2.1- Resultater (Redox - (lige efter EVO injektion)



Biologisk afværge i lag 2.1 – Lessons learned

Fordeling af donor og buffer:

- Gode erfaringer med at anvende ISCO injektionsudstyr
- Der er opnået god fordeling af både donor og buffer

pH regulering:

- Nemt at ændre pH til neutral og fastholde pH ved neutral ved brug af langtidsholdbar buffer

Redox regulering:

- Nemt at ændre og fastholde redoxforhold til reducerende forhold (donor = laktat + EVO)

Opretholde donor i indsatsområde:

- Ud fra tidligere erfaringer fra lag 2.3 forventes donor at holde 1-2 år

Nedbrydning af forurening:

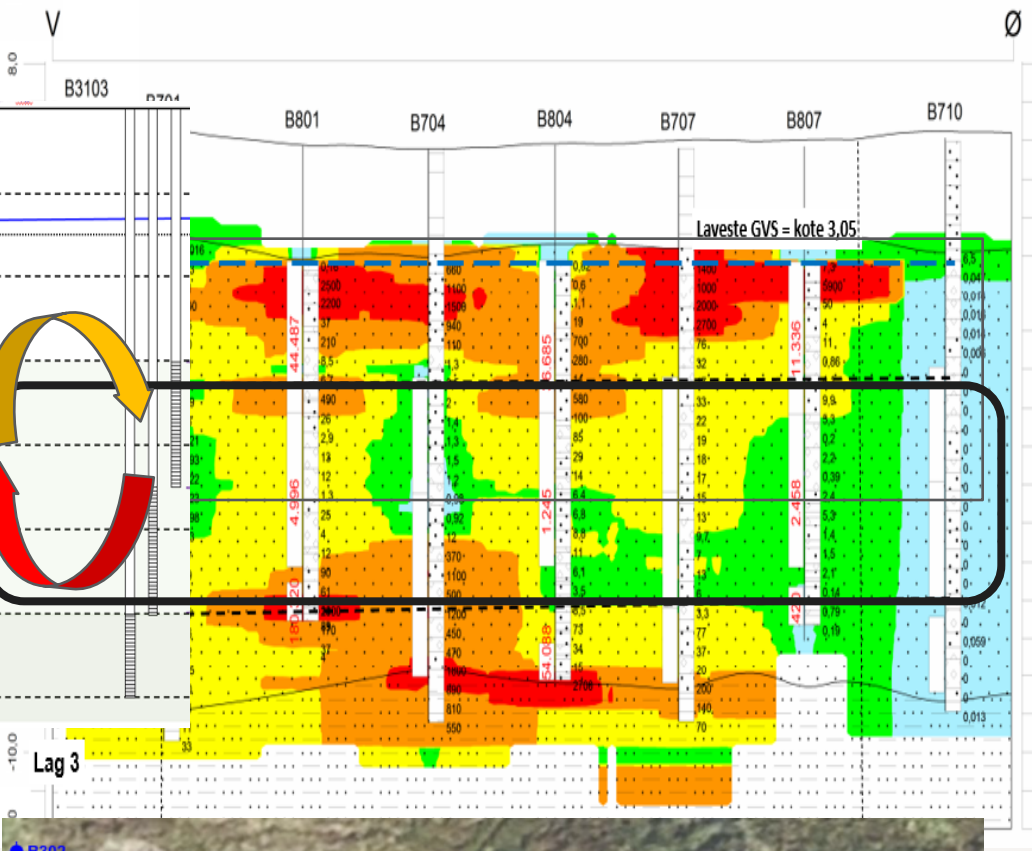
- Nedbrydning af PCE til TCE og DCE – men endnu ikke ethen og ethan

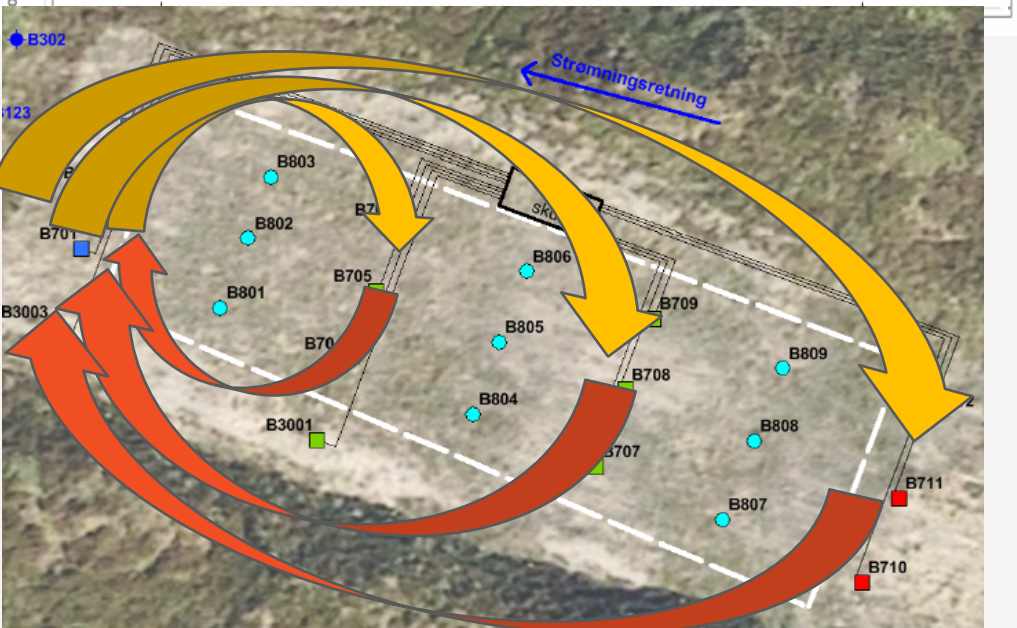
Ændring af design/drift for grube 1, 2 og 4

- Ingen væsentlige

COWI

Biologisk afværge i lag 2.2 – Recirkulation



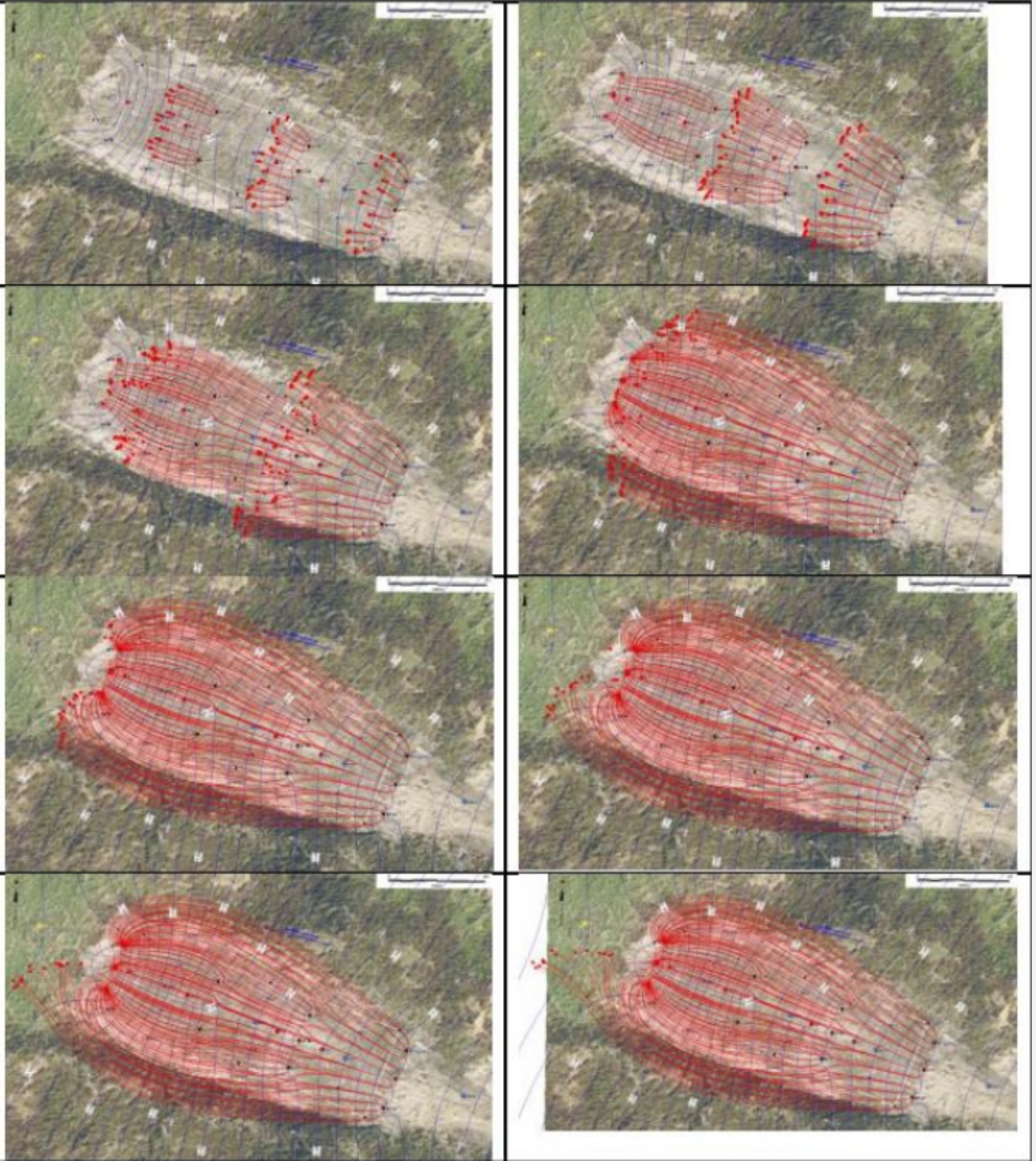


Væsentlige udfordringer:

- Restprodukter fra ISCO (sulfat, syre, iltet)
- Design af borings-setup til fordeling af donor og buffer
- Driftsproblemer med recirkulation (fx. tilklokning)

Donor	**Opløst donor:** Laktat
Buffer	**Opløst buffer**: Karbonat og bikarbonat
Bakteriekultur	KB1-plus (aktiv ned til pH 5)

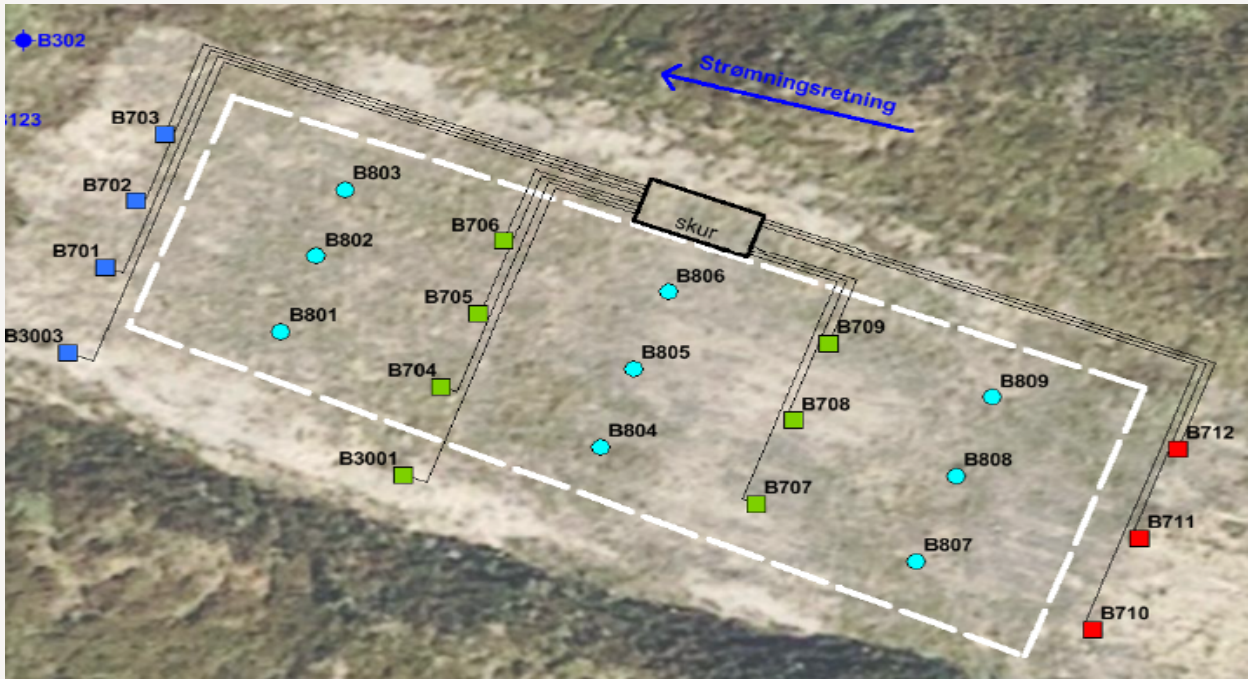
COWI



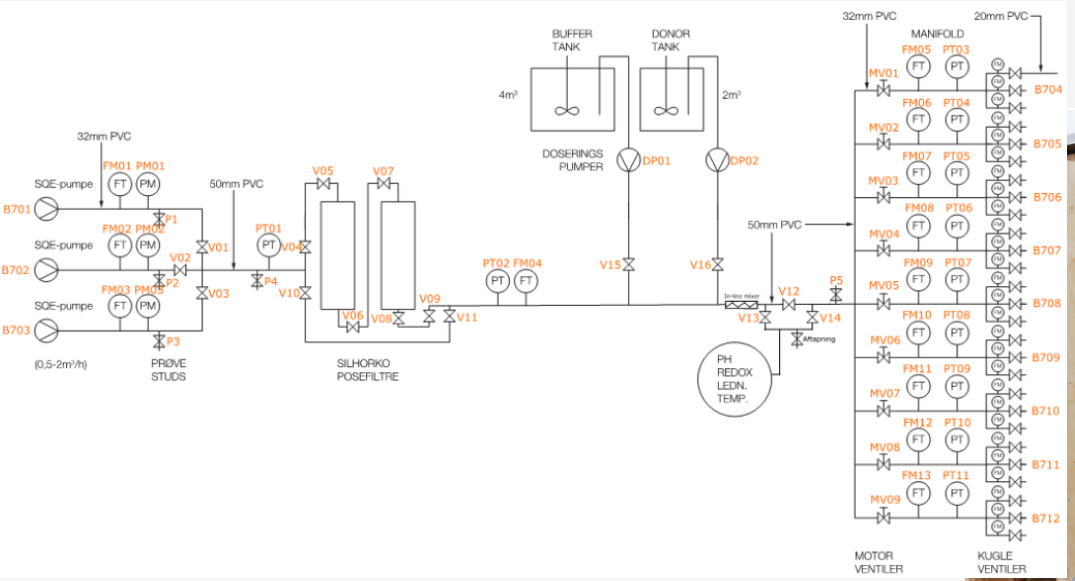
Biologisk afværge i lag 2.2 – Design

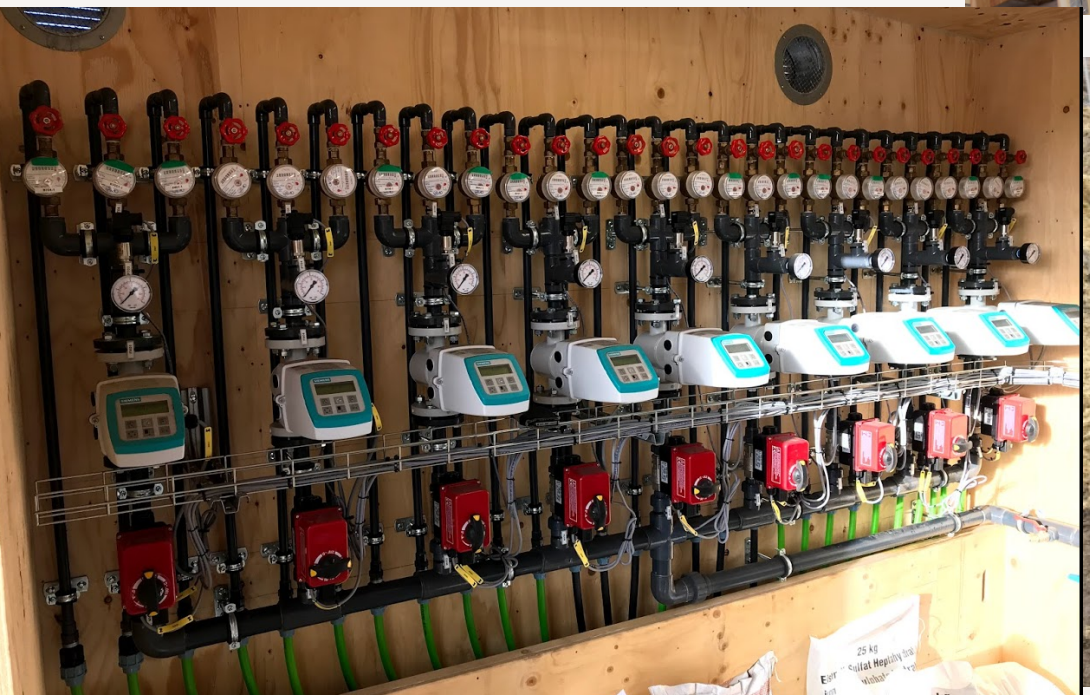
Designovervejelser:

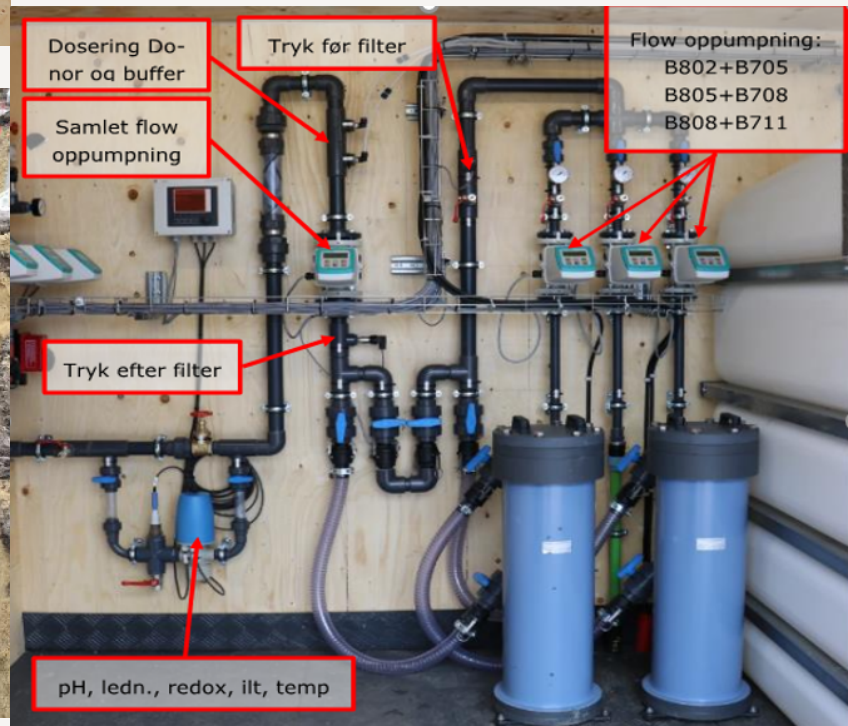
- Grundvandsmodel anvendt til design af pumpeydelser og boringskonfiguration
- Flexibel design så anlæg kan drives aktivt, semiaktivt og passivt



Biologisk afværge i lag 2.2 - Etablering



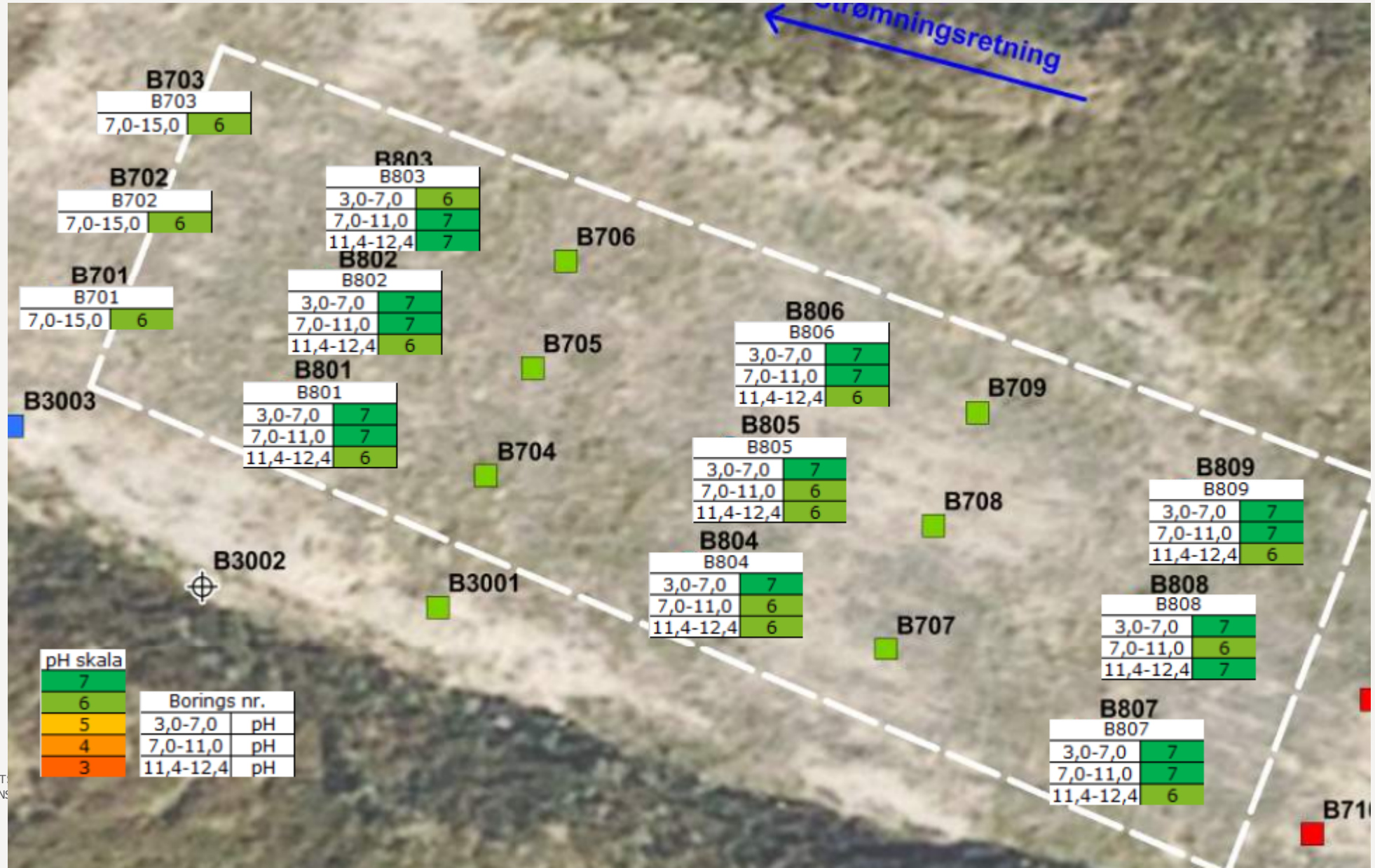




Biologisk afværge i lag 2.2 - drift

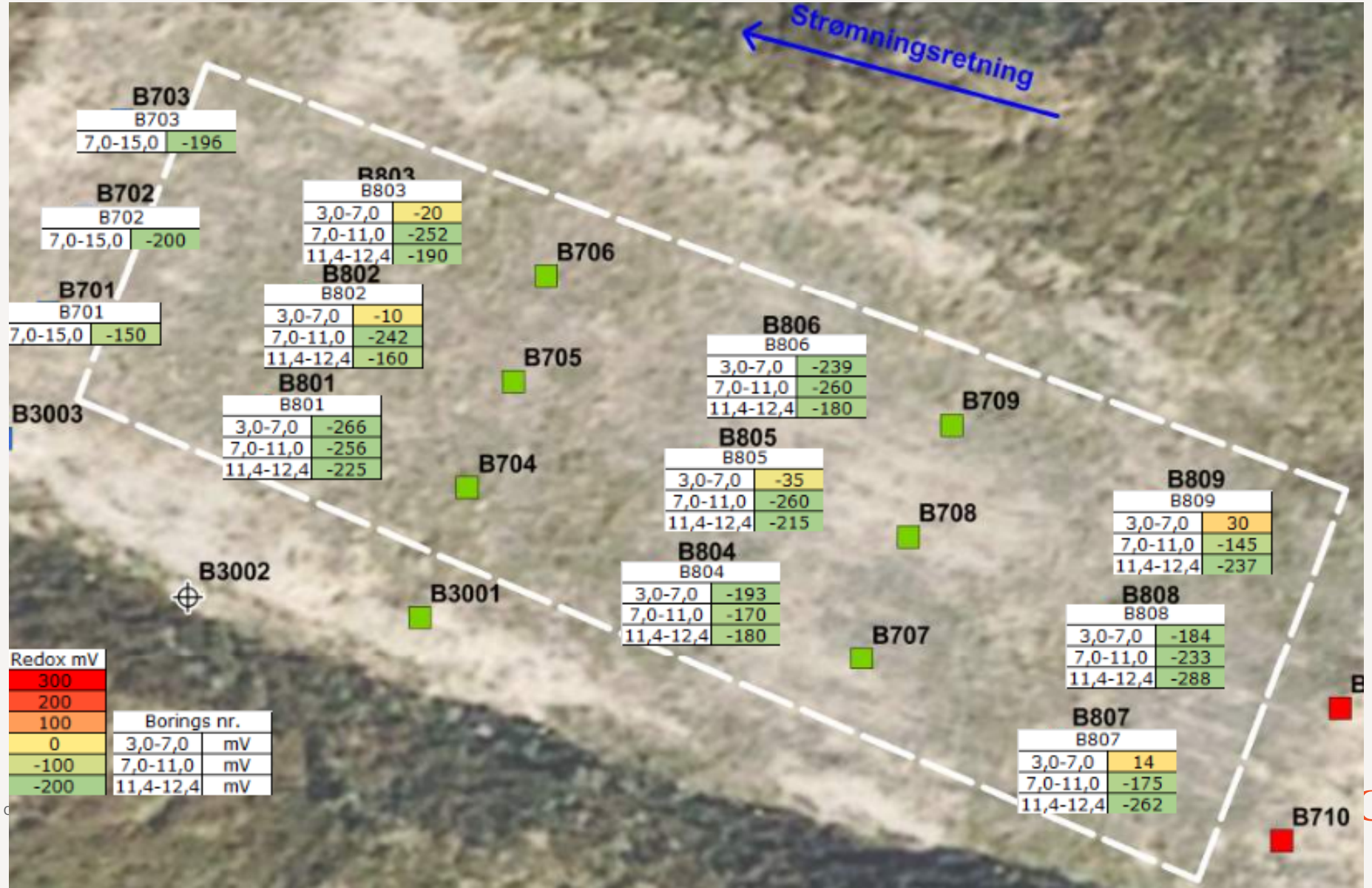
Injektionsudstyr	Der anvendes recirkulationsanlæg med 3 pumpeboringer og 18 injektionsfiltre
Fase 1 - aktiv	Opløst donor (laktat) – løbende tilsætning Opløst buffer (karbonat + bikarbonat) – løbende tilsætning Bakteriekultur (KB1-plus) tilsat efter 3 måneders drift (pH = 6-8; redox = < -100 mv)
Fase 2 – Semi aktiv	Efter ca. 4 måneder drift (nuværende) Der tilsættes periodevis opløst donor og buffer. Primært behov for opretholdelse af pH > 6 samt donortilsætning
Fase 3 - Passiv	Tilsætning af langtidsholdbar donor og buffer

Biologisk afværge i lag 2.2 - Resultater for pH (lige efter EVO injektion)



COWI

Biologisk afværge i lag 2.2- Resultater (Redox - (lige efter start af injektion



Biologisk afværge i lag 2.2 – Lessons learned

Drift af recirkulationssystem:

- En del startudfordringer (hyppige filterskift, trykopbygning, tilklokning af boringer/ledninger)
- Der er opnået god fordeling af både donor og buffer

pH og redox regulering:

- Nemt at ændre og fastholde pH og redox. Løbende tilsætning af buffer og donor

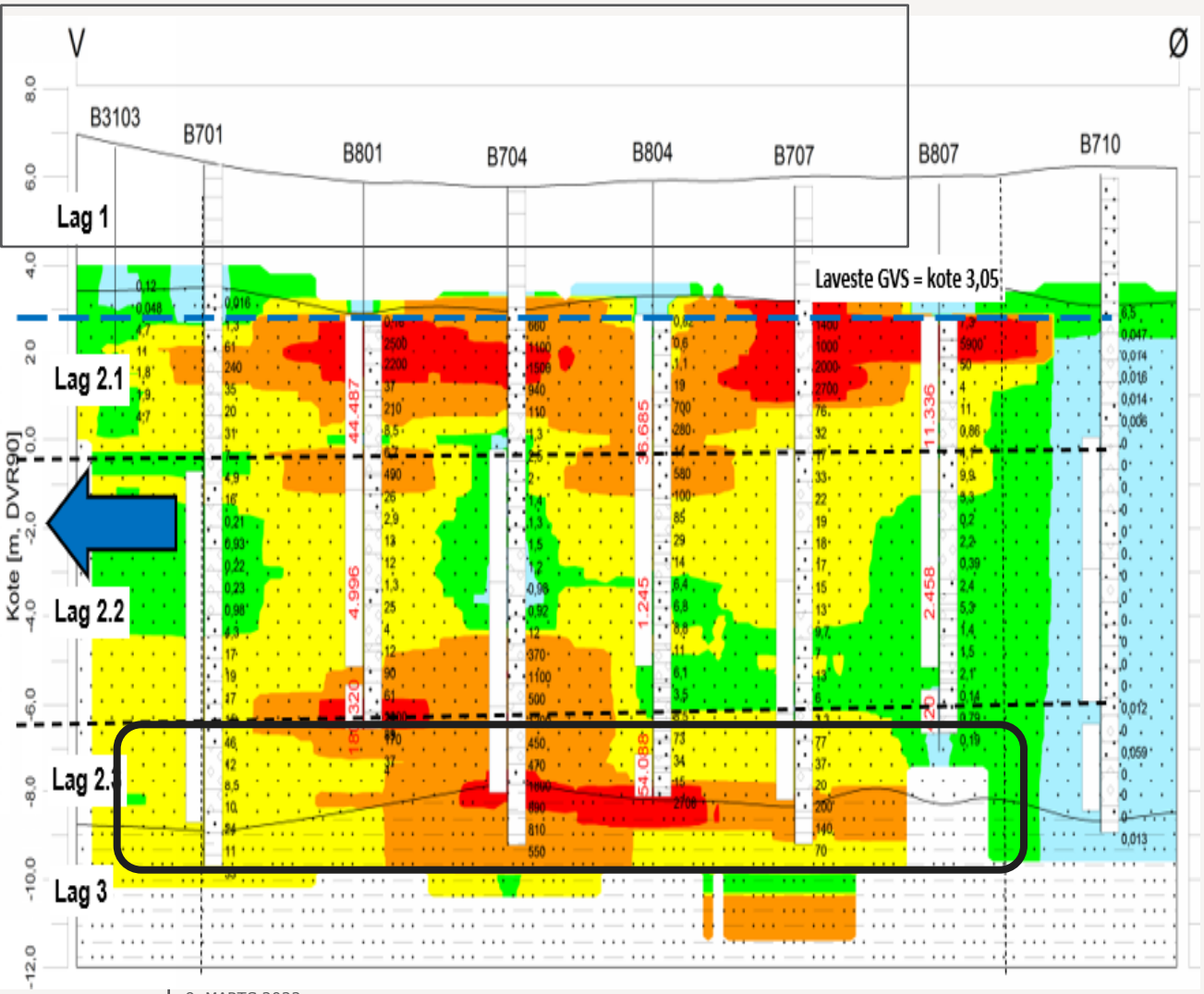
Nedbrydning af forurening:

- Nedbrydning af PCE til TCE og DCE – men endnu ikke ethen og ethan

Ændring af drift for grube 1, 2 og 4

- Forsøge med 6-12 timers drift for at reducere driftsudgifter
- Halvering af buffer koncentrationen + fordobling af flow for at undgå udfældning af karbonat og gasdannelse

Biologisk afværge i lag 2.3 – Aktiv injektion men passiv drift



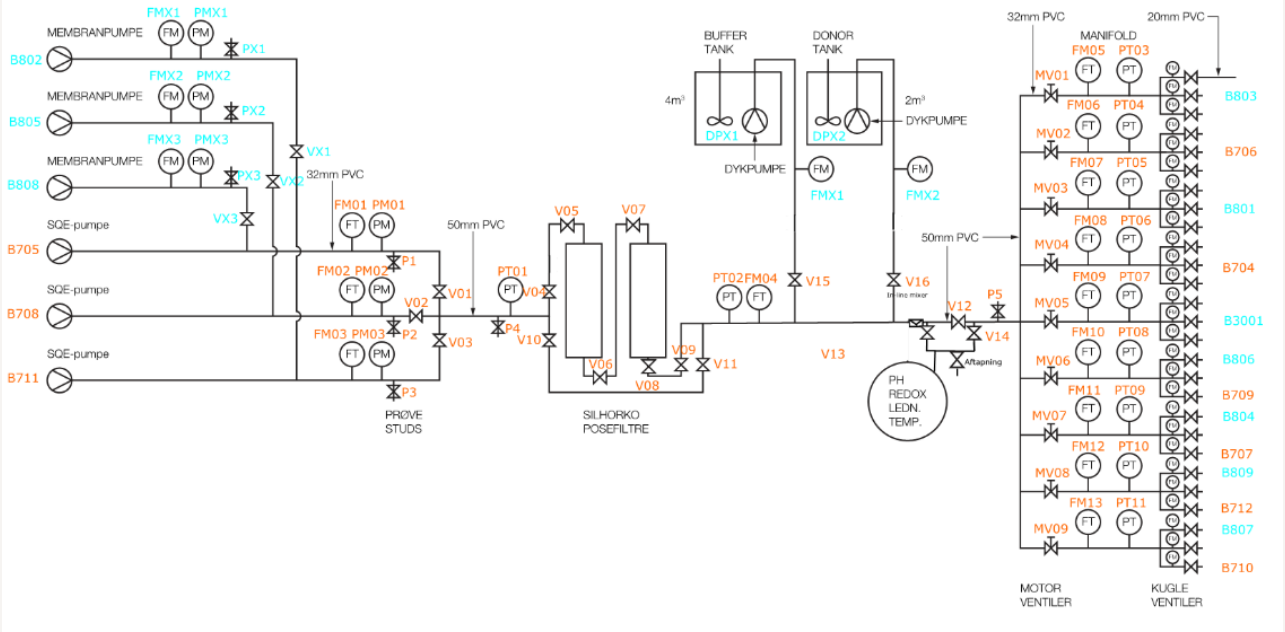
Væsentlige udfordringer:

- Stedvis kraftig forurening med fri fase
- Løbende nedsynkning af forurening samt ISCO restprodukter fra lag 2.1 og 2.2

Donor	**Korttidsholdbar:** Laktat **Langtidsholdbar**: EVO-sojaolie
Buffer	**Korttidsholdbar**: Bikarbonat **Langtidsholdbar**: Neutral Zone
Bakterie-kultur	KB1-plus

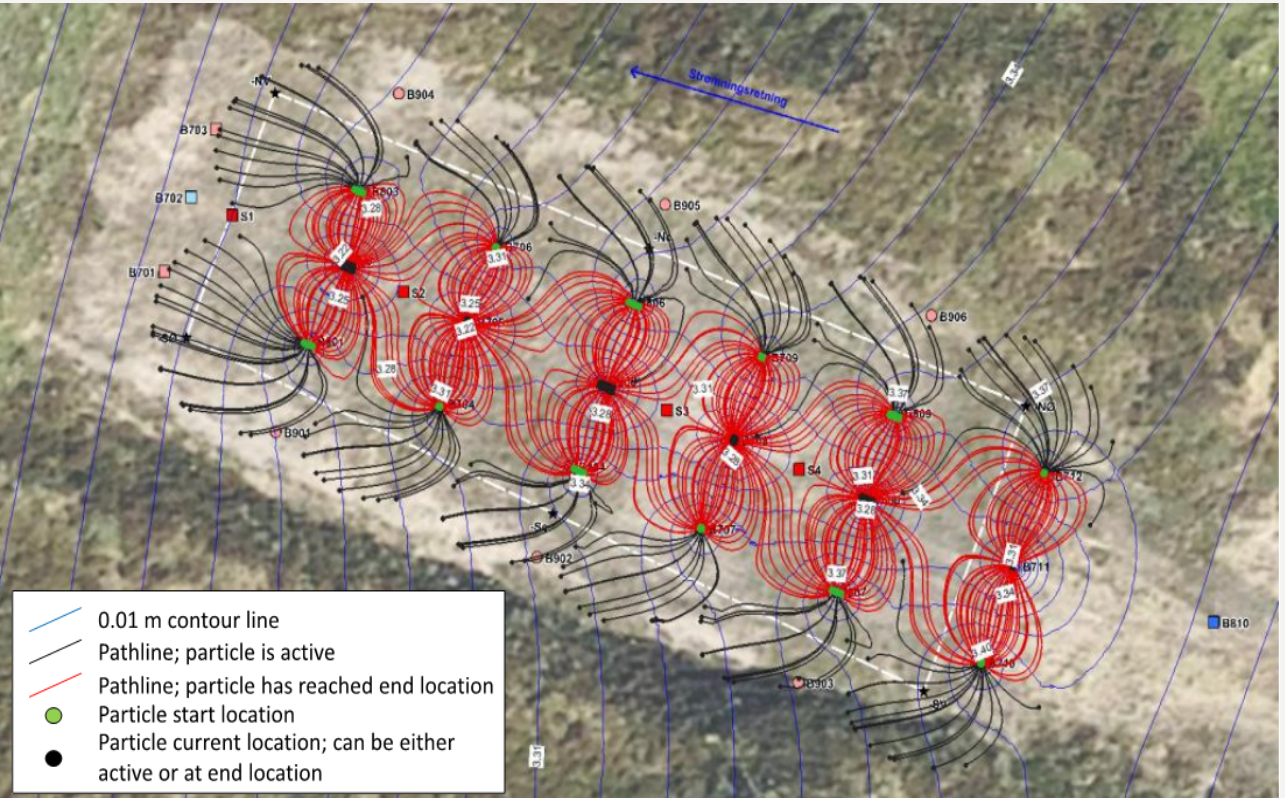
COWI

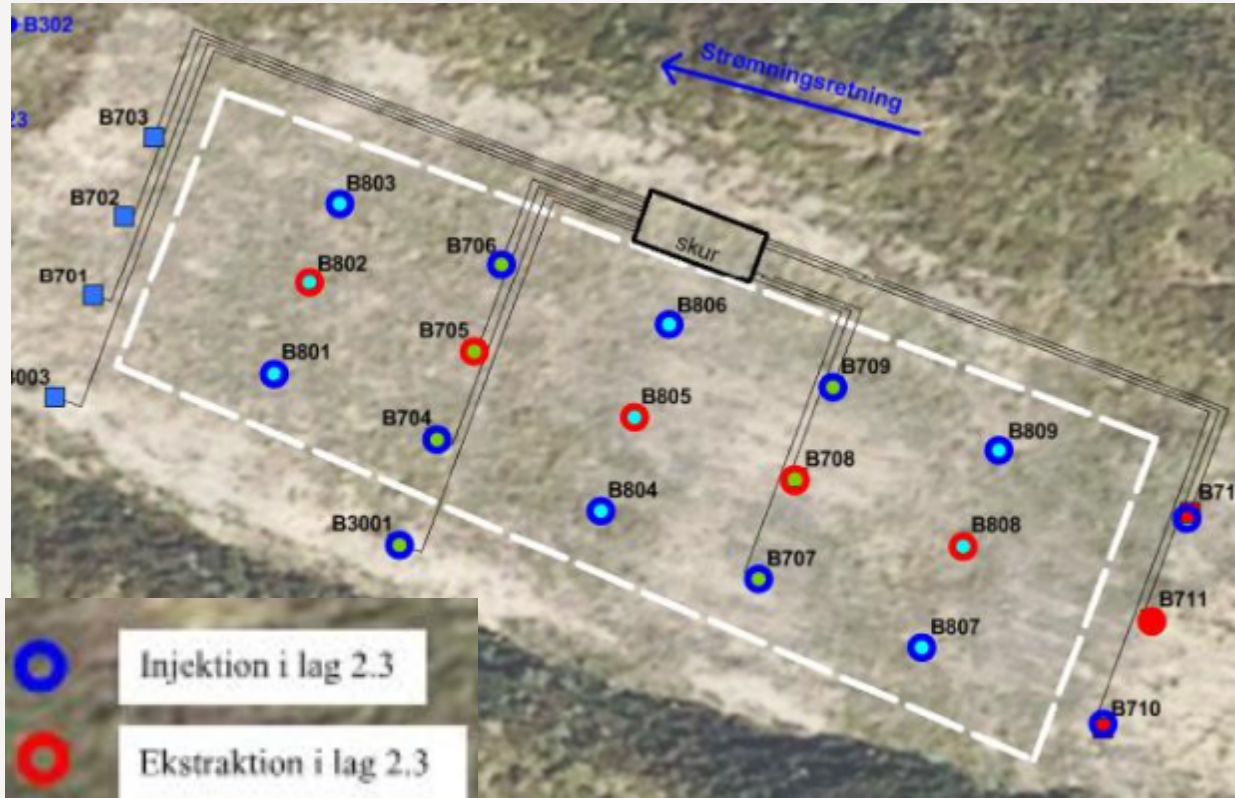
Biologisk afværge i lag 2.3 – Design med passiv system



Designovervejelser:

- Grundvandsmodel anvendt til design
- Eksisterende recirkulationssystem anvendt til injektion af buffer og donor

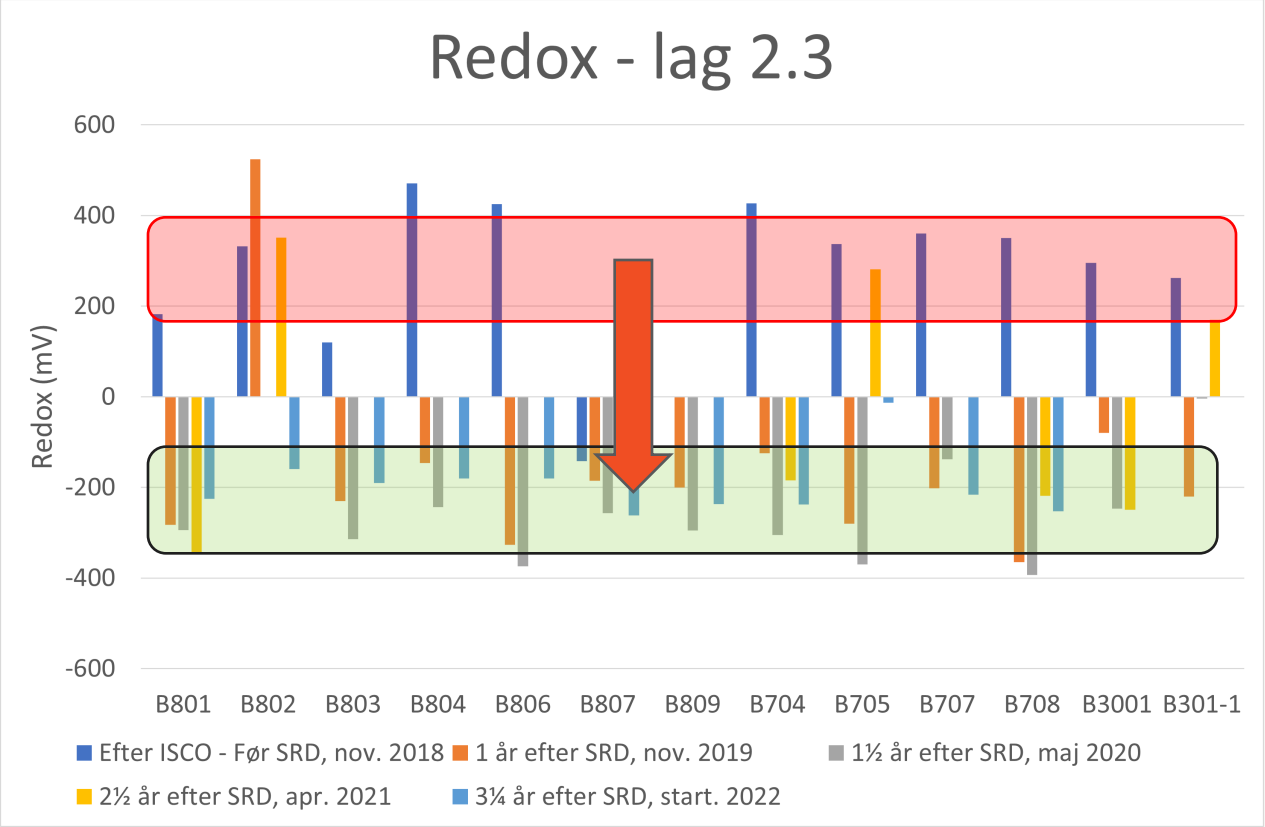


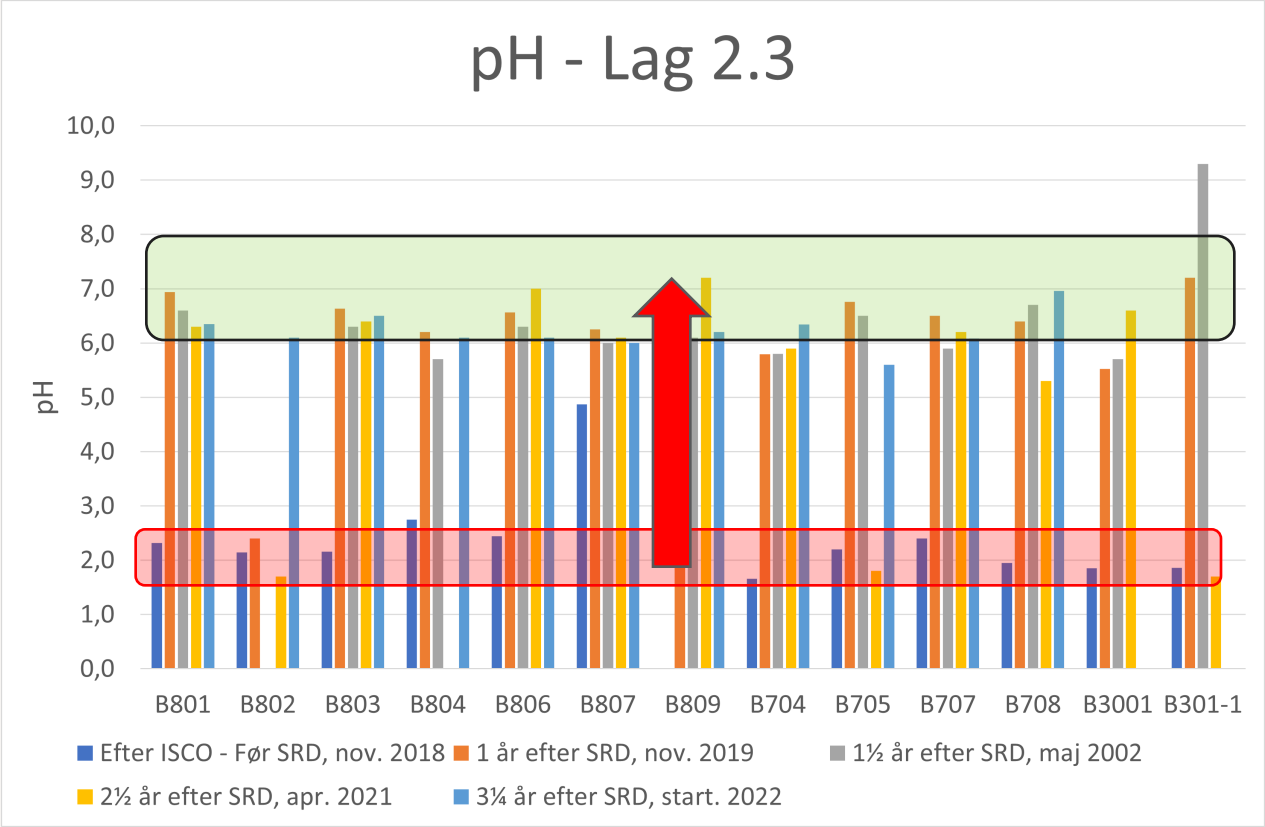


Biologisk afværge i lag 2.3 - Drift

Injektionsudstyr	Der er anvendt udstyr og boringer fra recirkulationssystemet + ekstra pumper og slanger
1. Injektionsrunde (november 2018)	Som for lag 2.1 – men med recirkulation: Vende redoxforhold til reducerende (< -100 mv) Vende pH til neutralt (pH 6-8) Donor= laktat Buffer = bikarbonat
2. Injektionsrunde (December 2018)	Som lag 2.1 men med recirkulation: Langtidsholdbar donor (EVO) Langtidsholdbar buffer (Neutral zone) Bakteriekultur
3. Injektionsrunde (januar 2022)	Tilsætte donor/buffer/bakterier efter behov – udført januar 2022 (3 år efter 1. injektion)

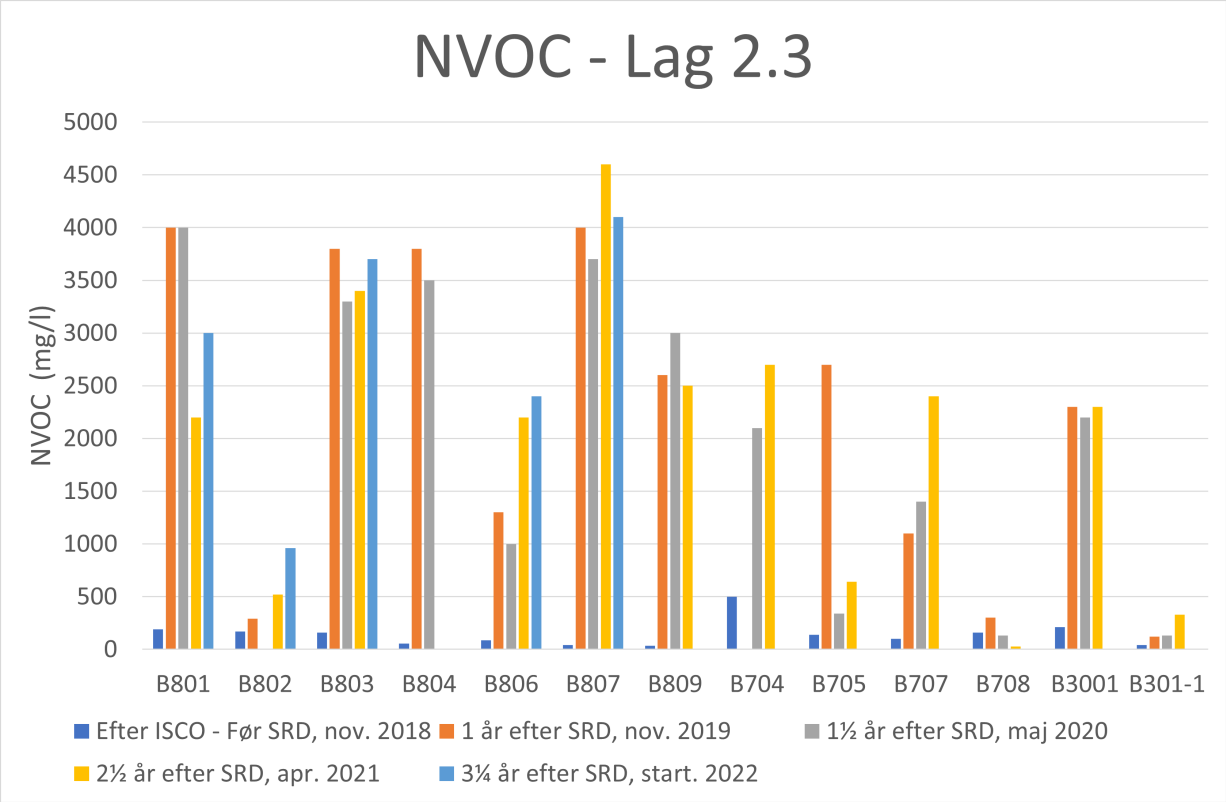
Biologisk afværge i lag 2.3 – Resultater ved baseline og efter 2½ års drift af SRD

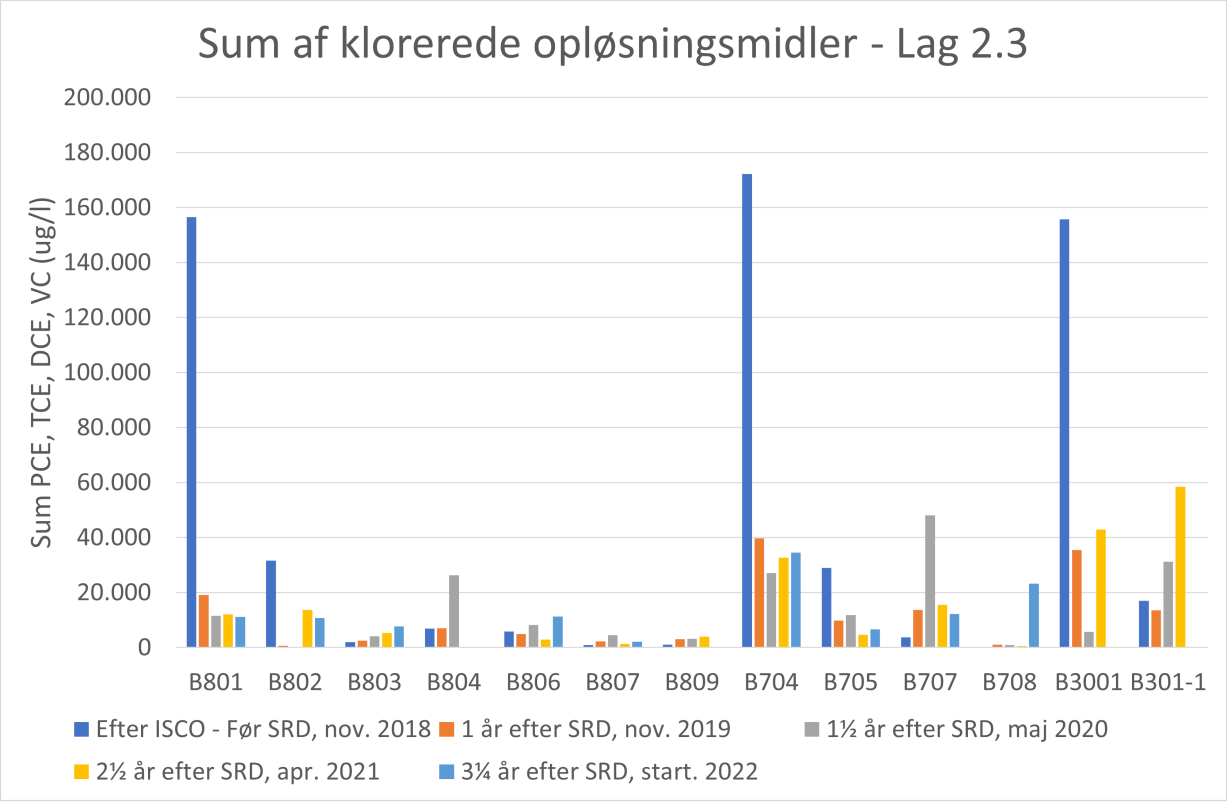




COWI

Biologisk afværge i lag 2.3 – Resultater ved baseline og efter 2½ års drift af SRD





COWI

Biologisk afværge i lag 2.3 – Lessons learned

Injektion ved brug af recirkulationssystem:

- Der blev opnået en rimelig fordeling af både donor og buffer

pH og Redox og donor:

- pH og redox og donor fastholdt neutralt i op til 3 år i de fleste boringer selvom der er nedsunket store mængder ISCO kemikalier til lag 2.3

Nedbrydning af forurening:

- Indhold af PCE er markant reduceret. Relativt lave indhold af VC og kun mindre indhold af ethen/ethan.
- Uklart hvilken nedbrydningsproces som er sket (evt. abiotisk nedbrydning med jernsulfider?)

Ændring af drift for grube 1, 2 og 4

- Ikke samtidig afværge med ISCO og Biologisk oprensning (nedsynkning af OISCO rstprodukter)
- Vente med SRD til det meste af ISCO kemikalier er udskyllet (her specielt sulfat)

COWI

Tak for opmærksomheden