



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Stimuleret reduktiv dechlorering i kalkmagasin

Teknologiprogram for Jord- og
Grundvandsforurening

Miljøprojekt nr. 1562, 2014

Titel:

Stimuleret reduktiv dechlorering i kalkmagasin

Forfattere:

Riis, C.
Hansen, M.H.
Husum, H.

NIRAS

Udgiver:

Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K
www.mst.dk

År:

2014

ISBN nr.

978-87-93178-34-2

Ansvarsfraskrivelse:

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	6
Sammenfatning og Konklusion	7
Summary and Conclusion	11
1. Indledning	15
1.1 Udbredelse af TCE-forurening inden oprensning ved stimuleret reduktiv dechlorering	15
1.2 Aktiviteter på lokaliteten	17
1.2.1 Øvrige aktiviteter, overvågning af methanindholdet.....	18
1.3 Formål	19
1.4 Strategi for stimuleret reduktiv dechlorering	19
1.5 Risikoanalyse	20
1.6 Rapportering	21
2. Anlæggets opbygning	22
3. Entreprenørarbejder	26
3.1 Generelt	26
3.2 Ombygning af eksisterende afværgeanlæg (aktiv fase)	27
3.2.1 Doseringssystem	27
3.2.2 Skyllesystem	27
3.2.3 Ændring af bestykning i injektionsboring B1 og B2	29
3.3 Bestykning af boringer og etablering af ledningsanlæg mv. (passiv fase).....	30
3.3.1 Etablering af brønde mv.	30
3.3.2 Ledningsarbejder	32
3.3.3 Skab med doseringsenhed	33
4. Drifts- og monitoringsprogram	34
4.1 Driftsprogram aktiv fase – oprensning i kalkmagasinet	34
4.2 Driftsprogram passiv fase – reinjektion i toppen af kalkmagasinet.....	34
4.2.1 Passiv fase 2008 – injektion i toppen af kalkmagasinet	35
4.2.2 Passiv fase 2009 og 2010 – injektion i toppen af kalkmagasinet	36
4.3 Monitoringsprogram aktiv og passiv fase	36
5. Driftsresultater	38
5.1 Aktiv fase	38
5.1.1 Vandmængder i aktiv fase	38
5.1.2 Injiceret mængde bakterier i aktiv fase	39
5.1.3 Injiceret mængde substrat og næringsstoffer i aktiv fase.....	39
5.1.4 Kontrol af vandspejl i primært grundvand	39
6. Monitoringsresultater fra aktiv og passiv fase	41
6.1 Substratudbredelse	41
6.2 Dechlorerende biomasse	42
6.3 Redoxforhold.....	43
6.4 Chlorerede ethener	45
6.5 Reduktiv dechlorering	47
6.6 Nedstrøms lokaliteten	50

7. Konklusion.....	51
Referencer	52

BILAG 1:	Tegninger (som udført)
BILAG 2:	Skema, driftskontrol aktiv fase
BILAG 3:	Tilslutningstilladelse og rapportering
BILAG 4:	Datablad, substrat
BILAG 5:	Pejleresultater, aktiv og passiv fase
BILAG 6:	Moniteringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boringer
BILAG 7:	Sammenfattende grafer
BILAG 8:	Situationsplan med boringsplaceringer

Forord

Afværgepumpning har i mange år været den foretrukne afværgemetode over for grundvandsforurening med chlorerede opløsningsmidler. Et nyere alternativ er stimuleret reduktiv dechlorering, der indebærer øget massefjernelse og færre driftsomkostninger.

På lokaliteten Hellestedvej 22, Hellested er stimuleret reduktiv dechlorering implementeret i fuld skala i et kalkmagasin som erstatning for en eksisterende afværgepumpning. De eksisterende pumpe- og reinjektionsboringer såvel som ledningsanlægget er genbrugt ved implementering af den biologiske oprensning.

Projektet er igangsat af Region Sjælland og finansieret af Region Sjælland og Miljøstyrelsen under Miljøstyrelsens Teknologiprogram for jord- og grundvandsforurening.

Projektets følgegruppe har omfattet følgende personer:

Ole Kiilerich, Miljøstyrelsen
Henrik Jannerup, Region Sjælland
Martin Stærmose, Region Sjælland

Sammenfatning og Konklusion

Konklusion

Stimuleret reduktiv dechlorering er benyttet som oprensningsmetode i et TCE –forurenede kalkmagasin i en aktiv og en efterfølgende passiv fase med injektion af substrat og dechlorerende bakteriekultur. Sideløbende med behandling af kalkmagasinet er der foretaget injektioner af substrat, nulvalent jern og bakteriekultur til stimulering af reduktiv dechlorering i det ovenliggende kildeområde i moræner.

I kalkmagasinet er tilførsel af dechlorerende bakteriekultur, substrat og næringsstoffer udført i en aktiv fase med recirkulation af vand over hele det forurenede volumen og en efterfølgende passiv fase, med recirkulation direkte under kilden. Injektionerne i kalkmagasinet har haft til formål at oprense den eksisterende forureningsfane og at etablere en biobarriere i toppen af kalkmagasinet. Resultaterne viser, at biobarrieren har haft en signifikant effekt på koncentrationerne af chlorerede ethener og dechloreringsaktiviteten i kalkmagasinet og har medført en nær fuldstændig nedbrydning af TCE til ethen og ethan. Den biologiske barriere har derfor opfyldt formålet at beskytte kalkmagasinet fra infiltrerende forurening fra kilden i det ovenliggende moræner.

Ved gentagne injektioner af dechlorerende bakteriekultur samt substrat indeholdende nulvalent jern er den abiotiske såvel som den biotiske nedbrydningsproces stimuleret i kildeområdet i moræneret. Dokumentation ved udførelse af snegleboringer og udtagelse af intaktkerner i kildeområdet og analyse af jordprøver herfra har vist, at injektionen har haft en stimulerende effekt på omsætningen af TCE-forureningen i moræneret, idet dechloreringsgraden er markant forøget i dele af formationen. Vandprøver fra et sandlag under det behandlede moræner har desuden vist, at behandlingen af kilden i moræneret har resulteret i en reduktion af forureningsfluxen.

Baggrund

På lokaliteten Hellestedvej 22, Hellested er der konstateret forurening med TCE, som er vurderet at stamme fra deponering af kemikalieaffald i slutningen af 1960'erne. Kemikalierne er deponeret i tre dybe brønde, som i starten af 1900-tallet blev brugt som vandforsyningsboringer af en mejerivirksomhed, som lå på lokaliteten. I forbindelse med forureningsundersøgelser, som er foretaget i perioden 1993 til 1995, blev et kildeområde med kraftig TCE forurening konstateret i et lag af moræner. Forureningen havde spredt sig til det underliggende kalkmagasin og blev således konstateret i den nedstrøms beliggende vandindvindingsboring.

Kilden til TCE-forureningen er beliggende i moræneret i dybden 4-7 m.u.t. Den maksimale koncentration af TCE i jorden er målt til 88 mg/kg TS. Der blev ikke påvist indhold af nedbrydningsprodukter i jordmatricen forud for iværksættelse af den biologiske oprensning.

I perioden 1993-1995 dannede en række forureningsundersøgelser grundlag for, at en afværgepumpning blev igangsat på lokaliteten. Afværgepumpningen foregik i perioden 1996-2008 og bestod i pumpning fra det primære magasin med efterfølgende kulfiltrering og reinjektion med henblik på at begrænse spredning af TCE-forurening i grundvandsmagasinet nedstrøms lokaliteten.

Afværgepumpning

Nærværende rapport omhandler alene oprensningen i kalken. De udførte aktiviteter i moræneret beskrives dog kort i det følgende.

Oprensning i kildeområdet i moræner

I kildeområdet i moræneret er der injiceret dechlorerende biomasse og substratet ABC+ indeholdende nul-valent jern (ZVI) for at stimulere den biotiske og abiotiske nedbrydning af de chlorerede stoffer og dermed reducere udvaskning til det underliggende kalkmagasin. Der er injiceret ad to omgange og injektionerne er i de to runder forskudt horisontalt såvel som vertikalt. Fordelingen af substrat og jern i moræneret samt de chlorerede stoffers koncentration og sammensætninger er søgt dokumenteret ved dels vandprøvetagning fra sandlaget, indlejret i moræneret under kildeområdet, dels udtagning af jordprøver fra moræneret.

Stimuleret reduktiv
dechlorering i kildeområdet

Indholdet af forureningskomponenterne i jordprøverne et år efter injektionen har vist, at injektionen af ABC+ og dechlorerende bakteriekultur haft en stimulerende effekt på omsætningen af TCE-forureningen i moræneret, idet dechloreringsgraden er markant forøget i dele af formationen, primært pga. omsætning af TCE til cis-DCE. Enkelte steder, hvor der ikke er sket fordeling af jern/substratblanding, ses der ingen omsætning og forureningen findes fortsat som TCE.

Der er ikke analyseret for ethen eller dechlorerende bakterier i jordprøverne, hvorfor det er uklart hvilken nedbrydningsvej, der dominerer – dvs. om en biologisk nedbrydning stopper ved cis-DCE, om en biologisk nedbrydning på sigt vil fortsætte videre til VC og ethen og/eller om der, forårsaget af ZVI-tilførslen sker abiotisk nedbrydning af TCE til ethen.

Resultaterne fra vandprøver udtaget fra sandlaget under moræneret indikerer, at den abiotiske nedbrydningsvej dominerer, idet der er konstateret høje indhold af ethen, men kun lave indhold af vinylchlorid, som ikke modsvarer det fjernede indhold af cis-DCE. Der er dog ligeledes konstateret høje indhold af dechlorerende bakterier i sandlaget, hvorfor en biotisk omsætning forventes at foregå samtidig med den abiotiske.

På baggrund af resultaterne af de udtagne jordprøver i august 2009 (et år efter injektionen), blev der i 2010 igangsat yderligere jordprøvetagning til supplerende dokumentation af effekten af de udførte injektioner samt til beslutning om eventuel genbehandling af kildeområdet ved yderligere injektioner.

Det er ved de supplerende dokumentationsprøver vist, at det 1 år og 9 måneder efter injektionen har været muligt at genfinde det injicerede jern visuelt og analytisk samt ved lugt at registrere det injicerede substrat. Desuden blev der i dokumentationsboringerne konstateret svag lugt af omsætning over et større dybdeinterval end der blev påvist jernpåvirkning, hvilket kunne indikere, at substrat/bakterier over tid er diffunderet ind i formationen fra de sprækker, hvortil det er tilført ved injektionen. Vandprøver fra sandlaget under det behandlede moræner, viste ikke tegn på genforurening og viste fortsat lave koncentrationer af chlorerede stoffer samt høj grad af nedbrydning (dechloreringsgrad på nær 100%). Resultaterne fra sandlaget under kildeområdet viser således, at injektionen af ABC+ og dechlorerende biomasse har resulteret i en reduktion af forureningsfluxen, som er opretholdt 730 dage efter behandling af kildeområdet.

På baggrund af den supplerende dokumentation i moræneret, er der i oktober 2011 udført reinjektioner af ZVI-holdigt substrat (ABC) og dechlorerende biomasse.

Oprensning af forureningsfane i kalkmagasinet - Aktiv fase efterfulgt af passiv fase

Inden etableringen af den horisontale biologiske barriere i kalkmagasinet, blev der i 2005-2006 udført indledende pumpetest til vurdering af spredningen af substrat (EOS®) i kalkmagasinet. Resultaterne viste, at det var muligt at sprede substrat i sprækkeorienteringen (sydøst-nordvest). Dog viste resultaterne også et behov for supplerende undersøgelser til belysning af spredning på tværs af sprækkeorienteringen.

Pumpeforsøg i kalkmagasinet

Der blev således udført supplerende pumpeforsøg i 2007, hvor fordelingen af EOS både langs og på tværs af strømningsretningen blev afprøvet. Den alternerende pumpestrategi bestod i, skiftevis at recirkulere vand mellem et boringspar, lokaliseret på tværs af sprækkeorienteringen og et boringspar lokaliseret langs med sprækkeorienteringen. Pumpeforsøgene viste, at fordeling af substrat på tværs af strømningsretningen var mulig.

Ud fra de indledende pumpeforsøg blev den alternerende pumpestrategi valgt for injektion i den passive fase, så der skiftevis blev injiceret og oppumpet på langs hhv. på tværs af sprækkeorienteringen i kalkmagasinet. I den aktive fase blev der pumpet kontinuerligt fra de samme injektions- og ekstraktionsboringer, som blev anvendt ved den forudgående afværgepumpning.

Strategi for aktiv og passiv fase

I den aktive fase blev der over en periode på 5 måneder pumpet kontinuert i boringer filtersat i kalkmagasinet. En boring nedstrøms kildeområdet blev anvendt som ekstraktionsboring, mens to boringer opstrøms kildeområdet blev anvendt som injektionsboringer. I behandlingsanlægget blev det ekstraherede vand ledt gennem et sandfilter og der blev tilsat substrat PURASAL® S (natriumlaktat) samt næringsstofferne ammoniumchlorid og natriumpolyfosfat. Der blev efter en måneds drift af det aktive anlæg tilført dechlorerende biomasse fra Bioclear direkte i injektionsboringerne.

I den passive fase blev der injiceret og reinjiceret næringsstoffer, substrat og dechlorerende biomasse fra SIREM (Canada) i toppen af kalkmagasinet, hvorved der blev skabt en horisontal biologisk barriere, hvori nedbrydningen af de chlorerede stoffer blev stimuleret. Behandlingsvoluminet i den passive fase var således mindre end i den aktive fase og havde til formål at nedbryde og afskære infiltrerende forurening fra den ovenliggende kilde i moræneleret. Den passive fase har indtil videre været 4 år, hvor reinjektioner er udført ad 2 omgange. Reinjektionerne i den passive fase er udført hhv. 1 og 2 år efter ophøret af den aktive fase. Opretholdelsen af den horisontale biologiske barriere i den passive fase fortsætter så længe der fortsat er risiko for infiltration af forurening fra kildeområdet i moræneleret.

Ved den passive fase i 2009 og 2010 blev EOS (emulgeret sojabønneolie) og mindre mængder af PURASAL®S (natriumlaktat) anvendt som substrat, mens vitamin B12 blev tilsat som næringsstofkilde. Årsagen til skift i substrattype var, at EOS typisk har en længere levetid i magasinet end laktat, hvorved frekvensen af reinjektioner kunne minimeres.

Passiv fase 2009-2010. Tilførsel af EOS og PURASAL®S samt dechlorerende biomasse (KB1)

Reinjektionen i 2009 var planlagt til at omfatte 4 loops, men imidlertid gav det kolde vejr problemer ifbm. injektionen og der påvistes en utæthed i den ene injektionsboring, hvorfor der kun blev gennemført et loop i 2009. I foråret 2010 blev der gennemført reinjektion i yderligere 3 loops. I reinjektionens første loop i 2009 blev der i alt tilsat 800 liter substrat (600 liter EOS og 200 liter PURASAL®S) indeholdende næringsstoffer. I de efterfølgende loops i 2010 blev der totalt tilsat 1200 liter substrat (800 liter EOS og 400 liter PURASAL®S indeholdende næringsstoffer).

Både under og efter den aktive fase er der løbende udtaget vandprøver fra kalkmagasinet til vurdering af effekten og holdbarheden af den biologiske barriere i toppen af kalken.

Oprensningseffekt

Oprensningen i kalkmagasinet og etableringen af biobarrieren har haft en signifikant effekt på koncentrationerne af chlorerede ethener og dechloreringsaktiviteten i kalkmagasinet og har medført en nær fuldstændig nedbrydning af TCE til ethen og ethan.

Oprensningseffekt i kalkmagasinet

Moniteringsresultater fra kalkmagasinet har vist, at tilsætningen af substrat og dechlorerende biomasse til kalkmagasinet har medført stærkt reducerede (methanogene) forhold. Disse forhold er optimale for den reductive dechloreringsproces, hvilket har vist sig ved høj dechloreringsaktivitet med faldende koncentrationer af chlorerede ethener i kalkmagasinet.

Inden tilførslen af substrat ved de indledende pumpeforsøg i perioden 2005 til 2007, forekom der lave koncentrationer ($<1 \mu\text{g/l}$) af nedbrydningsprodukter af TCE i kalkboringerne og langt hovedparten af forureningen forekom som TCE. Efter udførelsen af pumpeforsøg med tilførsel af substrat i perioden 2005-2007, blev de naturlige nedbrydningsprocesser stimuleret, hvorfor der ved opstart af oprensning i kalkmagasinet i den aktive fase, allerede forekom gunstige nedbrydningsforhold. Dechloreringsgraden, som fortæller hvor stor en del af moderproduktet, TCE, der er omsat til nedbrydningsprodukter, var ved opstart af den aktive fase på 40-50 % i størstedelen af kalkboringerne, svarende til, at de chlorerede stoffer primært var til stede som nedbrydningsproduktet cis-DCE. Efter opstart af den aktive fase og etableringen af den horisontale biobarriere faldt koncentrationerne af chlorerede stoffer og dechloreringsgraden steg støt, så der efter den første injektion i den passive fase var opnået en dechloreringsgrad på omkring 90 % i de fleste borer. I de efterfølgende injektioner i den passive fase har det været muligt at opretholde en dechloreringsgrad på 90-99 %.

Tilsætningen af substrat og dechlorerende bakterier til kalkmagasinet har således medført stærkt reducerede (methanogene) forhold, optimale for reduktiv dechlorering, høj dechloreringsaktivitet med faldende koncentrationer af chlorerede ethener i såvel den aktive fase som i den passive fase.

Substratvarighed og redoxforhold

Substratets levetid og dermed den nødvendige reinjektionsfrekvens har stor betydning for økonomien af denne type oprensninger. Derfor er monitoringen af substratindholdet i den behandlede zone vigtig. I nærværende oprensning, er indholdet af NVOC (ikke flygtigt organisk kulstof) brugt som indikatorparameter for indholdet af substrat.

Monitoring af NVOC og redoxparametre til vurdering af substratvarighed og genbehandlingsfrekvens

Koncentrationen af NVOC har som forventet været højere i vandprøver udtaget umiddelbart efter injektioner af substrat. Dog har resultaterne vist, at der i perioderne mellem reinjektion af substrat forekommer lave NVOC-koncentrationer i vandfasen samtidig med, at der observeres høj dechloreringsaktivitet og methanproduktion. Resultaterne indikerer således, at de lave NVOC-koncentrationer, der måles i vandfasen, ikke dækkende repræsenterer substratmængden i systemet, men at der formentlig er en substratpulje i selve kalkmatrix, som ikke giver sig til udtryk ved måling i vandet, der jo primært ekstraheres fra sprækkezonerne. Da tilførslen af substrat medfører reducerede forhold, kan redoxparametre som sulfat og methan bruges til indirekte at vurdere reinjektionsfrekvensen.

Ved opstart af den aktive fase forekom sulfatreducerende forhold i kalkmagasinet og tilførslen af substrat i såvel den aktive som den passive fase medførte yderligere reducerede forhold, som blev observeret ved fald i sulfatkoncentrationer samt markant stigning i indholdet af methan (op til 40 mg/l).

Summary and Conclusion

Conclusion

Stimulated reductive dechlorination has been used as remediation method in a primary limestone aquifer contaminated with TCE. The remediation was divided in to an active and a passive phase with injection of substrate and dechlorinating bacteria. Parallel to the treatment of the primary aquifer, direct push injections of substrate, zero-valent iron (ZVI) and bacteria has been carried out in the clay till source zone above the primary aquifer.

The injection of dechlorinating bacteria, substrate and nutrients to the primary aquifer was carried out in an active phase with recirculation of water including the whole plume volume and a passive phase, with recirculation of water directly between the source zone area. The purpose of the injections was to clean up the existing plume and to establish a biobarrier in the top of the primary aquifer. The results show that the biobarrier has significantly reduced the concentrations of chlorinated ethenes and increased the dechlorination activity promoting almost complete degradation of TCE to ethene and ethane. The biobarrier strategy has thus met the challenge of protecting the limestone from the overlying overburden.

In the clay till source zone, both biotic and abiotic degradation processes have been promoted through the repeated injections of dechlorinating bacteria and substrate containing zero-valent iron (ZVI). The effect of the injections was documented by visually registering the distribution of iron in the clay till and analyzing soil samples for iron, TCE and degradation products. This was done by auger drilling and core sampling. The results show that the degree of dechlorination has been increased significantly. Furthermore, water samples from an interbedded sand layer beneath the clay till show that the treatment of the source zone has resulted in a reduction of the contaminant mass flux.

Background

Deposit of chemical waste in the late 1960's is thought to be the origin of the TCE contamination at the site, Hellestedvej 22, Hellested. Chemical waste was deposited in three deep wells that was previously used for water supply at a dairy which was located at the site in the beginning of the 20th century. Investigations of the contamination at the site carried out in the years 1993 through 1995 showed a TCE source area in the clay till overburden 4-7 m.b.s. The maximum TCE concentration in the soil was 88 mg TCE / kg dry matter and no degradation products from, TCE was found in the soil prior to the bioremediation. The TCE contamination had infiltrated to the underlying primary limestone aquifer and was detected in a downgradient water supply well.

After numerous investigations during the period of 1993 to 1995, it was decided to install a pump and treat system aimed at reducing the downgradient spreading of the TCE contamination. The pump and treat system was designed so that water was extracted from the primary limestone aquifer in the downgradient part of the plume and lead through an activated carbon filter before it was reinjected in to the aquifer upgradient of the source zone. The pump and treat system operated continuously in the years 1996 to 2008.

Pump and treat

This report only addresses the remediation of the primary limestone aquifer. However, the activities in the clay till source zone will be described briefly in this summary section.

Remediation in the clay till source zone

In 2008 dechlorinating bacteria and the substrate ABC+ containing zero valent iron (ZVI) were injected in to the clay till source zone in order to stimulate the biotic and the abiotic degradation of the chlorinated compounds and thereby to reduce the infiltration of contaminants to the primary limestone aquifer. Injections were done in two campaigns and were horizontally as well as vertically displaced to prove the distribution of injectate. The concentrations of chlorinated compounds and the distribution of substrate and iron in the clay till was documented by soil sampling from the clay till as well as water sampling from a sand layer beneath the clay till.

Stimulated dechlorination the
the source zone

Results from soil sampling in the clay till one year after the injections of substrate and dechlorinating bacteria (2009) show that the dechlorination was promoted; i.e. TCE was primarily degraded to cis-DCE. In smaller areas of the source zone where substrate and zero valent iron were not distributed, no signs of degradation were seen and TCE was still the primary contaminant.

As the analyses of soil samples did not include ethene and dechlorinating bacteria, it is not clear which degradation pathways is the dominant; i.e. if the biotic degradation stops at cis-DCE, if the biotic degradation in the long term will lead to production of vinyl chloride and ethene and/or if the injection of zero valent iron (ZVI) has caused an abiotic degradation of TCE to ethene.

Results from water samples taken from the sand layer beneath the source zone indicate that the abiotic degradation pathway is dominant. The water samples show high concentrations of ethene but only lower concentrations of vinyl chloride. Furthermore, the amount of vinyl chloride does not balance the amount of degraded cis-DCE. However, high concentrations of dechlorinating bacteria are detected in the water samples indicating that biotic degradation is also taking place .

Based on the soil sample results one year after the injection (2009) it was decided to supplement the documentation of the effect of the injections. Therefore new soil sampling of the clay till was carried out in 2010 (1 year and 9 months after the injections) and results from this campaign were used to decide whether reinjections were needed or not.

The documentation soil samples from 2010 showed that it was still possible to register the injected iron both visually, analytically and by smell. Furthermore the smell of reduced compounds was observed over a larger depth interval than the iron was detected. This could indicate that substrate/bacteria over time has diffused in to the formation from the fractures, to which the injections was delivered.

Water samples from the underlying sand layer did not indicate recontamination and did still have low concentrations of chlorinated compounds and a high degree of dechlorination (around 100%). Results from the sand layer show that ABC+ and the dechlorinating bacteria has resulted in a reduction of contaminant mass flux which has been sustained 730 days after treatment of the source area.

On the basis of the supplement documentation activity in the clay till, it was decided to reinject substrate (ABC) containing zero valent iron (ZVI) and dechlorinating bacteria. The reinjection was carried out in October 2011.

Remediation of the TCE plume in the lime stone aquifer – Active phase followed by passive phase

Initial pumping tests were performed in 2005 to 2006 with the purpose of assessing the spreading of substrate (EOS®) in the limestone aquifer.. The results showed that spreading of the substrate in the fracture orientation (southeast-northeast) occurred but that further testing was needed to assess whether distribution across fracture orientation was also possible.

An additional pumping test was therefore performed in 2007 to assess both the distribution in and across fracture orientation. The pumping strategy was to alternately recirculate water between two pairs of wells which, respectively, were located across and in fracture orientation. The test showed that the distribution of substrate across the cross recirculating strategy has proven successful in distributing substrate perpendicular to the dominating fracture orientation.

Based on the results from the pumping tests the cross-recirculation strategy was chosen for the passive phase; i.e. in the passive phase pumping across and along the dominating fracture orientation was carried out. In the active phase pumping was performed from the same injection and extractions wells that were used in the previously operated pump and treat system.

Active and passive phase strategy

The active phase was operated during 5 months, injection and extraction was performed from filters in the primary limestone aquifer. Extraction took place from a well located downgradient the source zone while injection took place in two injection wells located upgradient the source zone. In an on site treatment plant, the extracted water was led through a sand filter and amended with substrate (PURASAL®S, sodium lactate) and nutrients (ammonium chloride and sodium polyphosphate). Dechlorinating bacteria from Bioclear (Holland) was added directly to the injection wells after one month of recirculation.

In the passive phase nutrients, substrate and dechlorinating bacteria from SIREM (Canada) was injected in to the top of the primary limestone aquifer to promote the degradation of chlorinated compounds in a horizontal biobarrier. The volume of the treatment zone in the passive phase was therefore smaller than the treated volume in the active phase. The purpose of emplacing the biobarrier was to degrade infiltrating contaminants from the above clay till source zone. So far, the passive phase has been operated for 4 years and reinjections have taken place twice; 1 and 2 years after the end of the active phase. The passive phase and the maintenance of the horizontal biobarrier will continue as long as there is a risk of contaminant infiltration from the clay till source zone.

In the passive phase the substrates EOS (emulsified soybean oil) and smaller amounts of PURASAL®S (sodium lactate) were injected with the nutrient vitamin B12. The reason for choosing a different substrate than in the active phase was the longer lifetime of EOS compared to lactate allowing for a reduced frequency of reinjections.

Passive phase 2009-2010.
Injection of EOS,
PURASAL®S and
dechlorinating biomass (KB1)

The reinjections that were planned to take place in the fall of 2009 should have consisted of 4 loops but the cold winter weather hindered this. Furthermore a leak from one of the injection wells were reported and only one of the loops were completed. The 3 remaining loops were carried out in the fall of 2010. In the first loop of the reinjection, 800 liters of substrate (600 liter EOS and 200 liter PURASAL®S) containing nutrients was added. In the last three loops that were carried out in 2010, 1200 liters substrate (800 liter EOS and 400 liter PURASAL®S) containing nutrients was added.

Water sampling has been carried out both during and after the active phase to assess the effect and sustainability of the horizontal biobarrier in the top of the limestone aquifer.

Efficiency of the remediation

Remediation of the primary limestone aquifer and emplacement of the horizontal biobarrier has had a significant effect on the concentrations of chlorinated ethenes and the dechlorinating activity in the limestone aquifer. It has resulted in an almost complete degradation of TCE to ethene and ethane.

Monitoring the results from water sampling the primary limestone aquifer have shown that the injection of substrate and dechlorinating bacteria to the aquifer resulted in strongly reduced (methanogenic) conditions. These conditions are optimal for the reductive dechlorination process

which is evident from the high dechlorinating activity and decreasing concentrations of chlorinated ethenes in the aquifer.

The concentration of degradation products were low ($<1 \mu\text{g/l}$) and TCE was the dominant compound in the primary aquifer prior to the addition of substrate (EOS) in the initial pumping tests (2005-2007). The addition of EOS during the pumping tests stimulated the natural degradation processes and the conditions for reductive dechlorination were already favorable prior to the beginning of the active phase.

The degree of dechlorination is a figure showing how large an amount of TCE is degraded. In the beginning of the active phase, the degree of degradation was 40-50% in most of the screens in the limestone aquifer, indicating that most of the chlorinated compounds were in the form of cis-DCE. The active phase and emplacement of the horizontal biobarrier resulted in decreasing concentrations of chlorinated compounds and a steadily increasing degree of dechlorination reaching a level of 90 % in most of the wells after the first reinjection of the passive phase. During the following injections in the passive phase, it was possible to sustain a degree of dechlorination of 90-99%.

The adding of substrate and dechlorinating bacteria to the primary limestone aquifer has therefore resulted in strongly reduced (methanogenic) conditions, followed by a high dechlorinating activity with decreasing concentrations of chlorinated ethenes in the active as well as the passive phase.

Substrate lifetime and redox conditions

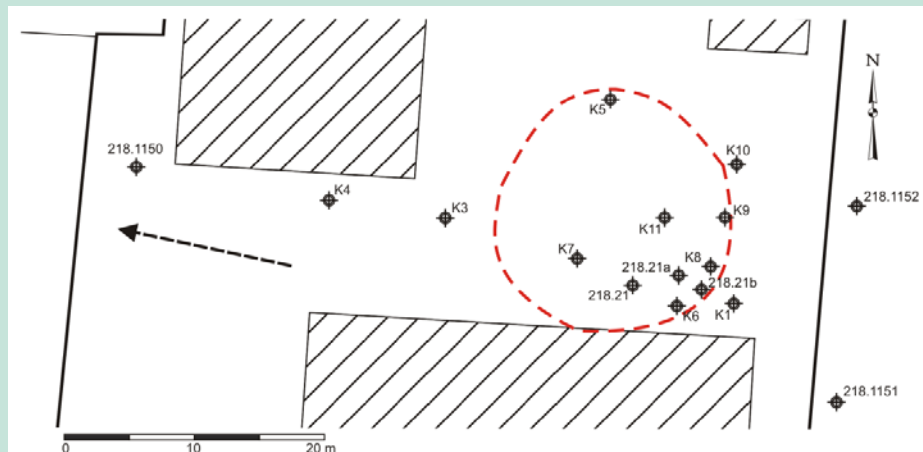
The lifetime of the substrate and thereby the needed reinjection frequency is of great importance for the overall costs related to this type of remediation techniques. The monitoring of substrate in the treatment zone is therefore very important. In this project, NVOC (non volatile organic carbon) was used as the parameter indicating the amount of substrate in the treatment zone.

Monitoring of NVOC and redox indicators in assessment of substrate lifetime and reinjection frequency

As expected, the concentrations of NVOC in water samples were higher shortly after the injections took place. The results did however show that NVOC concentrations were low in between reinjections while at the same time, a high dechlorinating activity and methane production was observed. These results indicate that the low NVOC concentrations in the water phase did not represent the total amount of substrate in the system. The reason is probably that an amount of substrate is located inside the limestone matrix and will not be represented in the water samples as these are primarily extracted from fractures in the limestone. As the addition of substrate results in reduced conditions, the redox indicators like sulphate and methane can be used as a supplement in assessing the needed reinjection frequency.

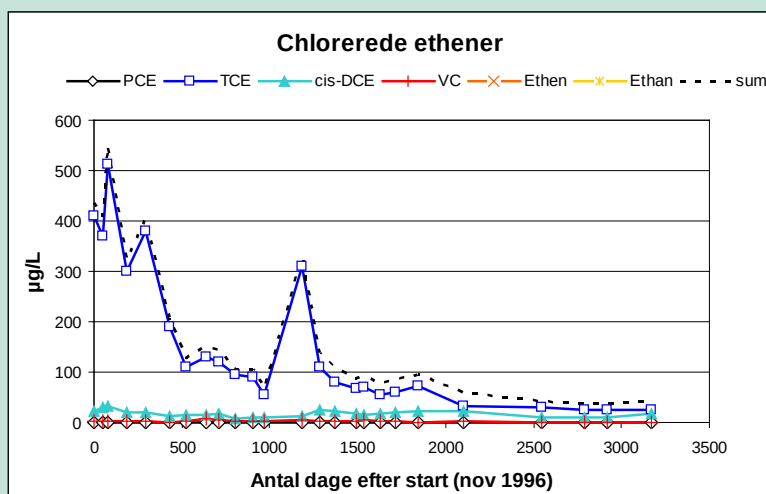
Sulphate reducing conditions were observed in the limestone aquifer in the beginning of the active phase. Addition of substrate in the active and passive phases resulted in even further reduced conditions; i.e. reduced sulphate concentrations and significantly increasing concentrations of methane (up to 40 mg/l).

Kilden til TCE-forureningen er beliggende i moræneleret i dybden 4-7 m.u.t. Den maksimale koncentration af TCE i jorden er målt til 88 mg/kg TS. Der blev ikke påvist indhold af nedbrydningsprodukter på jordmatrixen forud for iværksættelse af den biologiske oprensning. I det indlejrede sandlag er der maksimalt målt 3600 µg TCE/l. Den skønnede horisontale udbredelse af kildeområdet er vist i Figur 2.



FIGUR 2
SITUATIONSPLAN MED SKØNNET UDBREDELSE AF KILDEN I MORÆNELERET (STIPLET LINIE)

Forureningen er langsomt infiltreret ned til kalkmagasinet og har forårsaget en forureningsfane med TCE nedstrøms kildeområdet. De højeste TCE-koncentrationer i forureningsfanen (ca. 400 µg/l) er påvist i toppen af kalken, hvilket er sammenfaldende med den dybde, hvor den dominerende grundvandsstrømning finder sted. Der er dog også påvist betydende koncentrationer i den dybere del af kalken, ca. 30 m.u.t. Der har i perioden november 1996 til 2008 været drift af afværgepumpning fra boring 218.1150 (Figur 2) med reinfiltration (efter rensning) i borerne 218.1151 og 218.1152. Fordelingen af TCE i kalken før iværksættelse af den biologiske oprensning er formentlig influeret af de foregående 11 års afværgepumpning med recirkulation. Koncentrationsudviklingen i afværgeboringen 218.1150 i perioden november 1996 til juli 2005 er vist i Figur 3.



FIGUR 3
CHLOREREDE ETHENER I AFVÆRGEBORING UNDER DRIFT AF AFVÆRGEOPPUMPNINGEN 1996-2005

1.2 Aktiviteter på lokaliteten

I perioden 1993-1995 dannede en række forureningsundersøgelser grundlag for, at en afværgepumpning blev igangsat på lokaliteten. Afværgepumpningen foregik i perioden 1996-2008 og bestod i pumpning fra det primære magasin med efterfølgende kulfiltrering og reinjektion med henblik på at begrænse spredning af TCE-forurening i grundvandsmagasinet nedstrøms lokaliteten.

Region Sjælland (ved daværende Storstrøms Amt) besluttede at erstatte den etablerede afværgepumpning med stimuleret reduktiv dechlorering dels i kalkmagasinet til oprensning af den eksisterende fane under lokaliteten samt forhindring af efterfølgende genforurening af magasinet, dels til reduktion af kildestyrken i moræneleret over kalken. Hensigten med at skifte til stimuleret reduktiv dechlorering var dels at reducere driftsomkostningerne i forhold til den eksisterende afværgepumpning, dels at øge massefjernelsen i selve magasinet og dels at reducere driftstiden af afværgeforanstaltningerne.

Det blev således besluttet at iværksætte følgende afværgeforanstaltninger bestående af følgende:

- en aktiv fase med oprensning af forureningsfanen i kalkmagasinet
- en passiv fase med opretholdelse af en horisontal biologisk barriere til nedbrydning af forurening, der udvaskes fra kildeområdet i moræneleret, og dermed afskæring af yderligere forureningsspredning fra kildeområdet i moræneleret til det primære magasin.
- Massereduktion i moræneleret

Nærværende rapport omhandler alene oprensningen i kalken. De udførte aktiviteter i moræneleret beskrives overordnet i det følgende.

TABEL 1
OVERSIGT OVER UNDERSØGELSESAKTIVITETER OG AFVÆRGEFORANSTALTNINGER PÅ LOKALITETEN INDEN
OPRENSNING VED REDUKTIV DECHLORERING

Dato	Zone	Aktivitet
1993-1995	Moræneler og kalk	Forureningsundersøgelser
1997-2008		Afværgepumpning fra det primære magasin
2005-2006	Kalk	Forundersøgelser, tracertest i kalkmagasin m.v.
2006-2007	Kalk	Design af afværgeanlæg. Pumpeforsøg og injektion af EOS.

TABEL 2
OVERSIGT OVER AKTIVITETER PÅ LOKALITETEN VED OPRENSNING MED REDUKTIV DECHLORERING I
KILDEOMRÅDE I MORÆNELER SAMT I KALKMAGASIN

Dato	Zone	Aktivitet
Juni 2008	Moræneler	Oprensning i moræneler Injektion af dechlorerende biomasse (Bioclear) og substrat (ABC+) indeholdende nul-valent jern (ZVI) i moræneler.
August 2009		Indledende dokumentation af oprensning i moræneler Udtagning af jordprøver til dokumentation af fordeling af nulvalent jern samt nedbrydning i moræneler. Udtagning af vandprøver fra sandlag indlejret i moræneler til dokumentation af fluxreduktion fra moræneleret.
Marts 2010		Supplerende dokumentation af oprensning i moræneler Udtagning af jordprøver til supplerende dokumentation af fordeling af nulvalent jern samt nedbrydning i moræneler. Vurdering af behov for reinjektion.
Oktober 2011		Genbehandling i moræneler Reinjektion af dechlorerende biomasse (KB1) og substrat (ABC+) indeholdende nul-valent jern (ZVI) i moræneler.
Maj-November 2008	Kalk	Oprensning af forureningsfane i kalkmagasin Aktiv fase Injektion af dechlorerende biomasse (Bioclear) og substrat (Purasal® S) og næringsstoffer i kalkmagasin i aktivt anlæg med recirkulation.
November – december 2008		Horisontal biobarriere ved injektion i kalkmagasin Passiv fase Injektion af dechlorerende biomasse (KB1), substrat (PURASAL® S) og næringsstoffer ved recirkulation i top af kalkmagasin
Oktober 2009		Vedligeholdelse af horisontal biobarriere i kalkmagasin Passiv fase Injektion af substrat (EOS + PURASAL® S) og næringsstoffer (vitamin B12) (loop 1 af 4)
Oktober-November 2010		Vedligeholdelse af horisontal biobarriere Passiv fase Injektion af substrat (EOS + Purasal® S) og næringsstoffer (vitamin B12) (loop 2 til 4 af 4)

1.2.1 Øvrige aktiviteter, overvågning af methanindholdet

Med den store tilførsel af substrat, der er injiceret på lokaliteten, samt de observerede høje indhold af methan i grundvandet, blev det indledningsvist vurderet, at der kunne være risiko for uønsket stor dannelse af methan, hvilket i værste fald kan give anledning til risiko for eksplosionsfare. Produktionen af methan er foregået både i kalkmagasinet og i moræneleret, hvor substrat er injiceret. Dog er substratinjektionen i moræneleret mere koncentreret og er foregået mere terrænnært, hvorfor det er vurderet, at risikoen for dannelse af methan i højere koncentrationer er større i moræneleret. Til overvågning af risikoen for eksplosionsfare som følge af methandannelse blev der i sommeren 2008 og i en efterfølgende periode etableret hhv. udendørs og indendørs permanente poreluftpunkter i alt 7 udendørs punkter og 3 punkter under kældergulv på lokaliteten,

Monitering af methan i poreluft til vurdering eksplosionsfare

hvor der kunne være risiko for ophobning af methan. Endvidere blev der målt methan i indeluften i kælderen på lokaliteten.

I løbet af monitoringsperioden blev der målt forhøjet indhold af methan i et enkelt af de udendørs målepunkter, og maksimalt blev der målt indhold på 52,4 vol %, hvilket er over den nedre eksplosionsgrænse på 5 vol %. På trods af det høje indhold af methan i poreluften i de udendørs målepunkter, blev der dog ikke i løbet af måleperioden konstateret indhold af methan i poreluften under eller i indeluften i kælderrummene. Det er på baggrund af monitoringsresultaterne vurderet, at der ikke har været risiko for eksplosionsfare i bygningerne på lokaliteten, hvorfor der ikke har været igangsat afværgeforanstaltninger i form af ventilation eller lignende.

1.3 Formål

Formålet med den aktive fase var at fordele substrat, næringsstoffer og dechlorerende biomasse i den forurenede del af kalkmagasinet på lokaliteten og dermed igangsætte oprensning af TCE-forureningen ved stimuleret reduktiv dechlorering. Som udgangspunkt blev den aktive fase drevet indtil substrat og bakterier var jævnt fordelt og dechloreringen var påbegyndt.

Den biologiske barriere havde til hensigt at sikre, at nedsivende forurening fra moræneleret blev nedbrudt og dermed ikke spredt til de nedstrøms vandindvindinger. Den passive fase blev igangsat i forlængelse af den aktive fase, hvor substrat blev tilført til toppen af kalkmagasinet via det passive borings-system umiddelbart efter afslutning af recirkulation via de eksisterende borer. I starten af den passive fase blev det forventet at nedbrydningsaktiviteten i hele fanen fortsatte, således at fuld oprensning først blev opnået i løbet af den passive fase. Reinjektion af substrat er og bliver fortsat udført, når de geokemiske og forureningsmæssige parametre indikerer, at substratniveauet er lavt, dechloreringsaktiviteten dalende og forureningsniveauet stigende. Den passive fase opretholdes indtil der ikke længere udvaskes forurening fra kilden i moræneleret.

Injektionen i moræneleret har haft til hensigt at reducere kildestyrken fra moræneleret til det primære magasin ved at hele eller en stor del af forureningsmassen i moræneleret nedbrydes biologisk eller abiotisk. I kraft af, at kildestyrken reduceres som følge af nedbrydning af forureningen i kildeområdet, forventes driftstiden for oprensningen i kalken at blive forkortet.

1.4 Strategi for stimuleret reduktiv dechlorering

Oprensningen i kalkmagasinet er opdelt i to faser:

- En aktiv fase med oprensning af forureningsfanen i kalkmagasinet
- En passiv fase med opretholdelse af en horisontal biologisk barriere i toppen af kalkmagasinet til nedbrydning af forurening, der udvaskes fra kildeområdet i moræneleret og dermed afskæring af yderligere forureningsspredning fra kildeområdet i moræneleret til det primære magasin

I den aktive fase er tilsat letomsætteligt substrat (natriumlaktat), næringsstoffer og dechlorerende biomasse til stimulering af nedbrydningen af de chlorerede stoffer. Det eksisterende boringssystem fra afværgepumpningen med én nedstrøms ekstraktionsboring og to opstrøms infiltrationsboringer er genanvendt. Substrat- og næringsstofftilførslen er sket kontinuert i hele recirkulationsperioden, mens biomasstillførslen er sket ad 2 gange i den første del af recirkulationsperioden.

I den passive fase vedligeholdes en del af den skabte behandlingszone ved injektion af substrat og næring i en horisontal biologisk barriere i toppen af kalkmagasinet. Den biologiske barriere opretholdes ved periodiske injektioner af substrat og næringsstoffer så længe der fortsat infiltrerer forurenede pore-vand fra moræneleret til det primære magasin. Den passive fase er igangsat i umiddelbar forlængelse af den aktive fase. Da fanen i kalkmagasinet ved udgangen af den aktive

fase er forudsat behandlet, omfatter den biologiske barriere alene arealet i toppen af kalken direkte under kildeområdet i moræneleret. Der anvendes derfor en anden boringskonfiguration i den passive fase end i den aktive fase. Baggrunden for designet af oprensningen i kalkmagasinet er nærmere beskrevet i /10/.

Oprensningen i kildeområdet i moræneleret udføres ved direkte injektion af substrat, næringsstoffer, nulvalent jern og bakterier i moræneleret. Denne oprensning baserer sig således ikke alene på stimulering af den biologiske nedbrydning, men også af den abiotiske reductive nedbrydning.

1.5 Risikoanalyse

Ved implementering af stimuleret reaktiv dechlorering vil der, i lighed med andre afværgestrategier, forekomme nogle risici for afledte effekter. Disse er forud for implementeringen beskrevet og sammenstillet i en risikoanalyse /7/. I risikoanalysen er følgende emner behandlet:

- Substrat
- Akkumulering af nedbrydningsproduktet vinylchlorid
- Methandannelse
- Lugtgener
- Spredning af bakterier nedstrøms behandlingszonen
- Ændring af vandkvalitet og påvirkning af Hellested Vandværk

Hovedtrækkene i risikoanalysen er sammenfattet i det følgende.

Der er tilsat tre forskellige substrat-/næringsstofblandinger. Det er vurderet, at der ikke var risici forbundet med brugen af de valgte blandinger. Tilsætningen af substrat og specifikke dechlorerende bakterier skaber optimale forhold for en fuldstændig nedbrydning af TCE, hvorfor risikoen for ophobning af vinylchlorid er minimal så længe de optimale forhold vedligeholdes. Der er tilsat en specifik dechlorerende bakteriekultur, som udelukkende består af naturligt forekommende bakterietyper. Det er vurderet, at der ikke er risici forbundet med tilsætning af bakterierne.

De grundvandskemiske forhold, der er skabt ved tilsætning af substrat, omfatter methandannelse. Det er derfor vurderet, at der kan være risiko for at methandannelsen ville blive uønsket stor og i værste fald give anledning til risiko for eksplosionsfare. For at imødegå dette, er der løbende monitoreret nær ved og i bygninger og afværgende foranstaltninger er besluttet igangsat, såfremt dette skulle blive aktuelt.

Ændringen af de grundvandskemiske forhold vil endvidere føre til en ændring af vandkvaliteten inden for behandlingszonen, hvor nedbrydningen foregår, bl.a. dannes stoffer med lave lugtgrænser.

I den aktive fase, er der skabt en behandlingszone mellem injektionsboringerne og ekstraktionsboringen på lokaliteten. De reducerede forhold i grundvandet blev holdt inden for dette område på grund af recirkulationen mellem boringerne.

Efter den aktive fase er recirkulationen ophørt og dermed også den hydrauliske kontrol med vandet fra behandlingszonen.

I den passive fase bliver der injiceret substrat i et betydeligt mindre område, direkte under kilden. Behandlingszonen i denne periode, og dermed på lang sigt, udgør således et volumen der svarende til ca. en fjerdedel af behandlingszonen i den aktive fase. Den nedstrøms ekstraktionsboring på lokaliteten er ikke i drift i den passive fase.

Der er således en risiko for at det stærkt reducerede grundvand vil bevæge sig nedstrøms i retning mod afværgepumpningen på Hellested Skole. Da vandet herfra udledes til recipient, er lugt i dette vand uønsket. Risikoen for spredning vil være mest udtalt umiddelbart efter afslutningen af den aktive fase, hvor behandlingszonen var størst og hvor den hydrauliske kontrol ophørte.

Der er tidligere foretaget simuleringer med den grundvandsmodel, der er opstillet for lokaliteten. Simuleringerne, hvor den anaerobe vandkvalitet er simuleret som et konservativt stof og en oppumpning på 10-11 m³/dag fra Hellested skole er anvendt, viste, at det anaerobe vand ville nå Hellested skole efter 30 år i en koncentration på 0,2 % af udgangsniveauet lige efter den aktive fases ophør. Dette svarer til en fortynding på 500 gange. Ved fortynding med mindre reduceret vand vil den samlede grundvandskvalitet blive mindre reduceret og substratkoncentrationerne minimale, hvorfor de strikt anaerobe processer, der skaber den uønskede vandkvalitet forventes at ville ophøre. Den anaerobe vandkvalitet vil således ikke i praksis opføre sig som et konservativt stof, og fortyndingen er forventet at være endnu større end simuleret med modellen.

Det er således vurderet, at der ikke er risiko for uønsket påvirkning af vandet der oppumpes fra Hellested Skole og dermed heller ikke for lugtgener i recipienten, hvortil vandet udledes. Det er ligeledes vurderet, at der ikke er risiko for påvirkning af vandkvaliteten hverken i afværgepumpningen på Hellested Skole eller i indvindingsboringerne til Hellested Vandværk. Boringen på Hellested Vandværk indgår i den løbende monitoring, hvorved en mulig ændring af vandkvaliteten overvåges.

Tidligere modelberegninger har vist, at lokaliteten Hellestedvej 22 ligger uden for indvindingsoplandet til Hellested Vandværk, hvorfor indvindingen ikke er truet af forringet vandkvalitet.

For det tilfælde, at forholdene skulle vise sig væsentlig anderledes end forventet og der på et senere tidspunkt i projektet skulle vurderes at være en risiko for uønsket nedstrøms spredning, ville det fortsat være muligt at genstarte afværgeoppumpningen fra boring 218.1150 på selve lokaliteten, hvorved den hydrauliske kontrol lokalt kan genoprettes. Endvidere vil det være muligt at øge oppumpningen fra Hellested Skole, hvilket ville virke som en yderligere sikkerhed over for indvindingen på Hellested Vandværk. Den passive fase er fortsat efter den sidst afrapporterede monitoringsrunde.

1.6 Rapportering

Nærværende rapport omfatter beskrivelse af implementeringen af oprensningen i kalken i såvel den aktive som den passive fase, herunder entreprenørarbejder til opbygning af recirkulationssystemerne, udførte drifts- og monitoringsaktiviteter samt drift- og monitoringsresultater fra den aktive fase samt den passive fase frem til dag 930 efter start af stimuleret reduktiv dechlorering på lokaliteten.

Overvågningen af methanindholdet i poreluft og indeklima i kælderrum på lokaliteten er afrapporteret særskilt og er således ikke inkluderet i nærværende rapport, ligesom oprensningen i kildeområdet i moræneleret, resultater fra monitoring i sandlaget samt dokumentationsprøver udtaget fra boringer i moræneleret ikke er en del af nærværende rapport.

2. Anlæggets opbygning

For etablering af en biologisk aktiv zone ved stimuleret reduktiv dechlorering i kalkmagasinet på lokaliteten Hellestedvej 22 blev der projekteret og etableret et afværgeanlæg på lokaliteten for drift i hhv. den aktive og passive fase.

Et oversigtskort for lokaliteten med placering af såvel ekstraktions- som injektionsboringer, monitoringsboringer (boring på Hellested skole udtaget) samt vandbehandlingsanlæg i den aktive fase, er vist i Figur 4.

Anlæg, aktiv fase

Anlægget i den aktive fase bestod af 1 ekstraktionsboring (DGU nr. 218.1150), hvorfra der blev pumpet primært grundvand til et vandbehandlingsanlæg. I vandbehandlingsanlægget blev der tilsat substrat og næringsstoffer. Fra vandbehandlingsanlægget blev vandet pumpet til reinjektion i grundvandszonen i 2 injektionsboringer (B1/DGU nr. 218.1152, B2/DGU nr. 218.1151). For overvågning af anlæggets funktion blev der udover de nævnte ekstraktions- og injektionsboringer anvendt 14 tidligere etablerede boringer (K1-K11 samt 218.21, 218.21a, 218.21b samt boring på Hellested skole).

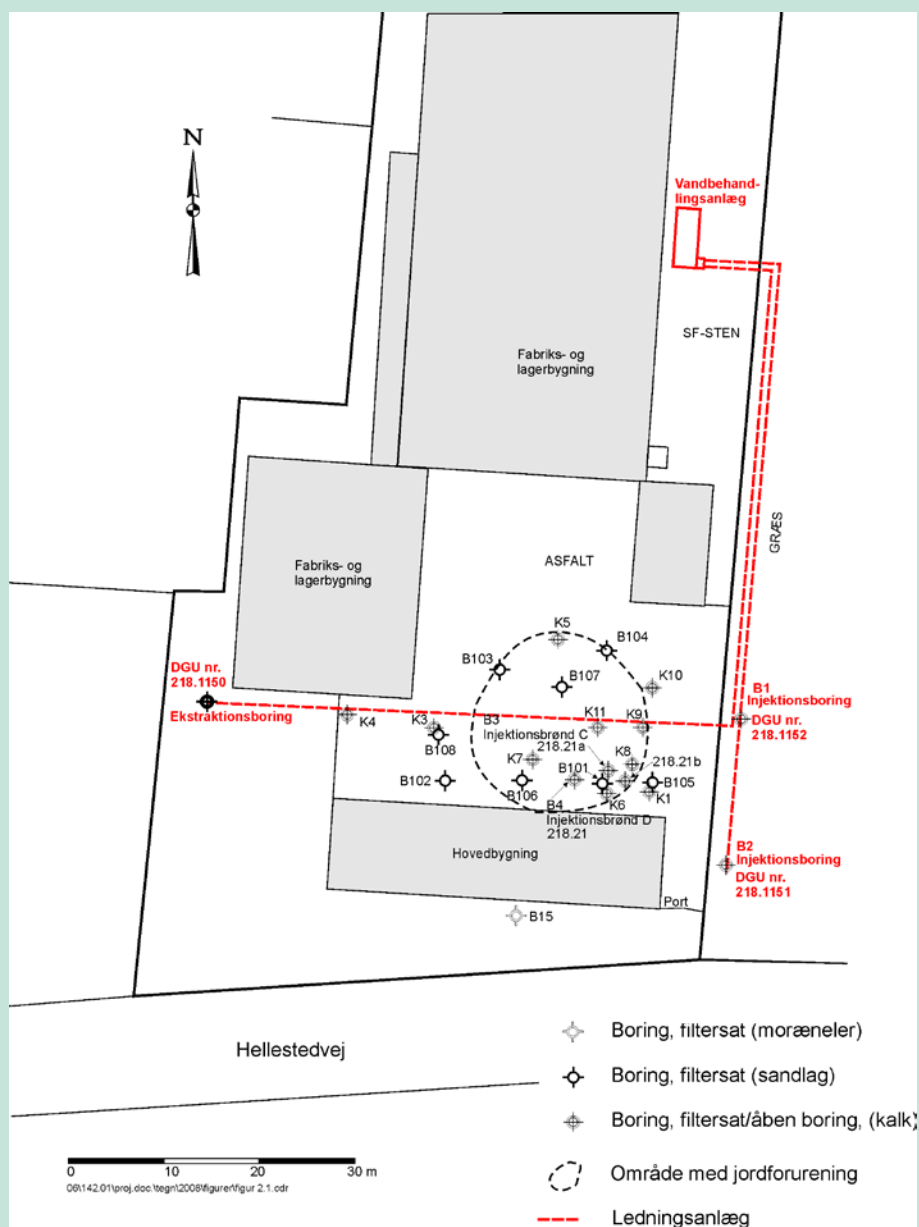
Vandbehandlingsanlægget var placeret i en 20' container. Containeren indeholdt sandfilter, substrat- og næringsstoffodosing samt 2 kulfiltre. I forlængelse af vandbehandlingsanlægget var en buffertank for skyllevand (25 m³) placeret.

Ved opstart af den aktive fase blev der injiceret dechlorerende bakterier af typen Dehalococcoides Ethenogenes (DHC) i det primære grundvand. Bakterierne (Bioclear Mixed Culture, Bioclear, NL) blev injiceret direkte i injektionsboring B1 og B2.

Efter injektion af bakterier, blev der oppumpet vand (ca. 2 m³/t) til vandbehandlingsanlægget. I vandbehandlingsanlægget blev vandet filtreret i et sandfilter inden der blev tilsat substrat og næringsstoffer til vandstrømmen for vedligeholdelse af den bakteriekultur, der blev injiceret i grundvandszonen.

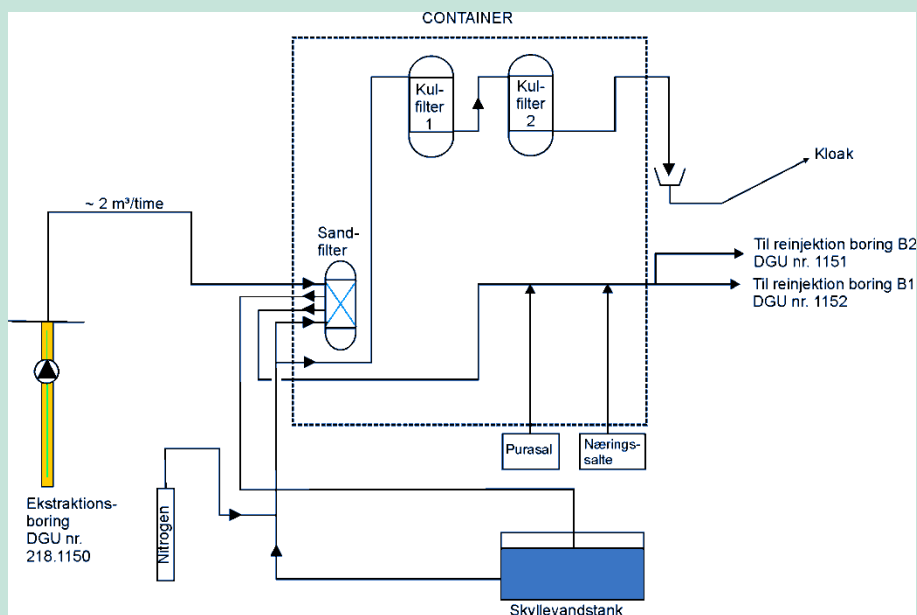
Efter gennemløb i vandbehandlingsanlægget blev vandet ledt til injektionsboringerne.

Som substrat i den aktive og passive fase blev PURASAL ®S (natriumlaktat) anvendt. Som næringsstoffer (N og P) blev tilsat en blanding af ammoniumchlorid (N) og natriumtripolyfosfat (P). Efter afslutning af den aktive fase blev anlægget for den passive fase sat i drift.



FIGUR 4
OVERSIGTSKORT. PLACERING AF ANLÆG (AKTIV FASE)

Et simpelt PI-diagram for vandbehandlingsanlægget er vist i Figur 5.



FIGUR 5
SIMPELT PI-DIAGRAM FOR VANDBEHANDLINGSANLÆG (AKTIV FASE)

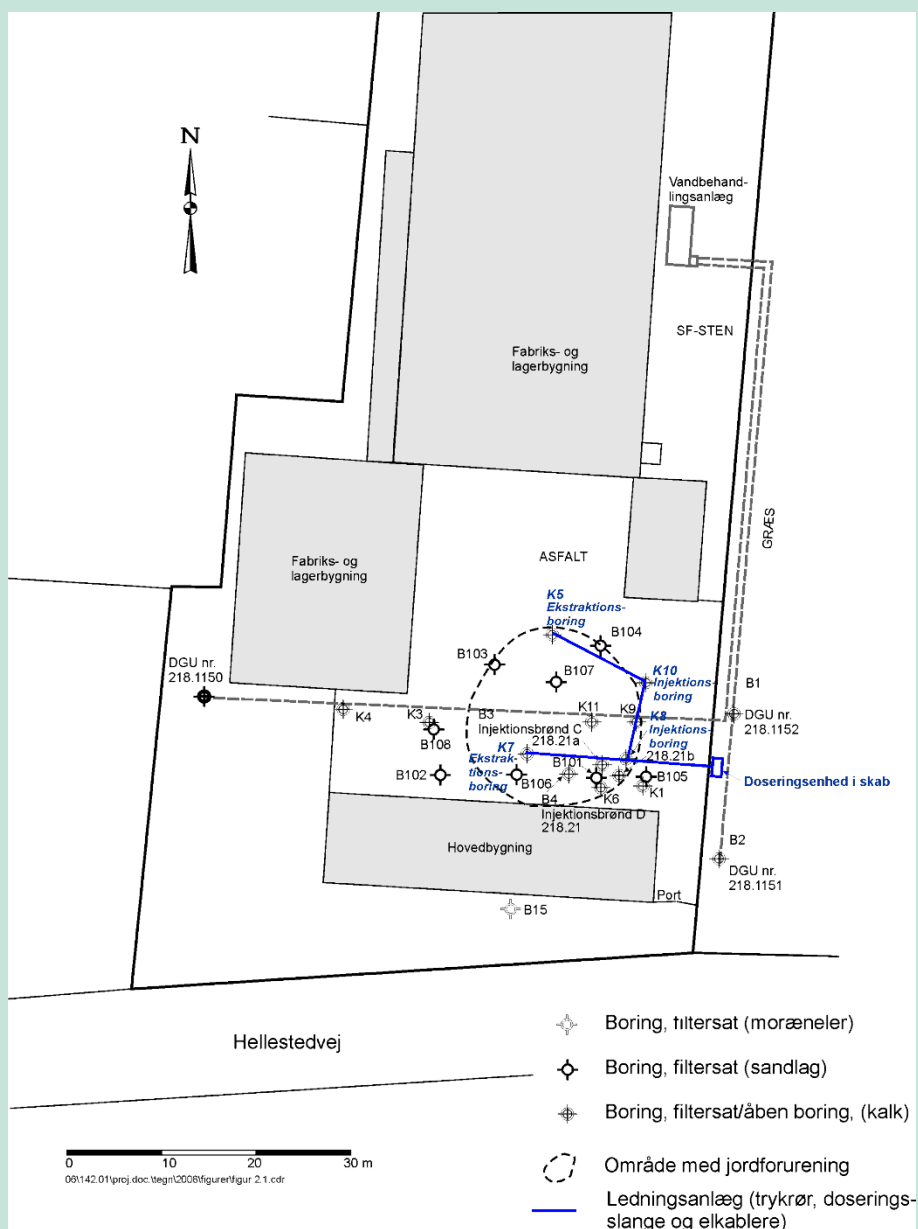
Anlægget i den passive fase bestod af 2 ekstraktionsboringer (K5 og K7), hvorfra der skiftevis blev pumpet primært grundvand til reinjektion i 2 injektionsboringer (K8 eller K10). Fra en doseringsenhed blev substrat og næringsstoffer tilsat løbende til vandstrømmen i injektionsboringerne.

Anlæg, passiv fase

Doseringsenheden var placeret i et skab, placeret øst for hegn ved indkørsel fra Hellestedvej. I 1. injektion i den passive fase blev der injiceret dechlorerende bakterier af typen Dehalococcoides Ethenogenes (DHC) i det primære grundvand. Bakterierne (KB-1® Culture, SiREM, CA) blev injiceret direkte i injektionsboring K8 og K10.

For overvågning af anlæggets funktion blev de samme monitoringsboringer anvendt som i den aktive fase. Ekstraktionsboringen fra den aktive fase blev efterfølgende anvendt som monitoringsboringer.

Et oversigtskort for lokaliteten med placering af såvel ekstraktions- som injektionsboringer, monitoringsboringer (boring på Hellested skole undtaget) samt doseringsenhed for den passive fase, er vist i Figur 6.



FIGUR 6
OVERSIGTSKORT. PLACERING AF ANLÆG (PASSIV FASE)

I det næste kapitel (3) er entreprenørarbejder i forbindelse med etablering af anlægget i den aktive og passive fase beskrevet, mens drift- og monitoringsprogram er beskrevet i kapitel 4.

3. Entreprenørarbejder

3.1 Generelt

For etablering af anlægget i den aktive fase blev der gennemført en ombygning af det eksisterende afværgeanlæg på lokaliteten. Det eksisterende anlæg blev etableret for afværgepumpning/hydraulisk fiksering af den kortlagte forurening med chlorerede opløsningsmidler i det primære grundvandsmagasin. Det eksisterende afværgeanlæg bestod af 1 ekstraktionsboring (DGU nr. 218.1150), hvorfra der blev pumpet primært grundvand til et vandbehandlingsanlæg.

Vandbehandlingsanlægget var placeret i en 20' container. I vandbehandlingsanlægget blev det oppumpede vand filtreret i et sandfilter inden det blev rensset i 2 serieforbundne kulfiltre. Efter rensning blev det oppumpede vand ledt til reinjektion i 2 injektionsboringer (B1/DGU nr. 218.1152, B2/DGU nr. 218.1151) samt 2 injektionsbrønde (B3/DGU nr. 218.21a, B4/DGU nr. 218.21).

I forbindelse med etablering af anlægget for den aktive fase blev vandbehandlingsanlægget ombygget og der blev foretaget mindre ændringer i injektionsboring B1 og B2. Alle andre installationer fra det eksisterende afværgeanlæg blev genanvendt. Ledningsføring frem til injektionsbrønd B3 og B4 blev blokeret, så der alene blev injiceret vand til injektionsboring B1 og B2.

Afværgeanlægget for den passive fase blev etableret med udgangspunkt i de allerede etablerede boringer K5, K7, K8 og K10 samt strømforsyningen til det eksisterende afværgeanlæg.

For udformning af anlægget i den aktive fase henvises til Figur 4 og Figur 5. For udformning af anlægget i den passive fase henvises til Figur 6 samt som udført tegning 02-04 i bilag 1.

Entreprenørarbejdet blev udført i to hovedentrepriser for hhv. "Ombygning af anlæg" /1/ og "Bestykning af boringer og etablering af ledningsanlæg mv." /2/. Begge entrepriser blev udført med Arkil A/S som entreprenør. NIRAS har i forbindelse med entreprisen varetaget det miljøtekniske og anlægstekniske tilsyn.

Ombygning af det eksisterende afværgeanlæg for den aktive fase blev udført i maj 2008, mens bestykning af boringer og etablering af ledningsanlæg mv. for den passive fase blev udført i september og oktober 2008.

Nedenfor er arbejderne i forbindelse med ombygning af det eksisterende afværgeanlæg i den aktive fase beskrevet. Efterfølgende er arbejder vedr. bestykning af boringer og etablering af ledningsanlæg mv. i den passive fase beskrevet.

3.2 Ombygning af eksisterende afværgeanlæg (aktiv fase)

Ved ombygning af det eksisterende afværgeanlæg har arbejderne omfattet etablering af doseringssystem og skyllesystem i vandbehandlingsanlægget samt ændring af bestykning i injektionsboring B1 og B2.

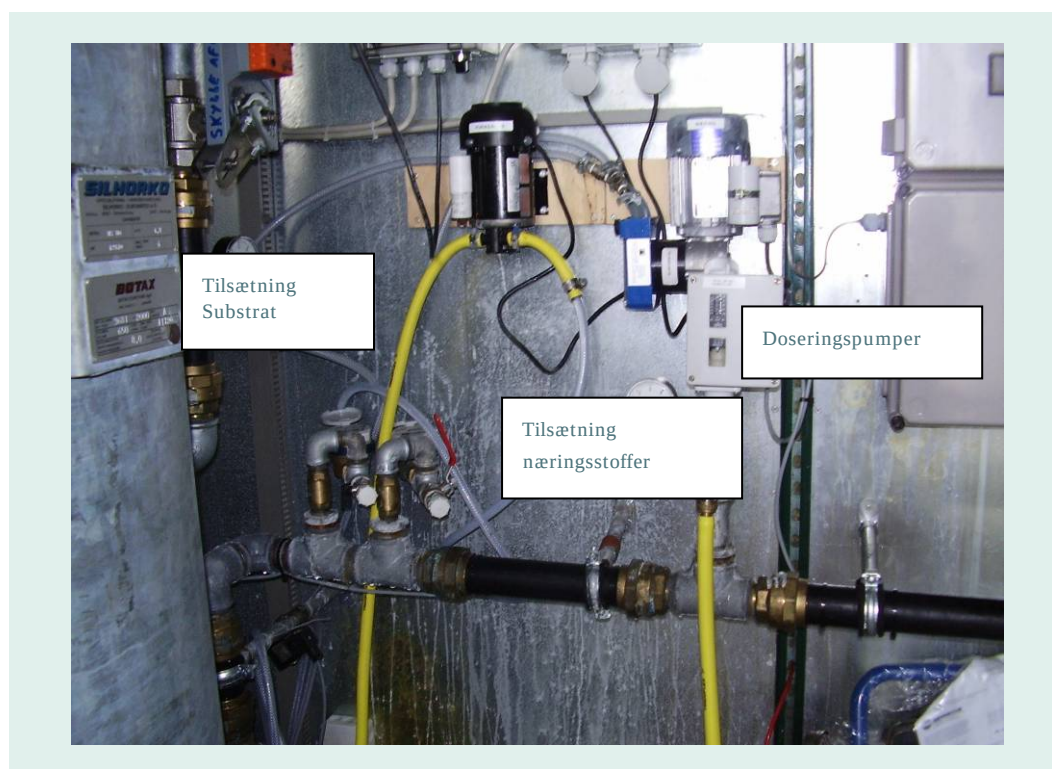
3.2.1 Doseringssystem

For tilsætning af substrat og næringsstoffer til det oppumpede vand blev der etableret et doseringssystem i vandbehandlingsanlægget. Der blev installeret 2 separate doseringspumper, der via timere doserede substrat og næringsstoffer til den oppumpede vandstrøm inden reinjektion.

For kontrol af tilsætningsmængderne blev der installeret vandure.

Dosering af substrat og næringsstoffer skete fra 1 m³ palletanke, der var placeret uden for vandbehandlingsanlægget. Fotos af doseringssystem til substrat og næringsstoffer fremgår af Billede 1.

Doseringspumper



Billede 1 Doseringssystem, substrat og næringsstoffer (aktiv fase)

3.2.2 Skyllesystem

For automatisk returskyl af sandfilter blev skyllesystemet ombygget.

På det eksisterende anlæg blev returskylning tidligere foretaget ved manuel omstilling af ventiler efter, at afværgepumpningen blev midlertidigt stoppet. Efter omstilling af ventiler blev returskylningen gennemført med eksternt leveret vand fra eksempelvis brandbil eller lignende. Det anvendte skyllevand blev efterfølgende opsamlet med slamsuger.

Ved ombygning af anlægget blev styringen af anlægget ændret så returskylningen skete automatisk. Returskylningen blev reguleret af en timer, der ved returskylning automatisk stopper afværgepumpningen. Der blev monteret ventiler på rørføringen på til- og afgang fra sandfilter for hhv. oppumpet vand og skyllevand. Ventilerne blev omstillet automatisk ved returskylning, så til- og afgang for oppumpet vand var lukket, mens der blev åbnet for til- og afgang for skyllevand.

Automatisk returskyl

Som skyllevand blev oppumpet råvand fra afværgeboringen afvendt. Skyllevandet blev oppumpet til en 25 m³ skyllevandstank. Skyllevandstanken var placeret i forlængelse af vandbehandlingsanlægget. Fra skyllevandstanken blev skyllevandet med en skyllevandspumpe automatisk pumpet gennem sandfilteret. For at effektivisere returskylningen blev der tilsat nitrogen til skyllevandet.

Det brugte skyllevand blev ledt retur til skyllevandstanken. Skyllevandstanken var opdelt i to kamre, hvor det brugte skyllevand blev ledt til det ene kammer for sedimentering af urenheder inden det blev anvendt igen.

Efter endt brug af skyllevandet blev skyllevandet ledt gennem de 2 serie-forbundne kulfiltre for rensning af eventuelle forureningskomponenter inden det blev udledt til kloak.

Ud over de alarmer og dataopsamling, der var indeholdt i det eksisterende anlæg, blev der monteret 2 stk. pressostater til måling af tryk før og efter sandfilter. Der blev indarbejdet alarm for højt tryk før og efter sandfilter i anlæggets SRO-system. Foto af skyllevandstank og skyllevandspumpe fremgår af Billede 2.



Billede 2 Skyllevandstank og skyllevandspumpe (aktiv fase)

3.2.3 Ændring af bestykning i injektionsboring B1 og B2

I injektionsboring B1 og B2 blev borerørsafslutningen ændret ved montering af et $\varnothing 25$ mm stigrør, der blev ført ned under vandspejlet. $\varnothing 25$ mm stigrør blev ført tæt gennem flangen og der blev over flangen monteret et T-stykke, hvor den vandrette tilgang blev tilsluttet rørføringen fra vandbehandlingsanlægget, mens den lodrette tilgang blev forlænget til umiddelbart under dæksel i

brønd, hvor der blev monteret en kugleventil. Forlængelsen kunne eksempelvis anvendes i forbindelse med bakterietilsætning eller lign. På flangen blev der desuden monteret et pejlerør, der blev forlænget til umiddelbart under dæksel i brønd. Foto af ændret bestykning i injektionsboringer fremgår af Billede 3.



Billede 3 Ændret bestykning af injektionsboringer (aktiv fase)

3.3 Bestykning af boringer og etablering af ledningsanlæg mv. (passiv fase)

Ved etablering af afværgeanlægget for den passive fase har arbejderne omfattet følgende:

- Arbejdsplads mv.
- Etablering af brønde mv.
- Ledningsarbejder
- Skab med doseringsenhed
- EL-arbejder

Der henvises i øvrigt til som udført tegning 02-04 i bilag 1.

3.3.1 Etablering af brønde mv.

De eksisterende boringer K5, K7, K8 og K10 blev bestykket.

K5 og K7 er anvendt som ekstraktionsboringer, mens K8 og K10 er anvendt som injektionsboringer.

Omkring ekstraktionsboringerne K5 og K7 samt injektionsboring K10 blev der etableret betonbrønde $\varnothing 1000$ mm med armeret betondæk. Brøndene er uden fast bund. Brøndene blev monteret med tætte $\varnothing 600$ mm dæksler i flydende karm.

Omkring injektionsboring K8 blev der etableret betonbrønd $\varnothing 1250$ mm med armeret betondæk. Brønden er uden fast bund. Brønden blev monteret med tæt $\varnothing 600$ mm dæksel i flydende karm.

Ekstraktionsboringerne i brøndene blev bestykket med følgende hovedkomponenter:

- Dykpumpe (1 stk. flyttes mellem K5 og K7)
- Stigrør inkl. borerørsafslutning (1 stk. flyttes mellem K5 og K7)
- Afgangsrør monteret med overgang for montage af dykpumpe, stigrør og borerørsafslutning
- Afspærringsventil og aftaphane

Injektionsboringerne blev i brøndene bestykket med følgende hovedkomponenter:

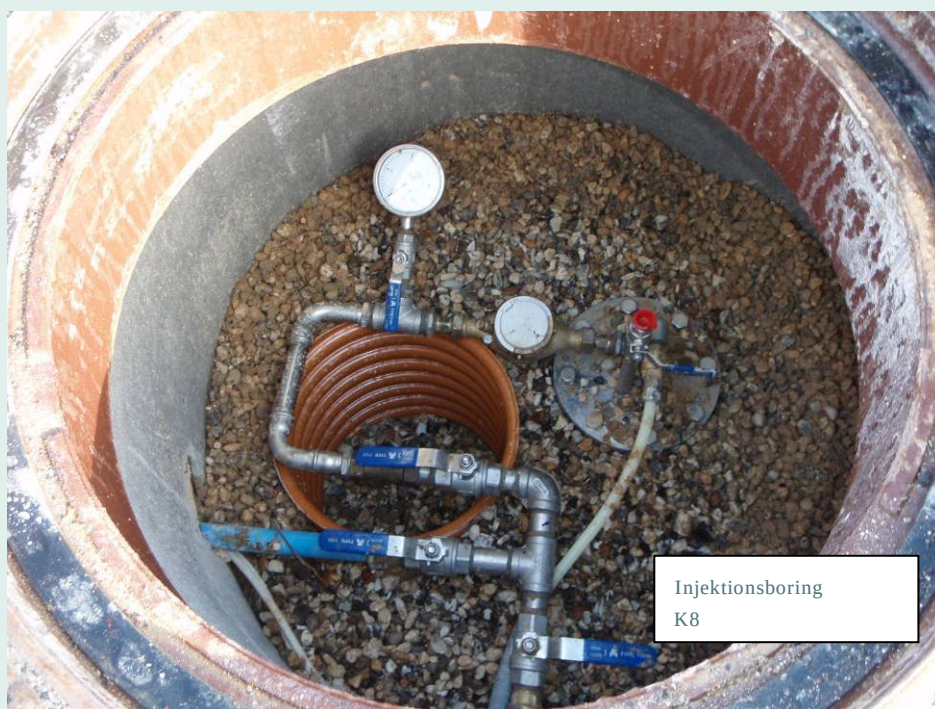
- Vandmåler
- Manometer
- Afspærringsventiler
- Borerørsafslutning
- Stigrør
- Pejlerør

I brønde for ekstraktionsboringer blev brønddæksel og top af prop på boring nivelleret. I brønde for injektionsboringer blev brønddæksel og pejlestuds på borerørsafslutning nivelleret.

I alle brønde blev der etableret pumpesump og der blev udlagt ærtesten for at hæve bund af brønde.

På nedenstående Billede 4 er vist foto af bestykning af ekstraktions- og injektionsboring.

På som udført tegning 04 i bilag 1 er vist boringsopbygning og indretning i plan og snit for ekstraktionsboring (K7) og injektionsboring (K10). En skematisk indretning i planen af alle ekstraktions- og injektionsboringer fremgår af som udført tegning 02 i bilag 1.



Billede 4 Bestykning af ekstraktions- og injektionsboringer (passiv fase)

3.3.2 Ledningsarbejder

Mellem ekstraktions- og injektionsboringer blev der etableret et ledningsanlæg under terræn. Ledningsanlægget består af trykleddninger fra ekstraktionsboringerne frem til injektionsboringerne. Derudover blev der etableret en doseringsslange under terræn fra skab med doseringsenhed frem til injektionsboringerne.

Doseringsslange

3.3.3 Skab med doseringsenhed

For dosering af substrat til injektionsboringerne blev der etableret et skab med en doseringsenhed. Skabet er et "el-skab" med dimensionerne (højde x bredde x dybde) 1000 x 800 x 400 mm. Skabet var rustbeskyttet og vandtæt. Skabet var monteret med låsecylinder for Rukolås 6 stift, se billede 5.

Skab med doseringsenhed var placeret på den østlige side af hegnet ud for boring K8 på det areal, som bygherren har rådighed over.

Inde i skabet var der monteret en doseringspumpe af typen Seko teknaEVO. Doseringspumpen blev monteret PE-slanget for ansugning samt dosering. PE-slange for ansugning blev ført i kabelrør under skabet. Kabelrøret blev monteret med prop uden for skabet. Prop kunne afmonteres ved brug af PE-slange for ansugning. PE-slange blev trukket gennem kabelrør og frem til pumpemedie ved brug. Senere blev membrandoseringspumpen udskiftet med en tandhjulspumpe som Fluid-o-Tech MG300 serie med tilhørende motor. Foto af skab med doseringsenhed fremgår af billede 5, mens som udført tegning 03 er vedlagt i bilag 1.

Doseringspumpe



Billede 5 Skab med doseringsenhed (passiv fase)

Detaljer omkring opgravning og deponering af forurenet jord, tilfyldning retablering samt EL- og SRO arbejder er beskrevet i /13/

4. Drifts- og moniteringsprogram

4.1 Driftsprogram aktiv fase – oprensning i kalkmagasinet

I den aktive fase er den naturlige nedbrydning af de chlorerede stoffer stimuleret ved, at der i det aktive anlæg er tilført substrat, næringsstoffer og dechlorerende bakteriekultur til det primære kalkmagasin. Som substrat er der anvendt PURASAL®S (natriumlaktat), mens ammoniumchlorid og natriumpolyfosfat er anvendt som hhv. N og P næringsstofkilde. Den dechlorerende bakteriekultur (Dehalococcoides Ethnogenes) er leveret af Bioclear (Bioclear Mixed Culture, Bioclear, NL).

Anlægget i den aktive fase bestod af 1 ekstraktionsboring (DGU nr. 218.1150), hvorfra der blev pumpet primært grundvand til et vandbehandlingsanlæg. I vandbehandlingsanlægget blev vandet ledt gennem et sandfilter, hvorefter substrat og næringsstoffer blev tilsat. Fra vandbehandlingsanlægget blev vandet pumpet til reinjektion i grundvandszonen i 2 injektionsboringer (B1/DGU nr. 218.1152, B2/DGU nr. 218.1151). Anlægget i den aktive fase blev sat i drift den 29. maj 2008 og blev drevet frem til den 13. november 2008.

Desuden blev der efter ca. 1 måneds drift af den aktive fase injiceret dechlorerende bakterier (Dehalococcoides Ethnogenes (DHC)) direkte under grundvandsspejlet i de to injektions-boringer (B1 DGU nr. 218.1152 og B2 DGU nr. 218.1151).

4.2 Driftsprogram passiv fase – reinjektion i toppen af kalkmagasinet

Den passive fase strækker sig fra november 2008 og frem. Nærværende rapport omhandler første del af den passive fase, fra november 2008 til december 2012. I denne periode er der injiceret substrat og bakterier i efteråret 2008 samt substrat alene i efteråret 2009 og efteråret 2010. Der er desuden udført 9 monitoringsrunder i løbet af den første del af den som diskuteres i nærværende rapport. En oversigt over perioder med injektion samt monitoringsrunder er vist i Tabel 3.

Det bemærkes, at der ifbm. et pumpeforsøg til design af boringskonfigurationen for den passive fase udført i november 2007 blev injiceret i alt 2 m³ EOS i kalken under kildeområdet. Pumpeforsøget er beskrevet i /3/. EOS injektionen blev således udført 7 måneder inden opstart af den aktive fase.

4.2.2 Passiv fase 2009 og 2010 – injektion i toppen af kalkmagasinet

Anlægget i den passive fase i 2009 og 2010 bestod af ekstraktionsboring K7, hvorfra der blev pumpet primært grundvand til reinjektion i injektionsboringen K10 og injektionsboringen K8. Fra en doseringsenhed blev substrat og næringsstoffer løbende tilsat vandstrømmen i injektionsboringerne.

Ved injektionerne i den passive fase fra 2009 til 2010 blev injektionerne foretaget i to perioder, hhv. oktober 2009 (loop 1) og oktober-november 2010 (loop 2-4) (Tabel 3). Reinjektionen i 2009 var planlagt til at omfatte alle 4 loops. Imidlertid gav det kolde vejr problemer ifbm. injektionen og der påvistes en utæthed i injektionsboring K10, hvorfor alene loop 1 blev gennemført. I foråret-sommeren 2010 blev K10 først forsøgt tætnet og dernæst opboret og genetableret et par meter fra den oprindelige placering, hvorpå ledningsføringerne til og fra K10 blev omplaceret. Herefter blev reinjektionens sidste del (loop 2-4) gennemført i efteråret 2010.

Som substrat blev en blanding af EOS (emulgeret sojabønneolie) og mindre mængder af PURASAL®S (natriumlaktat) anvendt, mens vitamin B12 blev tilsat som næringsstofkilde.

I den passive fase i 2009 (1.oktober til 29. oktober (loop 1) blev der i alt tilsat 800 liter substrat (600 liter EOS og 200 liter purasal). I den passive fase i 2010 blev der i perioden 6.oktober til 13. oktober (loop 2-loop 4) totalt tilsat 1200 liter substrat (800 liter EOS og 400 liter purasal).

Årsagen til skift i substrattype ifht. injektionen i 2008, hvor der udelukkende blev anvendt PURASAL®S skyldes, at EOS grundet sin sorberende egenskaber som olie har en længere levetid end PURASAL®S i grundvandsmagasinet. En blanding af EOS og laktat (PURASAL®S) blev således anvendt for både at udnytte PURASAL®S' s egenskaber som let-tilgængelig substrattype sammen med EOS' egenskab som længerevarende substrattype. Formålet med tilførslen af laktat var dermed at kickstarte nedbrydningen af EOS og dermed tilgængeligheden af substrat for de dechlorerende bakterier.

Ved brug af den længerevarende EOS forventes frekvensen af fremtidige reinjektioner at kunne minimeres.

Reinjektionerne i 2009 og 2010 blev udført af NIRAS og ARKIL i samarbejde. Borningsrenoveringen blev udført af Arkil og S.E.G.

4.3 Monitoringsprogram aktiv og passiv fase

Effekten af afværgeforanstaltningerne blev overvåget ved vandprøvetagning i udvalgte boringer i kalken. Monitoringsprogrammet for den aktive og passive fase er vist i Tabel 3. Som det ses af tabellen er programmet løbende justeret i hht. de indkomne resultater. Der monitoreres fortsat halvårligt på lokaliteten.

Følgende parametre er medtaget i monitoringsprogrammet:

- Chlorerede ethener og nedbrydningsprodukter til belysning af afværgeeffekten.
- Ethen og ethan til belysning af nedbrydningen
- NVOC (non volatile organic carbon, dvs. ikke flygtigt organisk kulstof) til belysning af substratfordelingen
- Dehalococcoides (dechlorerende bakterier) til belysning af fordeling og vækst af biomasse
- Redoxparametre (inkl. nitrat, sulfat og methan) til belysning af redoxforholdene
- Felt-målinger (ilt, pH, redoxpotentiale, ledningsevne og temperatur) til belysning af grundvandskvaliteten

I en enkelt monitoringsrunde i den passive fase (26.-27. maj 2009, dag 376) er flygtige syrer medtaget til vurdering af omsætningen af substrat.

De kemiske analyser er udført akkrediteret af MILANA, mens analyse for dechlorerende bakterier er udført af Bioclear, Holland. Ethen og ethan er dog i monitoringsrunden den 26.-27. maj 2009 samt i alle efterfølgende monitoringsrunder analyseret af Bioclear, Holland, idet der var tvivl om, hvorvidt MILANAs analysemetode undervurderede indholdet af disse to stoffer.

Tabel 3: Monitoringsprogram for **aktiv fase** og **passiv fase** samt oversigt over perioder med **injektion**.

Dage: Dage efter start af aktiv fase. **Afv.:** boring 218.1150. **HS:** boring på Hellested Skole.
Analyseparametre: **X:** Feltmålinger, chlorerede stoffer + nedbrydningsprodukter, eten + ethan, redoxparametre inkl. methan og NVO. **Y:** Dechlorerende bakterier (Dhc). **Z:** flygtige syrer

Dato	Dage	Afv	K1	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	HS
14/5 - 15/5 2008	-14		xy	Xy	xy	xy	xy	Xy	xy	xy	xy	xy	
29/5 2008	0	Opstart aktiv fase Injektion af substrat, næringsstoffer og bakterier i kalkmagasin											
24/6 og 27/6 2008	29	xy		X	xy	x		Xy				x	xy
23-24/7 2008	56	xy		X	xy	x		Xy				x	x
18-19/8 2008	82	xy		X	xy	x		Xy				x	x
15-16/9 2008	109	xy		Xy	xy	xy	xy	Xy				xy	x
13/10 2008	137	xy		X	xy	x		Xy				x	x
10-11/11 2008	166	xy		Xy	xy	xy	xy	Xy				xy	xy
14/11-11/12 2008	169-196	Opstart af passiv fase Injektion 1 - substrat (PURASAL), næringsstoffer og bakterier (KB1) Loop 1-4											
18/12 2008	203	xy		Xy	xy	xy	xy	Xy		xy		xy	
20/1 2009	237	xy		Xy	xy	xy	xy	Xy		xy		xy	xy
3/3 2009	279	xy		Xy	xy	xy	xy	Xy		xy		xy	Xy
26-27/5 2009	376	xyz		Xy	xy	xy	xy	Xy	xyz	xyz	xyz	xyz	Xy
29-30/09 2009	489	x		Xy	xy		X	X		xy			Xy
1/10-29/10 2009	490-518	Reinjektion 2 -substrat (EOS + PURASAL), næringsstoffer (vitamin B12) Loop 1											
21/01 2010	602	xy		Xy	xy		xy	Xy		xy			Xy
10/06 2010	742	xy		Xy	xy		xy	Xy		xy			Xy
29/09 2010	853	xy		Xy	xy		xy	Xy		xy			Xy
06/10 – 18/11 2010	860-903	Reinjektion 3 - substrat (EOS + PURASAL), næringsstoffer (vitamin B12) Loop 2- loop 4											
15/12/2010	930	xy		Xy	xy		xy	xy					

5. Driftsresultater

5.1 Aktiv fase

I dette afsnit er driftsresultater iht. driftsprogrammet i kapitel 4 beskrevet. Driftskontrollen er udført af Arkil A/S. Skema for rapportering af den gennemførte driftskontrol er vedlagt i bilag 2.

I driftsperioden fra den 29. maj 2008 til den 13. november 2008 (168 dage) har anlægget generelt kørt uden driftsproblemer. Der har været et enkelt kortvarigt driftsstop i forbindelse med udskiftning af slange i doseringspumpe for PURASAL®S.

Driftssikkerhed

Arkil A/S har generelt ført ugentligt driftstilsyn i driftsperioden. Ved de udførte driftseftersyn er anlægskomponenter efterset og om nødvendigt vedligeholdt eller udskiftet.

Driftstilsyn

5.1.1 Vandmængder i aktiv fase

Gennem driftsperioden i den aktive fase blev der oppumpet omkring 2,1 m³/time fra ekstraktionsboringen til vandbehandlingsanlægget, hvor der pulsvist blev tilsat substrat og næringsstoffer inden det oppumpede vand blev geninfiltreret i grundvandszonen. I alt blev der i driftsperioden oppumpet omkring 8.450 m³ primært grundvand.

Oppumpede vandmængder

Efter pulsvist tilsætning af substrat og næringsstoffer blev det oppumpede vand geninfiltreret i injektionsboring B1/DGU nr. 218.1152 og B2/DGU nr. 218.1151.

Infiltrerede vandmængder

Injektionen blev justeret så der blev injiceret samme vandmængde i de 2 injektionsboringer. Således blev der injiceret omkring 4.230 m³ oppumpet primært grundvand inkl. substrat og næringsstoffer i hhv. B1/DGU nr. 218.1152 og B2/DGU nr. 218.1151.

I den aktive fase blev det eksisterende anlæg ombygget og styringen af anlægget ændret så returskylningen af sandfilteret skete automatisk. Som skyllevand blev afvendt oppumpet primært grundvand. Skyllevandet blev oppumpet til en 25 m³ skyllevandstank. Skyllevandstanken er placeret i forlængelse af vandbehandlingsanlægget.

Skyllevand

Skyllevandet er genanvendt i forbindelse med returskylningen. Således er der alene udledt 25 m³ skyllevand til kloak ved afslutningen af den aktive fase.

Sandfilteret blev returskyllet hver dag kl. 12 i driftsperioden. Ved hver returskylning blev sandfilteret gennemskyllet med 3 m³ vand over en periode på 15 min, svarende til et vandflow på 12 m³/time. Efter ca. 3 min skylning er der tilsat nitrogen til skyllevandet. Nitrogentilsætningen fortsætter i ca. 5 min. Der er tilsat omkring 25 liter nitrogen pr. skylning, svarende til i alt omkring 4,2 m³ nitrogen i hele driftsperioden.

Inden udledning af skyllevandet (25 m³) til kloak ved afslutning af den aktive fase er skyllevandet rensat i kulfiltre. I forbindelse med udledning af skyllevandet til kloak blev der udtaget en vandprøve. Vandprøven er i henhold til tilslutningstilladelsen fra Stevns kommune analyseret for chlorerede opløsningsmidler og deres nedbrydningsprodukter, suspenderet stof og bundfældelige stoffer. Af analysen af skyllevandet fremgår det, at udledningskravene blev overholdt.

Udledningstilladelse og rapportering i henhold til tilslutningstilladelsen er vedlagt i bilag 3.

5.1.2 Injiceret mængde bakterier i aktiv fase

For at skabe den biologisk aktive zone i det primære grundvandsmagasin er der ca. 1 måned efter opstart af den aktive fase injiceret bakterier af typen Dehalococcoides Ethenogenes (DHC) i de to injektions-boringer (B1 DGU nr. 218.1152 og B2 DGU nr. 218.1151). Injektionen er gentaget ca. 14 dage senere. Boringernes placering fremgår af Figur 2 og som udført tegning 02, bilag 1.

Bakterierne er dyrket og leveret af det hollandske firma Bioclear.

De injicerede bakteriemængder med reference til injektionsboringerne fremgår af Tabel 4. Koncentrationen af bakterier i den injicerede bakteriekultur fremgår ligeledes.

TABEL 4: INJEKTION AF BAKTERIER I AKTIV FASE

Dato	Boring	Injiceret mængde bakteriekultur [liter]	Koncentration af bakterier i bakteriekultur [celler/ml]
24-06-2008	B1 (DGU nr. 218.1152)	10	1,1E+9
		5	1,0E+7
		20	5,7E+7
	B2 (DGU nr. 218.1151)	10	1,1E+9
		5	1,0E+7
		20	5,7E+7
10-07-2008	B1 (DGU nr. 218.1152)	10	3,5E+7
		10	2,5E+3
	B2 (DGU nr. 218.1151)	10	1,1E+9
		5	1,0E+7

5.1.3 Injiceret mængde substrat og næringsstoffer i aktiv fase

Som substrat er der i den aktive fase anvendt PURASAL®S. Datablad for PURA-SAL®S er vedlagt i bilag 9. Som næringsstoffer er anvendt en blanding af natriumtripolyphosphat og ammoniumchlorid. Næringsstofferne er opblandet i følgende forhold: 25 kg natriumtripolyfosfat + 50 kg ammoniumchlorid + 1 m³ vand.

Der er tilsat ca. 50 liter substrat en gang i døgnet over en periode på ca. 30 min. I perioden fra start af den aktive fase den 29. maj 2008 og til afslutning af den aktive fase den 13. november 2008 er der tilsat og injiceret omkring 8,9 m³ PURASAL®S, jf. driftsskema for aktiv fase i bilag 2.

Substrat til injektionsvand

Der er tilsat ca. 15 liter næringsstoffer en gang i døgnet over en periode på ca. 10 min. I perioden fra start af den aktive fase den 29. maj 2008 og til afslutning af den aktive fase den 13. november 2008 er der tilsat og injiceret omkring 2,6 m³ næringsstoffer, jf. driftsskema for aktiv fase i bilag 2.

Næringsstoffer til injektionsvand

5.1.4 Kontrol af vandspejl i primært grundvand

For kontrol af vandspejl i det primære magasin under drift af anlægget i den aktive fase samt under den passive fase er der løbende målt vandspejl i ekstraktionsboring, injektionsboringer samt monitoringsboringer i kalken.

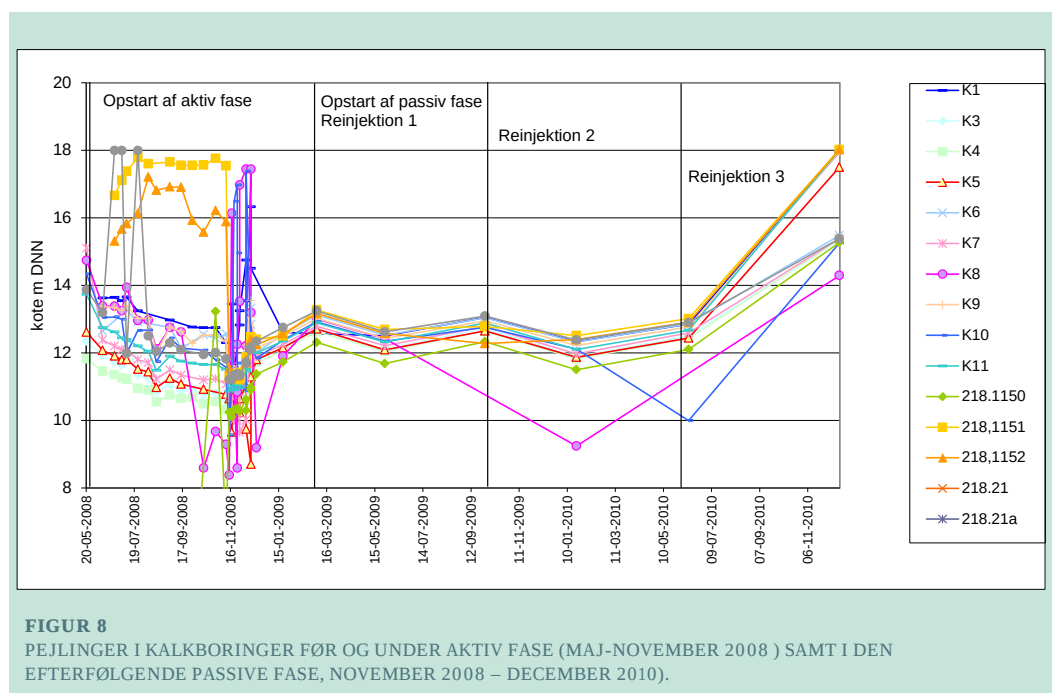
I alt er der gennemført 13 pejlerunder for vandstandskontrol i ekstraktionsboring, injektionsboringer og monitoringsboringer under den aktive fase. Derudover er der udført 6 pejlerunder i den passive fase. Resultater for pejlerunderne er vedlagt i bilag 5.

I nedenstående Figur 8 er vist vandspejlsvariationen i monitoringsboringerne med kontakt til kalken 9,5 – 14,5 m u.t.

Selvom vandspejlet varierer en del i en række af boringerne er der en generel tendens til, at vandspejlet falder gennem driftsperioden for den aktive fase.

Efter afslutning af driften i den aktive fase, hvor oppumpningen og reinjektionen er stoppet, stiger vandspejlet i kalken igen. Undtaget er et par af boringerne (K6 og K9), der er nogle af de monitoringsboringer, som ligger længst væk fra ekstraktionsboringen og hvor der er set den mindste afsenkning under driften af den aktive fase. I lighed med ekstraktions- og injektionsboringerne nærmer vandspejlet i monitoringsboringerne sig kote 12 m DNN, svarende til omkring 6 m u.t. efter afslutning af den aktive fase.

Vandspejlet fluktuerer herefter omkring kote 12 m DNN frem mod næstsidste pejlerunde, dog med fald i vandspejlet til omkring kote 10 m DNN i K8 og K10 i enkelte pejlerunder. Ved den afsluttende pejlerunde stiger vandspejlet i samtlige boringer. Niveauet er ikke længere ens i boringerne. Vandspejlet er målt til mellem 14 og 18 m DNN. Denne stigning vurderes at skyldes generelle vandstandsstigninger i området. Vandstanden i den nedstrøms boring på Hellested skole stiger tilsvarende (se bilag 5).



6. Monitoringsresultater fra aktiv og passiv fase

I præsenteringen af monitoringsresultaterne er fire repræsentative borer udvalgt. Boringerne K3 og K7 er lokaliseret i området med biobarrieren, mens boringerne K4 og Afværgeboringen (218.1150) er lokaliseret nedstrøms barrieren. Samtlige monitoringsresultater og grafisk fremstilling af disse, kan findes i bilag 6.

6.1 Substratudbredelse

NVOC (ikke flygtigt organisk kulstof) er valgt som samleparameter for substratindholdet i grundvandet. NVOC-koncentrationen i udvalgte kalkboringer er vist i Figur 9 for hele monitoringsperioden (aktiv og passiv fase).

Efter den aktive fase (dag 0-dag 166), hvor PURASAL® blev tilført magasinet, blev der observeret en stigning i indholdet af NVOC i kalkboringerne. Indholdet af NVOC toppede ca. dag 140, for herefter at falde støt gennem resten af den aktive fase samt begyndelsen af den passive fase. Omkring dag 350 er et niveau på 10-30 mg/l NVOC målt i boringerne K3, K4 og K7 (se Figur 9). I den resterende del af den passive fase ses indholdet af NVOC fortsat at falde støt mod slutningen af monitoringsperioden (dag 930 – 2 år og 6 mdr.). Der observeres således ikke nogen stigning i indholdet af NVOC som følge af de to reinjektionsrunder i den passive fase hhv. efterår 2009 og 2010. Det samme mønster ses for de øvrige kalkboringer. I boringerne K5 og K11, der er placeret mere perifert, er koncentrationsforløbet for NVOC det samme som i boring K3, dog med et mindre maksimalt indhold af NVOC. Koncentrationsforløbet for NVOC kommenteres i det følgende.

Koncentrationsudviklingen i boring 218.1150 (Afv), der er lokaliseret nedstrøms barrieren, adskiller sig fra de øvrige borer, idet NVOC-indholdet efter en initial stigning til 79 mg/l dag 29 igen falder og stagnerer på et niveau omkring 20 mg/l indtil afslutningen af den aktive fase. Efter injektion ved opstart af den passive fase ses en markant stigning i koncentrationsniveauet, til ca. 140 mg/l (dag ca. 240), hvorefter koncentrationen falder igen til samme niveau som i de øvrige borer. Der observeres således et støt fald i indholdet af NVOC mod slutningen af monitoringsperioden.

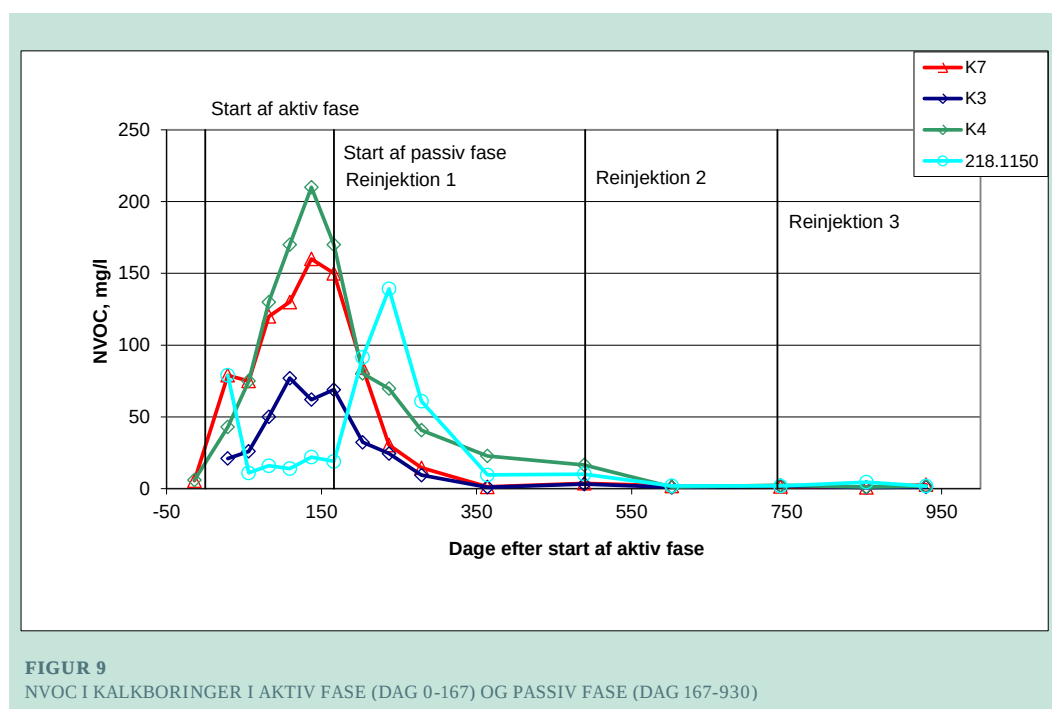
Årsagen til at billedet er anderledes i boring 218.1150 er, at boringen fungerer som ekstraktionsboring i den aktive fase og at der derfor i denne periode trækkes vand til boringen både fra den opstrøms, substrat-påvirkede del af magasinet, men også fra den nedstrøms del af magasinet, der ikke er påvirket af substratinjektionen. Det analyserede vand er således blandingsvand fra alle retninger omkring ekstraktionsboringen.

Ved den afsluttende monitoring dag 930 er der i samtlige kalkboringer på nær K6 målt indhold af NVOC mellem 1 og 5 mg/l. Det målte høje indhold af NVOC på 92 mg/l i K6 dag 930 kan ikke umiddelbart forklares. Indholdet ved de øvrige monitoringsrunder er på niveau med de øvrige borer. Ved monitoringsrunden, udført i maj 2009, blev der analyseret for flygtige syrer i fem udvalgte borer (218.1150, K8, K9, K10 og K11) med henblik på vurdering af sammensætningen af substratet i systemet samt af, hvorvidt NVOC medtager disse stoffer i analysen. Der blev ikke påvist

indhold af flygtige syrer i nogen af borerne. Erfaringer fra tidligere feltprojekter med stimuleret reaktiv dechlorering /11, 12/ viser god overensstemmelse mellem indhold af flygtige organiske syrer og NVOC. Således vil indhold af flygtige syrer afspejles i NVOC-koncentrationen.

NVOC resultaterne viser, at substratet er blevet spredt inden for det behandlede område af kalkmagasinet og at der er opnået høje koncentrationer. Imidlertid er koncentrationsniveauet relativt hurtigt faldet igen og et lavt og faldende indhold observeres fortsat efter gentagne reinjektioner af substrat.

Årsagerne til de faldende og lave indhold af NVOC kan være: a) substratet er skyllet ud af systemet, b) substratet er forbrugt til reduktion af elektronacceptorer og forureningskomponenter og/eller c) substratet er diffunderet ind i kalkmatrix. Hvad årsagen vurderes at være, bliver diskuteret senere i kapitlet.



FIGUR 9
NVOC I KALKBORINGER I AKTIV FASE (DAG 0-167) OG PASSIV FASE (DAG 167-930)

6.2 Dechlorerende biomasse

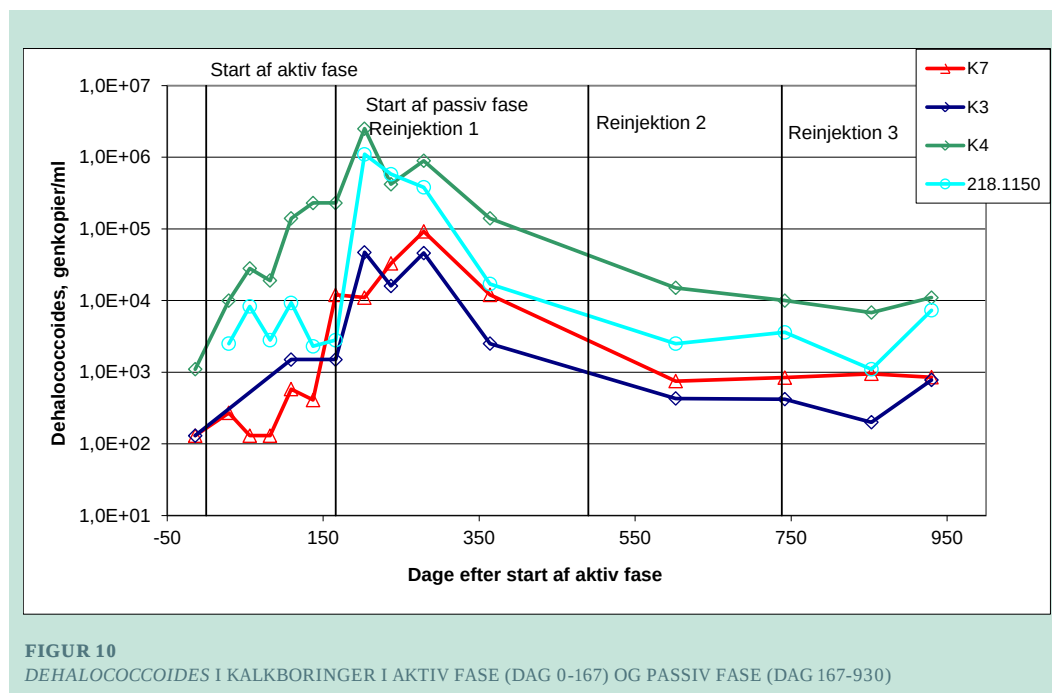
Koncentrationen af dechlorerende bakterier, Dehalococcoides (DHC), i de fire repræsentative kalkboringer er afbildet i Figur 10. Graf med resultater for samtlige kalkboringer er vedlagt i bilag 6. Før opstart af den aktive fase var indholdet af Dehalococcoides under detektionsgrænsen på $1,3 \cdot 10^2$ celler/ml i størstedelen af borerne, mens der i boring K4 var et indhold på $1,1 \cdot 10^3$ celler/ml.

Moniteringsresultaterne viser, at DHC-koncentrationen i monitoringsboringerne stiger jævnt i løbet af den aktive fase med det højeste niveau i boring K4, beliggende nedstrøms biobarrieren. Efter bakterieinjektionen i den passive fase i 2008 (dag 169-196) ses koncentrationsniveauet at stige med omkring en størrelsesorden for at nå det maksimale niveau på mellem 10^4 og $5 \cdot 10^6$ celler/ml, hvilket svarer til en høj dechloreringsaktivitet. Herefter ses koncentrationerne overordnet at falde gennem resten af monitoringsperioden til ca. en størrelsesorden højere end baseliniveauet.

Ved den sidst viste monitoring dag 930, er der således målt indhold på mellem 10^2 til 10^4 celler/ml. Resultaterne viser ikke nogen umiddelbar respons efter reinjektion af substrat i efteråret 2009 (dag 490-518). Dog ses en stigning i koncentrationen på knapt en størrelsesorden mellem næstsidste og

sidst viste monitoring i borerne K3 og 218.1150 (Afv). Det er muligt, at denne stigning skyldes den sidste substrat reinjektion i efteråret 2010.

Koncentrationsudviklingen i boring 218.1150, hvorfra der pumpes i den aktive fase, er igen forskellig fra de øvrige borer, når indholdet af Dehalococcoides observeres. DHC-koncentrationen svinger omkring det samme niveau ($0,5 \cdot 10^4 - 1,0 \cdot 10^4$ celler/ml) igennem den aktive fase, hvorefter den stiger med næsten tre størrelsesordener efter reinjektionen i den passive fase i 2008 (dag 169-196). Igen kan dette skyldes, at oppumpningen og dermed opblandingen med upåvirket grundvand ophører efter den aktive fase, og at injektionen via det passive system har en hurtig effekt i boringen. I den resterende passive fase er koncentrationsudviklingen i boring 218.1150 den samme som i de øvrige borer.



6.3 Redoxforhold

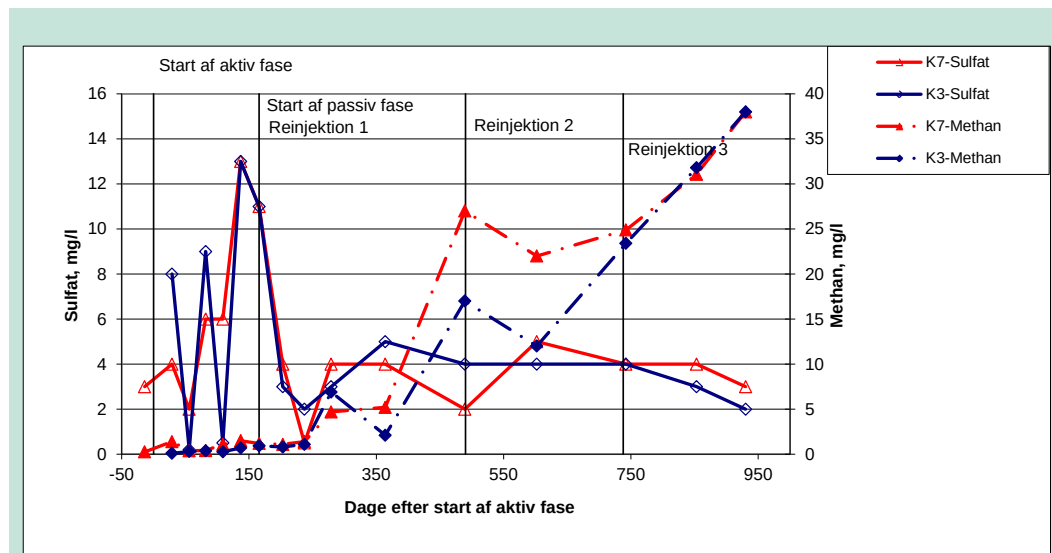
Indholdet af redoxparametrene sulfat og metan i borerne K3 og K7, der er lokaliseret i biobarrieren samt K4 og 218.1150 (Afv), der er lokaliseret nedstrøms biobarrieren er afbildet i hhv. Figur 11 og Figur 12.

I borerne K3 og K7, som er beliggende i biobarrieren var koncentrationsniveauet for sulfat før start af den aktive fase på 1-4 mg/l, hvilket er markant lavere end det oprindelige baggrunds niveau (Figur 11). Dette skyldes, at der forud for iværksættelsen af den aktive fase som nævnt, er udført pumpeforsøg med tilsætning af substrat (EOS®) i kalkmagasinet. Denne tilsætning har medført en ændring af redoxforholdene i retning af mere reducerede forhold og dermed lavere sulfatindhold.

I løbet af den aktive fase fluktuerede sulfatkoncentrationerne mellem 1 og 13 mg/l i kalkboringerne K3 og K7, mens koncentrationen faldt markant til omkring 3-5 mg/l efter injektionen i den passive fase i 2008 (dag 169-196). Årsagen til fluktuationerne i den aktive fase kan være, at der ved recirkulationen skabes uligevægt i systemet og at sulfat periodevis frigives fra matrix og derefter forbruges til oxidation af det tilsatte substrat.

I den passive fase bevares sulfatniveauet i kalkboringerne K3 og K7 på omkring 3-5 mg/l frem til dag 750 for herefter at falde til 2-3 mg/l ved monitoringen, dag 930.

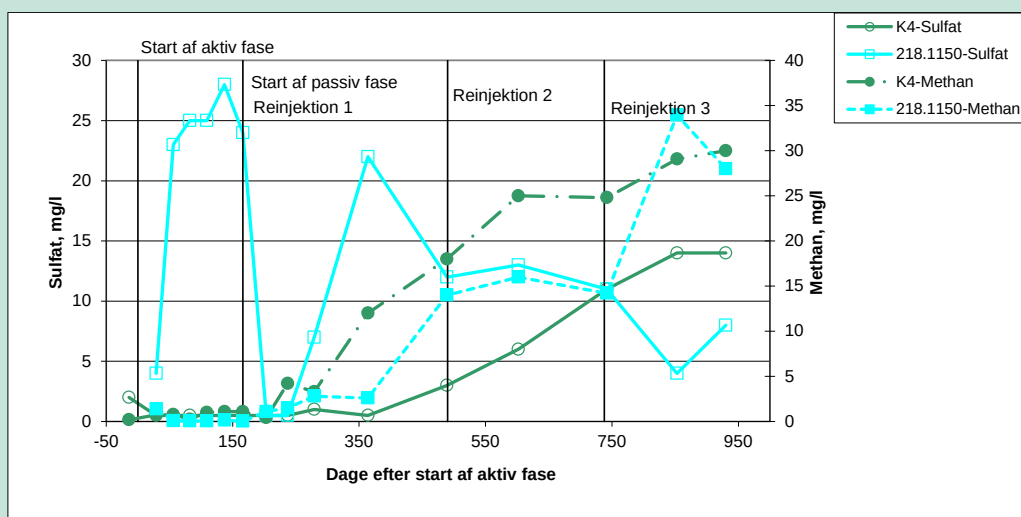
Methankoncentrationerne i K3 og K7 har i den aktive fase ligget stabilt på et relativt lavt niveau indtil omkring dag 230, hvor koncentrationerne steg markant. Ved start af den aktive fase var sulfaten som udgangspunkt reduceret, hvilket teoretisk set skulle give anledning til en hurtig stigning i methanindholdet. Imidlertid går der ca. 240 dage inden dette sker. Dette kan tyde på, at uddiffusion af sulfat fra kalkmatrix fastholder et højere redoxniveau i magasinet i denne periode og dermed medfører en lagfase for methanogenesen. Methanindholdet stiger markant i den passive fase efter dag 240 og fortsætter med at stige frem mod dag 930, hvor indholdet er højt (knap 40 mg/l) i både K3 og K7. De høje methankoncentrationer i monitoringsperioden efter injektionen i den passive fase viser, at der er skabt stærkt reducerede forhold.



FIGUR 11
SULFAT OG METHAN I KALKBORINGER I BIOBARRIEREN I AKTIV OG PASSIV FASE

For de to borer nedstrøms biobarrieren (K4 og 218.1150) ses det, at K4 følger nogenlunde samme mønster som de to biobarriereboringer, mens boring 218.1150 adskiller sig (Figur 12).

I boring 218.1150 stiger sulfatkoncentrationen til ca. 25 mg/l kort efter start af den aktive fase og bliver på dette niveau i hele den aktive fase. Den høje sulfatkoncentration i den aktive fase i 218.1150 kan tilskrives, at boringen er anvendt som ekstraktionsboring og at den dermed trækker upåvirket og ureduceret grundvand til. Umiddelbart efter injektionen i den passive fase falder sulfatkoncentrationen i 218.1150 brat igen til udgangsniveauet, ca. 3 mg/l, hvorefter koncentrationen stiger frem mod dag 350. Herefter falder sulfatindholdet frem til perioden efter 3. reinjektion for herefter at stige til omkring 10 mg/l, dag 930.



FIGUR 12
SULFAT OG METHAN I KALKBORINGER NEDSTRØMS BIOBARRIEREN I AKTIV OG PASSIV FASE

Sulfatindholdet i K4 er lavt (<1 mg/l) i den første del af monitoringsperioden for efter dag 350 at stige frem mod den sidst viste monitoring, hvor indholdet er på knapt 30 mg/l.

I den nedstrøms boring K4 ses således ikke et fald i sulfatkoncentrationen efter den 3. injektion. Der forekommer dog stadig relativt lave sulfatkoncentrationer og høje methan koncentrationer og dermed gode nedbrydningsforhold.

Methankoncentrationerne ses også i de to borer nedstrøms biobarrieren (K4 og 218.1150) at stige efter afslutningen af injektionen i den passive fase. Methankoncentrationen er i begge borer på omkring 30 mg/l ved monitoringen dag 950.

Redoxpotentialen i alle fire borer ligger i stort set hele monitoringsperioden i intervallet -100 mV til -550 mV (se bilag 6), svarende til reducerede/stærkt reducerede forhold. Dette stemmer overens med de ovenfor beskrevne observationer. Der er dog ved en enkelt felt-måling (dag 602) observeret mindre reducerede forhold med et redoxpotential på +92 til -50 mV. Disse målinger tolkes som en fejl ved måleapparatet den aktuelle dag.

Baggrunds niveauet for pH i kalkmagasinet er på 7,3-7,5. Ved opstart af den aktive fase, er pH lavere (ca. 7) end baggrunds niveauet. Dette kan formentlig tilskrives substrattilsætningen ved pumpeforsøget i 2007 forud for fuld-skala-implementeringen af ERD og de deraf afledte mikrobielt medierede redoxprocesser. I løbet af den aktive og passive fase falder pH yderligere til ca. 6,8, hvorpå den igen stiger i den efterfølgende monitoringsperiode til 7-7,5, dvs. omkring eller lige over udgangsniveauet. I den passive fase falder pH i borerne igen til et noget lavere niveau (ned til 6,5), hvilket er mest udtalt i borerne, der er lokaliseret i biobarrieren.

3.5 Chlorerede ethener

Udviklingen i koncentrationen af TCE samt nedbrydningsprodukter heraf (DCE, VC samt ethen og ethan) viser, om substrat- og bakterieinjektionerne har stimuleret den reductive dechloreringsproces.

I Figur 13 og Figur 14 er koncentrationen af chlorerede ethener afbildet sammen med koncentrationen af ethen og ethan (sum) i de fire repræsentative borer K3, K7, K4 og 218.1150. Koncentrationerne er angivet i nM, således at koncentrationen af de enkelte stoffer kan

sammenlignes direkte. For at øge læsbarheden beskrives resultaterne i µg pr liter i det følgende. Koncentrationer i µg/l kan findes i bilag 6.

I boring K7 i biobarrieren falder koncentrationen af chlorerede ethener fra et niveau på 14 µg/l (heraf 13 µg cisDCE/l) til 10 µg/l (heraf 4,2 µg cis-DCE/l og 5,4 µg VC/l) i løbet af den aktive fase. I hele den passive fase og monitoringsperioden herefter falder koncentrationen yderligere og ender på 0,7 µg/l (heraf 0,5 µg/l for DCE og 0,4 µg/l VC/l) ved den afsluttende monitorering, dag 930. Et tilsvarende forløb ses i boring K3.

I K4 falder koncentrationen af chlorerede ethener fra et niveau på 299 µg/l (heraf 130 µg TCE/l og 100 µg cisDCE/l) før opstart af den aktive fase til 39 µg/l (heraf 2 µg cisDCE/l og 36 µg VC/l) efter injektionen i den passive fase. I løbet af monitoringsperioden falder koncentrationen yderligere og ender på 1,3 µg/l (heraf 0,2 µg cisDCE/l og 1 µg VC/l) ved den afsluttende monitorering. Et tilsvarende fald ved den afsluttende monitorering ses i boring 218.1150. I boring 218.1150 ligger koncentrationsniveauet af chlorerede ethener dog jævnt omkring 20-30 µg/l igennem den aktive fase og falder først markant til 1,2 µg/l fra dag 370. Frem mod slutningen af den viste monitoringsperiode fluktuerer koncentrationen på et niveau mellem 0,2 og 6 µg/l med enten VC eller cis-DCE som den dominerende parameter.

Koncentrationerne af chlorerede ethener ses at falde i løbet af både den aktive fase og passive fase i såvel borerne i biobarrieren som i de nedstrøms borer 218.1150 og K4.

Der er dog ikke konstateret synlige ændringer i koncentrationsudviklingen, som er sammenfaldende med injektionerne i den passive fase.

Som det ses, ændres sammensætningen af de chlorerede ethener som forventet i løbet af oprensningsperioden. Dette beskrives nærmere i afsnit 3.6 .

Oprindeligt bestod forureningen på lokaliteten hovedsageligt af TCE med mindre indhold af cisDCE. Kun i boring K4 var der fra start et højere indhold af cisDCE end af TCE /4/.

Ved start af den aktive fase var sammensætningen af de chlorerede ethener ændret ifht. den oprindelige forureningssammensætning på grund af udførelsen af pumpeforsøget i november 2007, hvor der blev tilsat substrat (EOS®). Ved opstart af den aktive fase bestod forureningen således af cisDCE i de fleste borer med mindre indhold af TCE. Dette gjaldt dog ikke for K3 og K4, hvor koncentrationen af de to stoffer var omtrent lige stor.

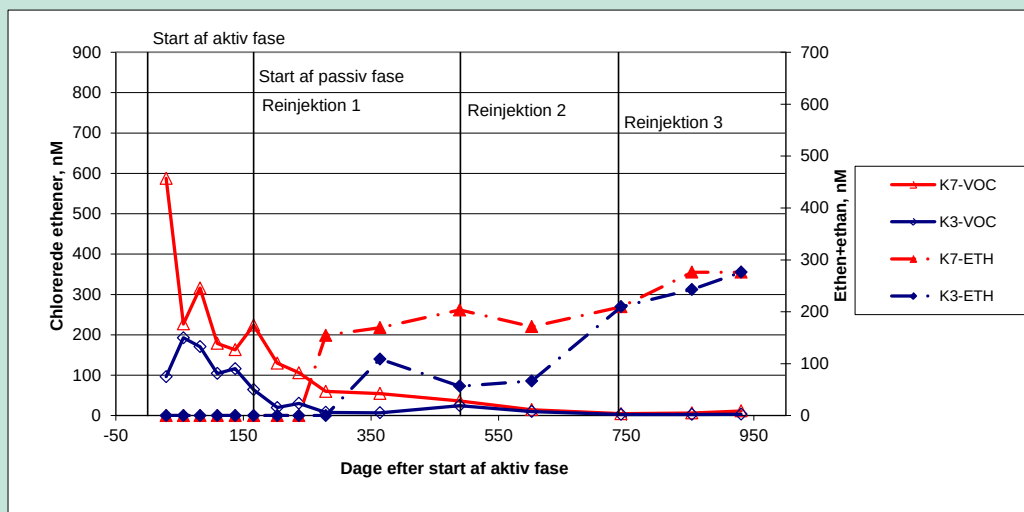
Ved slutningen af den viste monitoringsperiode er den højeste koncentration af chlorerede ethener fundet i boring 218.1150 (4,7 µg/l for sum af chlorerede ethener), mens koncentrationen i de øvrige borer ligger på et niveau omkring 0,3-1,3 µg/l for sum af chlorerede ethener.

Der er ikke påvist indhold af ethen og ethan i de fire borer igennem hele den aktive fase. Først ca. 280 dage efter start af den aktive fase påvises ethen og ethan i borerne (ethen på 2-3 µg/l i borerne K3 og K7 i biobarrieren og 35-190 µg/l i borerne K4 og 218.1150 nedstrøms).

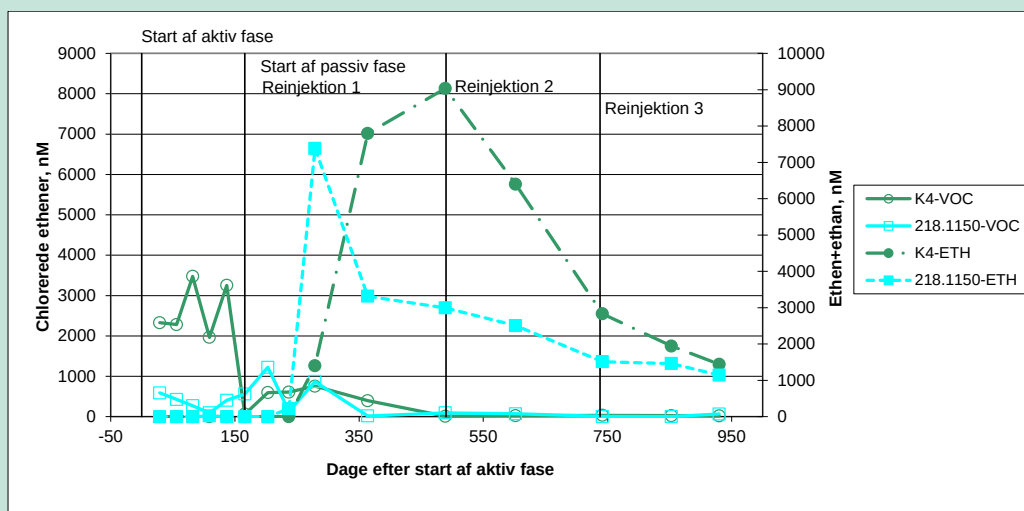
Stigningen i ethen og ethan falder sammen med det tidspunkt, hvor der påvises methan i betydelige koncentrationer, dvs. hvor der er skabt stærkt reducerede forhold i magasinet. I borerne K3 og K7 forekommer der frem mod slutningen af den viste monitoringsperiode et indhold af ethen på 2-3 µg/l. Dog er detektionsgrænsen på analysemetoden på 4 µg/l ved de tre sidste monitoringsrunder, hvorfor det ikke vides, om indholdet reelt set er lavere end 4 µg/l.

I de nedstrøms borer (K4 og 218.1150) stiger indholdet af ethen og ethan markant efter reinjektion 1 i den passive fase. Indholdet når et maksimalt indhold mellem dag 400 og 500 (200-

250 µg ethen/l). At det højeste indhold af ethen og ethan konstateres i de nedstrøms boringer skyldes sandsynligvis, at der både dannes ethen og ethan i de nedstrøms boringer samtidig med, at der også transporteres ethen og ethan hertil fra området direkte under biobarrieren.



FIGUR 13
CHLOREDE ETHENER (VOC) HHV. ETHEN & ETHAN (ETH) I KALKBORINGER I BIOBARRIEREN I AKTIV OG PASSIV FASE



FIGUR 14
CHLOREDE ETHENER (VOC) HHV. ETHEN & ETHAN (ETH) I KALKBORINGER NEDSTRØMS BIOBARRIEREN I AKTIV OG PASSIV FASE

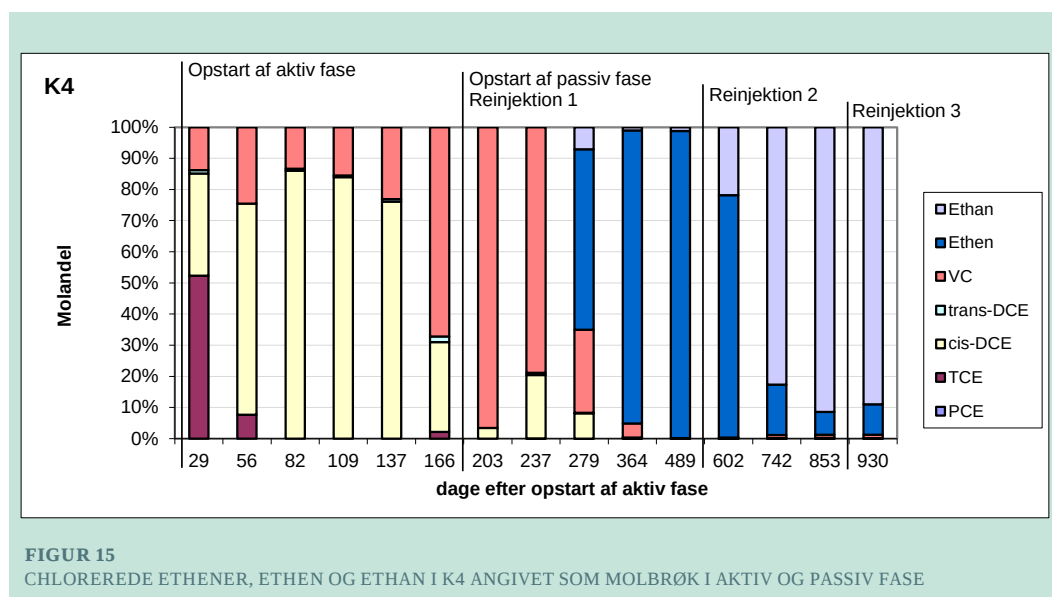
6.4 Reduktiv dechlorering

Til illustration af udviklingen i forureningssammensætningen, er koncentrationerne af chlorerede ethener, ethen og ethan ligeledes afbildet på søjlediagrammer, dels som molbrøk, dels som summerede molkoncentrationer. Diagrammer for de fire repræsentative boringer er vedlagt i bilag 6, mens diagrammer for boring K4 er vist som eksempel i Figur 15 og Figur 16.

Figur 15 illustrerer udviklingen i forureningssammensætningen i K4 i løbet af behandlingsperioden. Initielt er der en relativt høj andel af TCE (ca. 50 %), ca. 35 % cisDCE og ca. 15 % vinylchlorid (VC).

I løbet af den aktive fase (moniteringsrunde 1-6) reduceres TCE-indholdet helt og cisDCE dominerer herefter. Ved afslutningen af den aktive fase samt i starten af moniteringsperioden efter den første injektion i den passive fase (fra dag 166) ses dechloreringen at nå skridtet videre, således at cisDCE reduceres og der dannes vinylchlorid i stedet. Først fra 279 dage efter opstart af aktiv fase ses produktion af ethen og ethan, som frem mod slutningen af den viste moniteringsperiode er de altdominerende stoffer, mens indholdet af vinylchlorid udgør en forsvindende andel. Ved monitoring dag 602 og dag 742 udgør ethen og ethan således 99 % af det samlede indhold af chlorerede ethener og nedbrydningsprodukter.

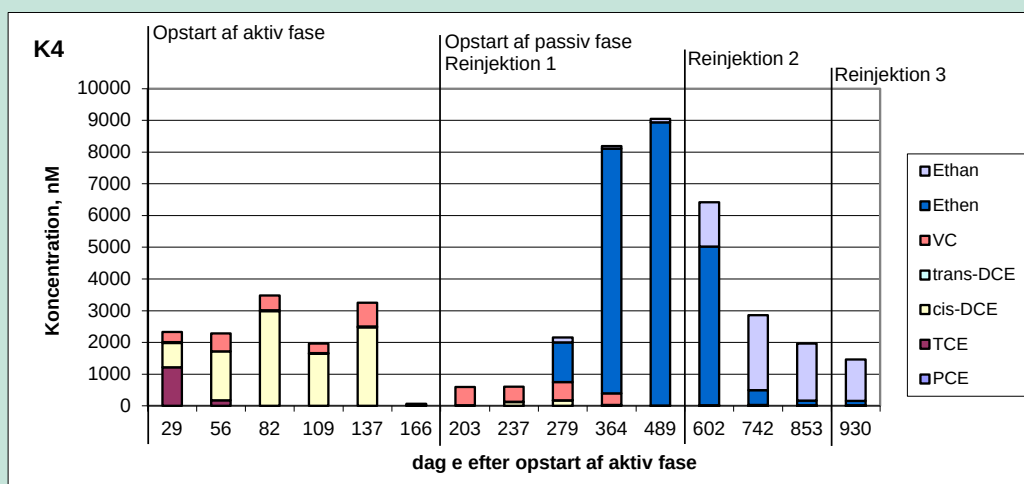
Resultaterne viser således, at den reductive dechlorering foregår sekventielt og at der, som tidligere beskrevet, først omkring dag 240-280 er skabt tilstrækkelig reducerede forhold til at dechloreringsprocessen kan foregå fuldstændigt til ethen og ethan.



I Figur 16 ses de samme data fra boring K4, men afbilledet som summerede koncentrationer i nM.

Heraf ses, at summen af chlorerede ethener er omtrent konstant i løbet af den aktive fase frem til dag 137, mens koncentrationen falder efter den aktive fases ophør. I den passive fase perioden, før og efter reinjektion 1 (dag 137 til dag 376) falder summen af chlorerede ethener yderligere, mens summen af chlorerede ethener, inklusiv ethen og ethan stiger markant. Efter reinjektion 2, fra dag 490 og frem til dag 853 falder koncentrationerne igen og ender på niveau med koncentrationen i begyndelsen af den aktive fase.

Ud fra en ligevægtsbetragtning, burde koncentrationen af ethen og ethan svare til den koncentration af chlorerede ethener, der fjernes fra systemet. Dette er imidlertid ikke tilfældet, idet koncentrationen af disse to stoffer er markant højere end det niveau, der tidligere er set for chlorerede ethener i samme boring. Dette kan indikere, at der ikke er ligevægt i systemet, hvorfor massen ikke er bevaret. Årsagen til dette kan være interaktionen mellem sprækker og matrix i kalkmagasinet, hvorved de høje ethen/ethankoncentrationer afspejler, at der sker en uddiffusion af chlorerede ethener fra kalkmatrix, som nedbrydes i vandfasen og dér måles som ethen/ethan og der dermed foregår en oprensning i selve kalkmatrix. Udviklingen i sammensætningen af chlorerede stoffer i boring K4 repræsenterer fint udviklingen i de øvrige boringer.



FIGUR 16

CHLOREREDE ETHENER, ETHEN OG ETHAN I K4 ANGIVET SOM SUMMEREDE MOLKONCENTRATIONER I AKTIV OG PASSIV FASE

Dechloreringsgraden i kalkmagasinet er beregnet for samtlige borer. Data findes i bilag 6 og er afbildet for alle kalkboringer i bilag 6 og for de fire repræsentative borer i Figur 17.

Dechloreringsgraden udtrykker hvor stor en del af moderstoffet, der er nedbrudt. En dechloreringsgrad på 0 % svarer til at al forurening findes som TCE, en dechloreringsgrad på 33 % svarer til at hovedparten af forureningen findes som cisDCE, mens en dechloreringsgrad på 100 % svarer til at al forureningen er nedbrudt til ethen og/eller ethan.

Dechloreringsgraden var ved starten af den aktive fase omkring 40-50 % i størstedelen af kalkboringerne, svarende til at forureningen bestod af en blanding af cisDCE og vinylchlorid, hvilket ligeledes ses af Figur 15 med resultater fra boring K4 samt grafer med molfraktioner fra de øvrige borer i bilag 6. Dechloreringsgraden i boring K4 og K5 var fra begyndelsen noget lavere grundet indholdet af TCE. I løbet af den aktive fase frem til omkring dag 200 stiger dechloreringsgraden gennemsnitligt ganske svagt, mens der efter afslutningen af første injektion i den passive fase omkring dag 250 ses en markant stigning til omkring 90 % i de fleste borer.

I borerne K4 og 218.1150, som er lokaliseret nedstrøms biobarrieren, er dechloreringsgraden fortsat høj ved den sidst viste monitoring (dag 930), hvorimod den afbildede dechloreringsgrad i boring K3 og K7 falder til 50 % i de to næstsidste monitoringsrunder. Det er dog usikkert, hvad den reelle dechloreringsgrad i K3 og K7 er ved disse monitoringsrunder. Det samme gælder i borerne K6. Årsagen er, at der forekommer indhold af ethen og ethan, som er lavere end detektionsgrænsen for den pågældende analyse (4 µg/l). Reelt set kan der dog forekomme indhold af ethen og ethan på op til 4 µg/l. I beregningen af dechloreringsgraden er et indhold af ethen og ethan på 0 µg/l dog anvendt. Dette sammen med lave koncentrationer af chlorerede ethener (<4 µg/l), gør at indholdet af ethen og ethan reelt set kunne være højere end indholdet af chlorerede ethener og dermed repræsentere en mere fremskreden nedbrydning end den beregnede dechloreringsgrad. Ved beregning af dechloreringsgraden med et indhold af ethen og ethen mellem 0 og 0,4 µg/l ville dechloreringsgraden blive 99 %.

Trods den markante dechloreringsaktivitet i monitoringsperioden ses koncentrationen af dechlorerende bakterier at falde i samme periode (se Figur 10). Dette skyldes, at koncentrationen af chlorerede ethener falder markant i samme periode. Der kræves således et mindre antal dechlorerende bakterier til at opretholde samme meget høje aktivitetsniveau og forestå en næsten fuldstændig nedbrydning af de chlorerede ethener.



FIGUR 17
DECHLORERINGSGRAD I AKTIV OG PASSIV FASE. LÆS I TEKST OM USIKKERHED PÅ DECHLORERINGSGRAD VED SIDSTE VISTE MONITERINGSRUNDER.

6.5 Nedstrøms lokaliteten

Vandprøverne udtaget ved Hellested Skole, 200 m nedstrøms lokaliteten, viser jf. bilag 6, at denne boring ikke er påvirket af den reduktive dechlorering og det tilsatte substrat og bakterier på selve lokaliteten. Der er således gennem hele monitoringsperioden målt indhold af cisDCE mellem 1 og 2 µg/l, NVOC mellem 1 og 2,5 mg/l samt et indhold af bakterier under detektionsgrænsen. Resultaterne fra vandprøverne viser således uændrede forhold mht. både substrat og bakterier samt uændret forureningsniveau og – sammensætning.

Efter omkring to et halvt års monitoring, viser resultaterne fortsat, at de geokemiske påvirkninger, som er induceret i kalkmagasinet ved lokaliteten ikke i væsentlig grad eller over væsentlig afstand spreder sig nedstrøms behandlingszonen og ændrer grundvandskvaliteten i uønsket grad.

Dette stemmer overens med simuleringer, der er foretaget med den grundvandsmodel, der er opstillet for lokaliteten. Simuleringerne, hvor den anaerobe vandkvalitet simuleres som et konservativt stof og en oppumpning på 10-11 m³/dag fra Hellested skole er anvendt, viser, at det anaerobe vand vil nå Hellested skole efter 30 år i en koncentration på 0,2 % af udgangsniveauet lige efter den aktive fases ophør. Dette svarer til en fortynding på 500 gange. Ved fortynding med mindre reduceret vand vil den samlede grundvandskvalitet blive mindre reduceret og substratkonzentrationerne minimale, hvorfor de strikt anaerobe processer, der skaber den uønskede vandkvalitet vil ophøre. Den anaerobe vandkvalitet vil således ikke i praksis opføre sig som et konservativt stof, og fortyndingen forventes at være endnu større end simuleret med modellen.

7. Konklusion

Stimuleret reduktiv dechlorering er implementeret på Hellestedvej 22 til fuldskala-oprensning af grundvandsfanen med TCE og cisDCE i kalkmagasinet samt til afskæring af eventuel fremtidig forurening, der infiltrerer fra kildeområdet i det overliggende moræneler til toppen af kalkmagasinet.

Den alternerende pumpestrategi har vist sig succesfuld til fordeling af substrat til etablering af en horisontal biologisk barriere i toppen af kalkmagasinet, som kan beskytte det underliggende kalkmagasin i en periode, mens oprensning af kilden i moræneleret pågår.

Tilsætningen af substrat og dechlorerende bakterier til kalkmagasinet har medført stærkt reducerede (methanogene) forhold, optimale for reduktiv dechlorering, høj dechloreringsaktivitet med faldende koncentrationer af chlorerede ethener i såvel den aktive fase samt i den passive fase frem til den sidst viste monitoringsrunde, dag 930, hvor dechloreringsgraden fortsat er nær 100 % og koncentrationsniveauet af chlorerede ethener i kalken er reduceret til omkring 0,7-1,4 µg/l på nær i en enkelt boring, hvor koncentrationen ved den sidste monitoringsrunde uventet er steget til 62 µg/l.

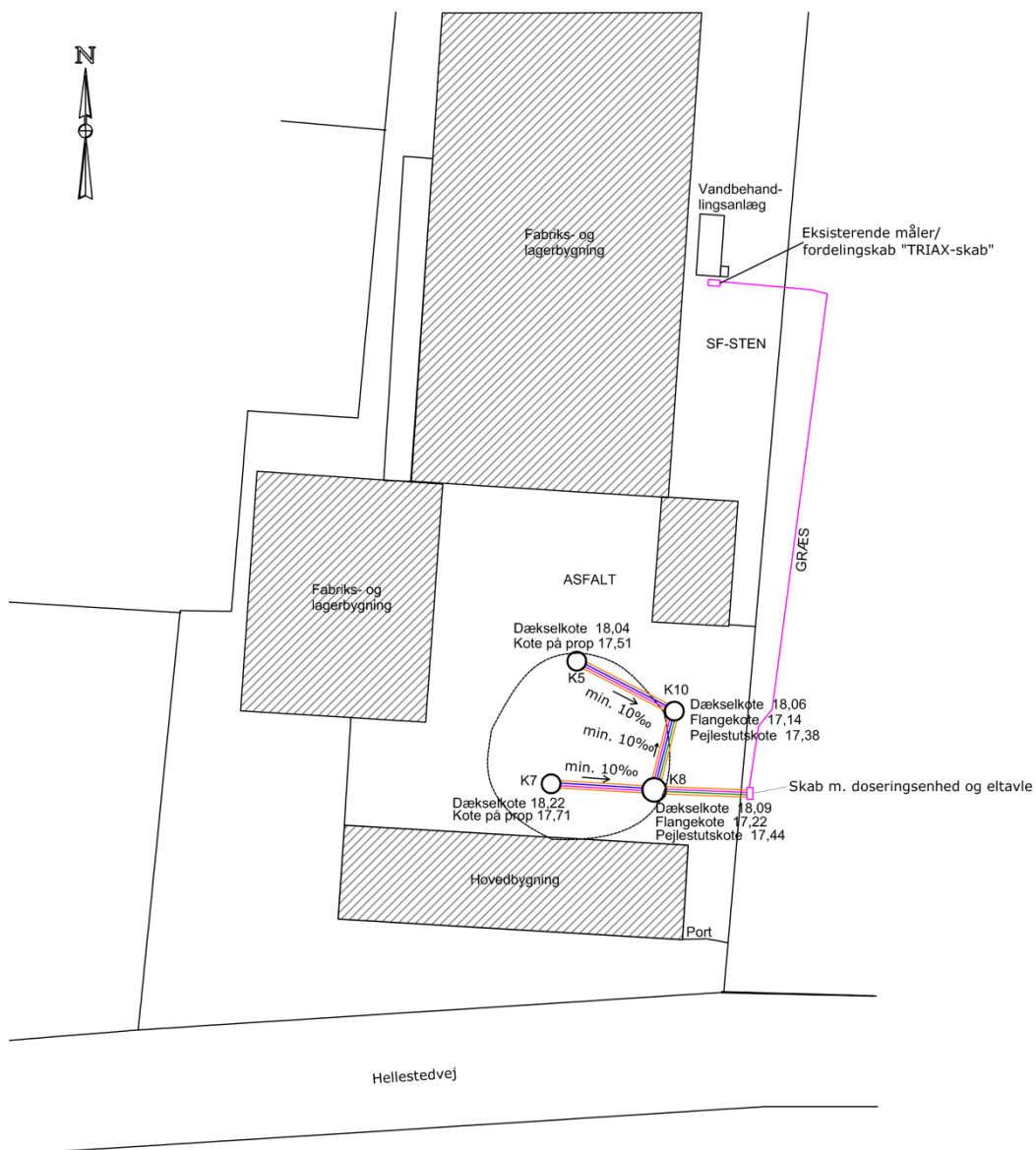
Oprensningen i kalken og etableringen af biobarrieren har haft en signifikant effekt på koncentrationerne af chlorerede ethener og dechloreringsaktiviteten i kalkmagasinet og har medført en nær fuldstændig nedbrydning af TCE til ethen og ethan. Den biologiske barriere har derfor opfyldt formålet at beskytte kalkmagasinet fra infiltrerende forurening fra kilden i det ovenliggende moræneler.

Dechloreringsaktiviteten og methanproduktionen i kalkmagasinet er forsat forhøjet i slutningen af den viste monitoringsperiode. Resultaterne indikerer således fortsat, at de lave NVOC-koncentrationer, der måles i vandfasen, ikke dækkende repræsenterer substratmængden i systemet, men at der fortsat er en substratpulje i selve kalkmatrix, som ikke giver sig til udtryk ved måling i vandet. Dette forhold bevirker, at NVOC ikke som enkeltstående parameter kan anvendes til estimering af substratmængden i systemet og dermed til vurdering af hvorvidt der forekommer substratmangel i systemet. Ligeledes betyder observationerne, at substratets varighed kan være markant længere end det lader til ud fra indholdet af NVOC i vandprøverne. Substratets levetid og dermed den nødvendige reinjektionsfrekvens har stor betydning for økonomien af denne type oprensninger.

Referencer

- 1/ Oplæg fra Arkil A/S vedr. ombygning af anlæg Hellestedvej 22, Hårlev dateret 22. april 2008.
- 2/ Region Sjælland, Natur og Miljø. Hellestedvej 22, Stevns Kommune. Afværgetiltag. Bestykning af boringer og etablering af ledningsanlæg mv. Reduktiv dechlorering. Passiv fase. Udbudsmateriale. NIRAS. Juni 2008.
- 3/ Region Sjælland og Miljøstyrelsen. Hellestedvej 22, Hellested. Pumpeforsøg nr. 2 til passiv fase i kalken. NIRAS A/S. Januar 2008.
- 4/ Storstrøms Amt og Miljøstyrelsen. Hellestedvej 22, Hellested. Stimuleret reduktiv dechlorering. Fase 1: Supplerende undersøgelser. November 2006. NIRAS A/S og Bioclear B.V.
- 5/ Miljøkontrollen, Københavns Kommune. Region Hovedstaden. Gl. Kongevej 31-33, Kbh. V. Stimuleret reduktiv dechlorering. Aktiv fase. Februar 2007. NIRAS A/S
- 6/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Gl. Kongevej 31-33, Kbh. V. Stimuleret reduktiv dechlorering. Passiv fase – monitoring 2007. Januar 2008. NIRAS A/S
- 7/ Region Sjælland. Hellestedvej 22, Hellested. Risikoanalyse vedr. implementering af Stimuleret Reduktiv Dechlorering i sand- og kalkmagasin. 30. april 2008. NIRAS A/S.
- 8/ Region Sjælland. Hellestedvej 22, Hellested. Dokumentation af effekt af oprensning i moræner. 4. november 2009.
- 9/ Miljøstyrelsen og Region Sjælland. Hellestedvej 22, Hellested. Supplerende dokumentation af effekt af oprensning i moræner. 28. september 2010.
- 10/ Storstrøms Amt og Miljøstyrelsen. Hellestedvej 22, Hellested. Stimuleret reduktiv dechlorering. Fase 2: Skitseprojektering. November 2006.
- 11/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Stimuleret reduktiv dechlorering. Dokumentation af pilotforsøg. Industrivej 3, Glostrup. Marts 2007. NIRAS A/S og DTU Miljø
- 12/ Region Hovedstaden, Koncern Miljø. Flensborggade 24, Kbh. V. Pilotforsøg med stimuleret reduktiv dechlorering. December 2007. NIRAS A/S.
- 13/ Region Sjælland og Miljøstyrelsen. Hellestedvej 22, Stevns Kommune. Stimuleret reduktiv dechlorering. Aktiv og passiv fase. November 2010.
- 14/ Region Sjælland og Miljøstyrelsen. Stimuleret reduktiv dechlorering. Hellestedvej 22, Stevns Kommune. Passiv fase af oprensning i kalkmagasin. 22. september 2011.

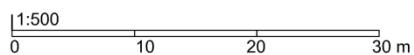
Bilag 1: Tegninger som udført side 1 / 5



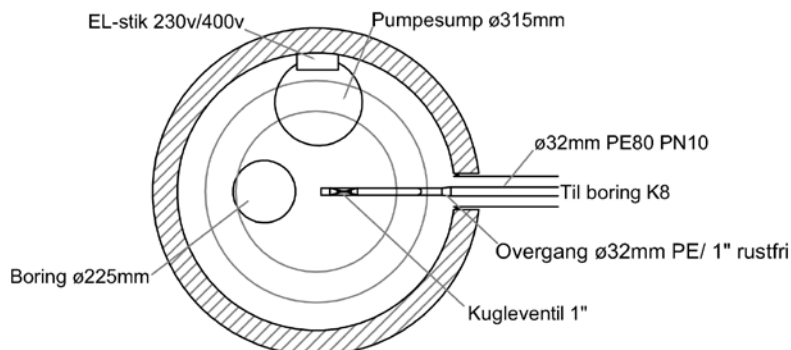
Signaturforklaring

- El kabel
- PE slange ½"
- Vandledning ø32 mm / 1" rustfri ASI 316
- Føringsrør ø110 mm
- Område med jordforurening

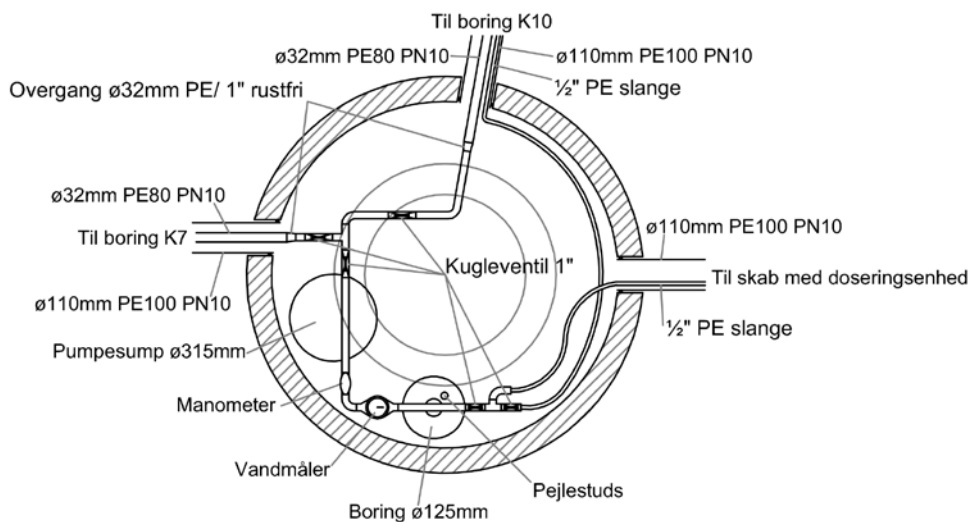
Note:
 Koter i meter DNN
 Monitoringsboringer ikke vist
 Elkabler ikke vist på detaljer



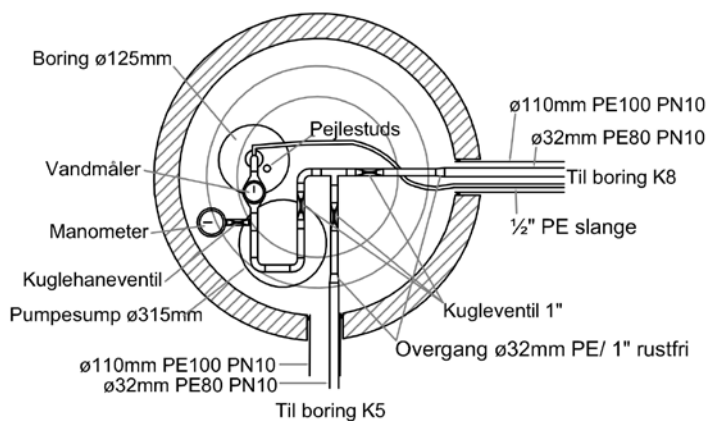
Detalje boring K5 og K7

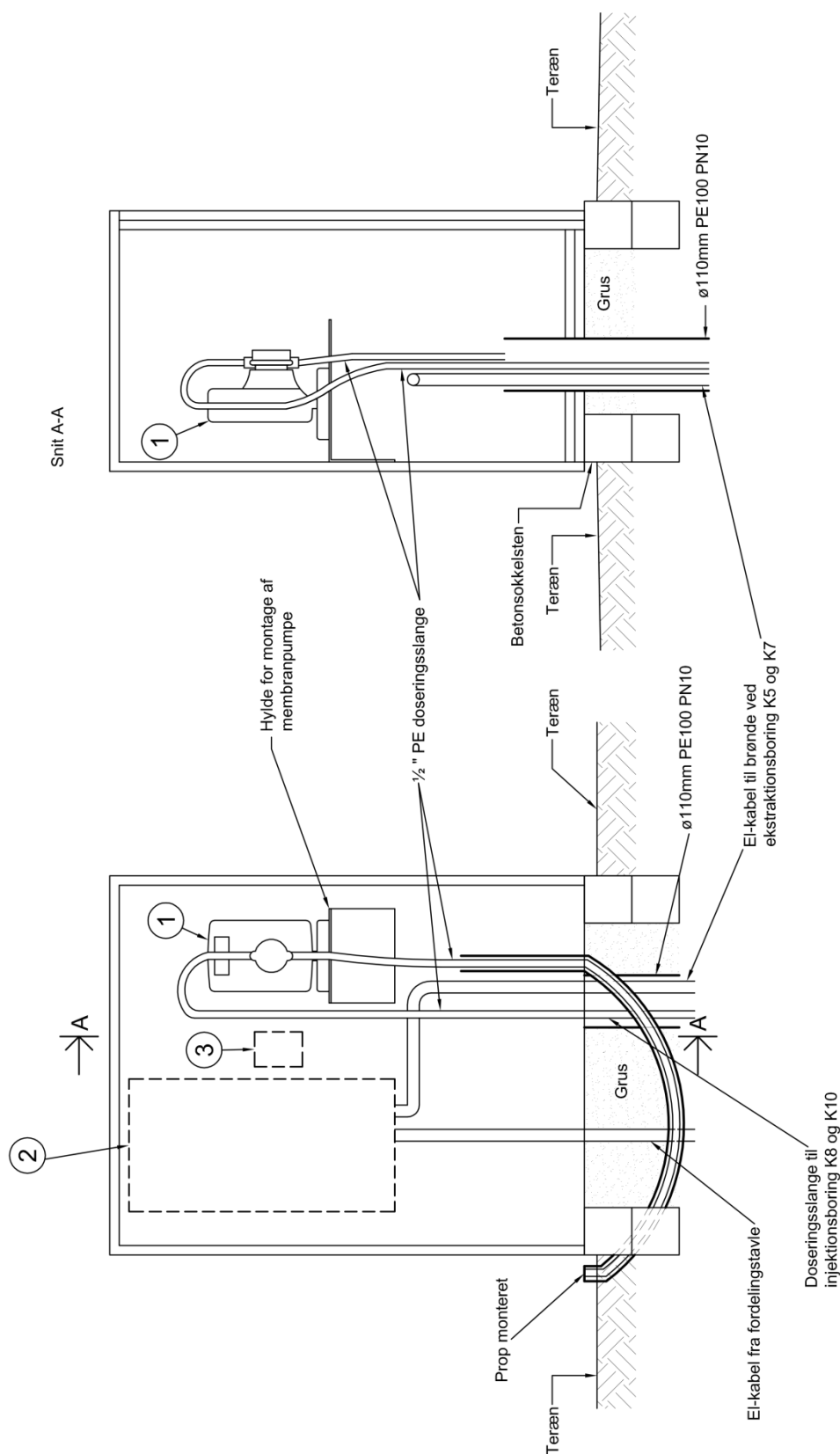


Detalje boring K8



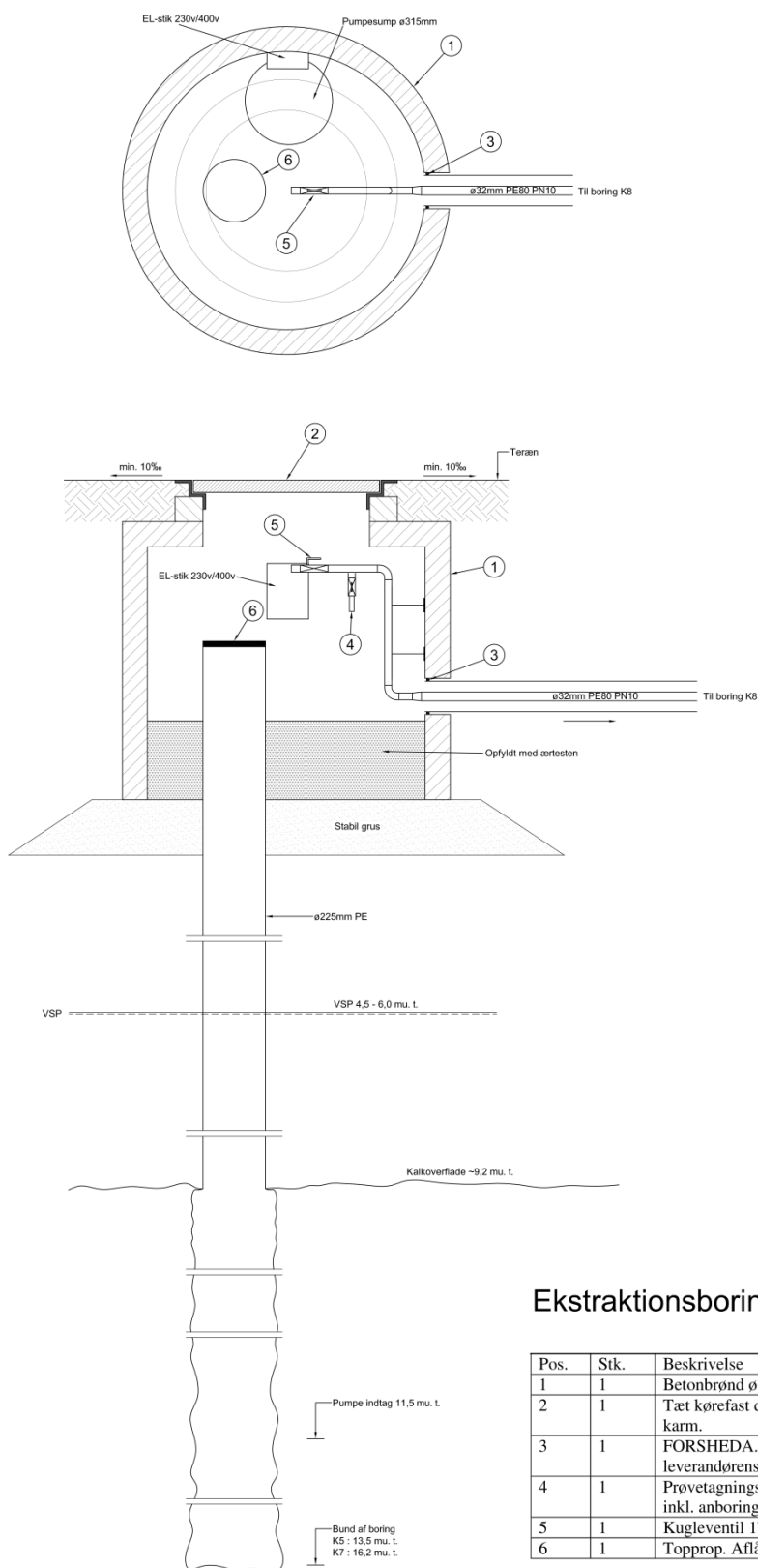
Detalje boring K10





Pos.	Stk.	Beskrivelse	Type / fabrikat	Bemærkning
1	1	Membranpumpe	Som f.ä. Seko TeknaEVO	Leveret med kontraventil
2	1	E-TI EI tavle		
3	2	CEE stikkontakt 10A 2 pol	230V, 10A	

Bilag 1: Tegninger som udført side 4 / 5



NOTE:

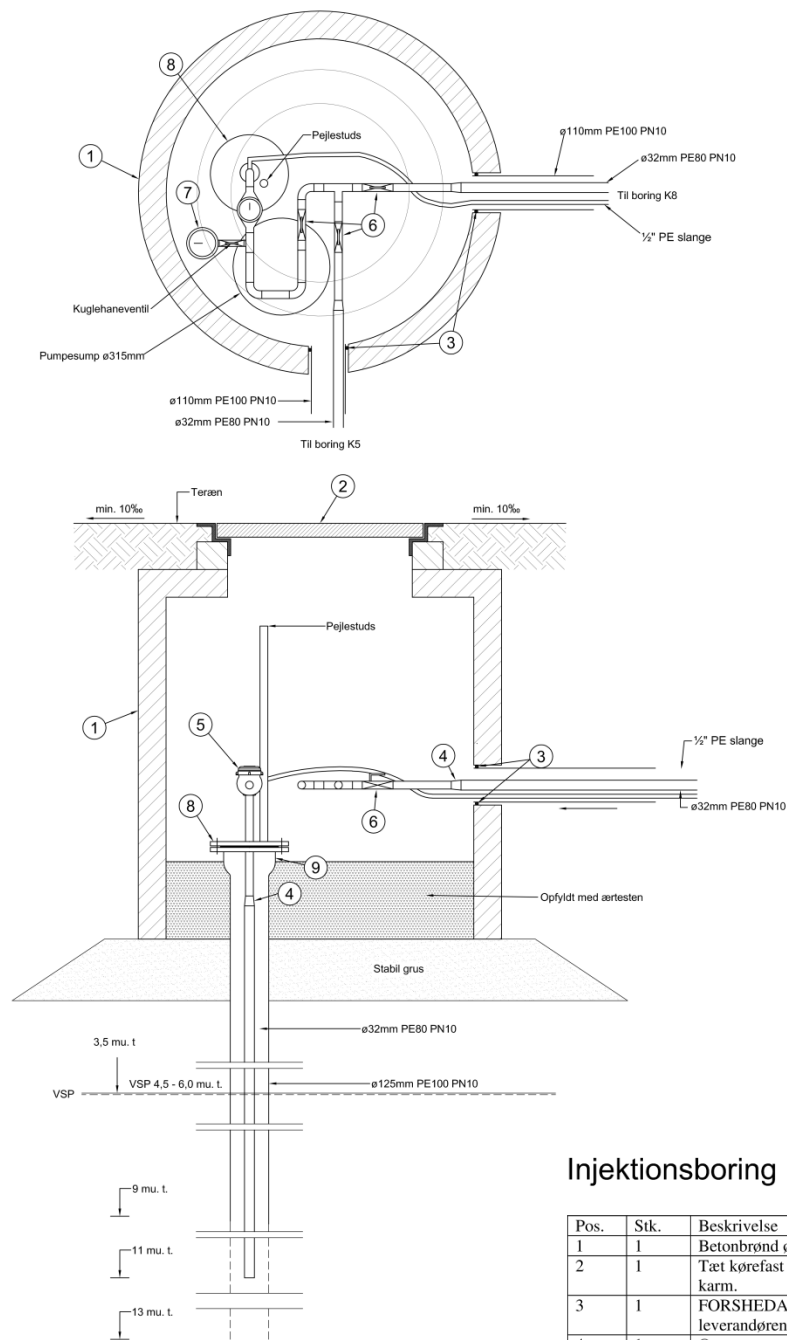
Der er leveret 1 stk. pumpe, som fa. GRUNDFOS
Type SQ1-35

Pumpe er leveret med stigrør som fa. WELLMASTER
med længde tilpasset for montage på
borerørsafslutning og pumpeindtag 11,5 mu.t.

Elkabler ikke vist.

Ekstraktionsboring K7

Pos.	Stk.	Beskrivelse	Type / fabrikat	Bemærkning
1	1	Betonbrønd ø1000x90 mm.		
2	1	Tæt kørefast dæksel med flydende karm.		40 ton trafiklast
3	1	FORSHEDA. Hul udføres iht. leverandørens anvisning		
4	1	Prøvetagningshane 1" kuglehane inkl. an boring.		Rustfri
5	1	Kugleventil 1"		Rustfri
6	1	Topprop. Aflåselig. ø225 mm.	Som fa. Rotek	



NOTE:

Der er leveret 1 stk. pumpe, som fa. GRUNDFOS Type SQ1-35

Pumpe er leveret med stigrør som fa. WELLMASTER med længde tilpasset for montage på borerørsafslutning og pumpeindtag 11,5 mu.t.

Elkabler ikke vist.

Injektionsboring K10

Pos.	Stk.	Beskrivelse	Type / fabrikat	Bemærkning
1	1	Betonbrønd ø1000x90 mm.		
2	1	Tæt kørefast dæksel med flydende karm.		40 ton trafiklast
3	1	FORSHEDA. Hul udført iht. leverandørens anvisning		
4	1	Overgang mellem ø32 mm PE rør og 1" rustfri.		
5	1	Vandmåler. 1".		Monteret med pulsgiver
6	3	Kugleventil. 1".		Rustfri
7	1	Manometer 1", måleområde for manometer: 0-4 bar. Monteret med kuglehaneventil på studs.	Som fa. Tempres	
8	1	Rustfri borerørsforsegling i stål. Borerørafdækningsflange for ø125mm blindrør og 1" rustfrit stålør.		Afdækningsflange leveres med forskrning til 1" rustfrit stålør
9	1	Combiflange DN 125 til PE-rør med trækfast pakning og støttebøsning.	Som fa. AVK	

Bilag 2: Skema, driftskontrol aktiv fase side 1 / 1

Hellestedvej 22																			
Sandfilter returskylles hver dag kl.12.00, der tilsættes 50 l. purasal hver dag kl. 8.00, + 15 liter næring hver dag kl 20.00																			
Dato	Kl.	Substrat/Purasal Forbrug siden sidst	Samlet forbrug	Næringsstoffer Forbrug siden sidst	Vandur på skyllevand		Flow på råvand	Tryk før sandfilter	Tryk efter Sandfilter	Flow total råvand	Siden sidst	Flow total M8-B1	Siden sidst	Flow total M9-B2	Siden sidst	Sum rein- jektion i perioden	Flow M8 Alfaest	Flow M9 Alfaest	Bemærkning til drift Note
		Liter	Liter	Liter	Før skyl	Efter skyl	m³	bar	bar	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	
29-05-2008		200	200	55															
30-05-2008		75	275	179			2,1	1,5	0,4	79869									
02-06-2008		235	510	64	0,4		2,1	1,5	0,4	79919	50								
03-06-2008		135	645	21	0,319		2,1	1,5	0,4	80121	50								
04-06-2008		115	760	16	0,335		2,1	1,5	0,4	80171	50								
06-06-2008		110	870	30	0,365		2,1	1,5	0,4	80272	101								
09-06-2008		165	1035	46	0,411		2,1	1,5	0,4	80423	151								
16-06-2008		324	1359	101	0,512	27,8	31,8	2,1	1,5	0,4	80776	353							
23-06-2008		314	1673	74	0,586	49,2		2,1	1,5	0,4	81129	353							
30-06-2008		320	1993	83	0,669	70,9		2,1	1,5	0,4	81482	353							
07-07-2008		357	2350	105	0,774	92,6		2,1	1,5	0,4	81834	353							
15-07-2008		390	2740	123	0,897	117,5		2,1	1,5	0,4	82238	403							
25-07-2008	17.30	530	3270	233	1,130	152,1		2,1	1,5	0,4	82742	504	106607		122828		1,0	0,9	
30-07-2008		370	3640	84	1,214	168,7		2,1	1,5	0,4	82994	252							
05-08-2008	11.30	307	3947	69	1,283	183,3		2,1	1,5	0,4	83296	302	106842	235	123082	254	1,0	1,0	1
15-08-2008		498	4445	150	1,433	227,0		2,1	1,5	0,4	83946	650	107104	262	123423	341	1,1	1,0	
22-08-2008		340	4785	113	1,546	240,6		2,1	1,5	0,4	84147	201	107207	103	123519	96	199	1,1	1,0
01-09-2008	11.00	517	5302	40	1,586	267,8		2,1	1,5	0,4	84635	488	107458	251	123752	233	484	1,1	1,0
08-09-2008	11.55	352	5654	105	1,691	290,2		2,1	1,4	0,4	84980	345	107637	179	123910	158	337	1,1	1,0
15-09-2008	08.45	355	6009	109	1,800	311,6		2,1	1,0	0,2	85311	331	107797	160	124073	163	323	1,0	1,1
22-09-2008	13.45	290	6299	106	1,906		337,9	2,2	1,2	0,3	85685	374	107982	185	124259	186	371	1,1	1,1
29-09-2008	11.45	312	6611	121	2,027	356,7		2,1	1,1	0,3	86042	357	108156	174	124428	169	343	1,1	1,1
06-10-2008	10.15	341	6952	112	2,139	377,8		2,1	1,1	0,4	86397	355	108327	171	124595	167	338	1,0	1,0
13-10-2008	12.15	407	7359	86	2,225	402,0		2,2	1,1	0,3	86764	367	108499	172	124764	169	341	1,0	1,1
20-10-2008	11.30	330	7689	0	2,225	422,1		2,1	1,2	0,4	87116	352	108669	170	124936	172	342	1,0	1,0
27-10-2008	11.45	363	8052	85	2,310	445,9		2,1	1,1	0,4	87475	359	108837	168	125105	169	337	1,1	1,0
03-11-2008	09.00	342	8394	89	2,399	468,1		2,1	1,0	0,4	87821	346	108995	158	125266	161	319	1,0	1,0
13.11.2008	09.30	485	8879	208	2,607	501,1		2,1	1,1	0,4	88323	502	109220	225	125497	231	456	1,0	1,1
Bemærk																			
1 258 liter siden sidste aflæsning																			
2 Næringsstoffer. Reduceret, slange i pumpe udskiftet. Rest Purasal 1700 liter inkl. sidste IBC'er																			
3 169 liter siden sidst																			
4 Flow i M8 var umiddelbar 0 ved ankomst, boring udluftet, hvorefter flow steg til 1 m³																			
5 Purasaltillægsning foretaget. Flowet kontrolleres dagligt den næste periode frem.																			
6 Purasal øges yderligere en smule (ligger fortsat 10% under ønsket) og næring nedjusteres en smule																			
7 Der registreres sortafnavn af vandet i skyllevands vanduret. Kontrol af skyllevand i top af tanken kunne dog ikke bekræfte årsagen.																			
8 Purasalmængde justeres lidt ned (formentlig grundet den gennemsnitlige lidt højere udeholderstemperatur) hvorimod næringstilsætning lige ser tiden an til næste besøg.																			
9 Det skal bemærkes, at næringstanken ikke, som ellers aftalt med Thomas L., er blevet genopfyldt sidste mandag. Purasaltillægsning øges en lille smule.																			
10 Aflæsninger foretaget umiddelbart før stop og nedtagning af anlæg.																			
rodi: Estimerede værdier																			



stevns kommune

KOPI

Tilslutningstilladelse for afværgetiltag

Hellestedvej 22, Hellested, 4652 Hårlev.

24. oktober 2007

Stevns Kommune, Postboks 83, 4660 Store Heddinge

Sagsbehandler: Jesper Koziara
KS: Anni Juul Jørgensen

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	3
2. Spildevandsteknisk beskrivelse	3
3. Miljøteknisk vurdering	4
4. Tilladelse til udledning til offentlig spildevandskloak	5
5. Klagevejledning	6

1. Indledning

NIRAS har på vegne af Region Sjælland den 25. juli 2007 ansøgt om en tilslutningstilladelse for periodevis afledning af filterskyllevand/råvand til offentlig spildevandskloak.

Filterskyllevandet/råvandet skal afledes fra et afværgeprojekt over for en forurening med chlorerede opløsningsmidler i det primære grundvandsmagasin på og omkring Hellestedvej 22, Hellested.

2. Spildevandsteknisk beskrivelse

Afværgeprojektet omfatter etablering af afværgeforanstaltninger over for en forurening med chlorerede opløsningsmidler i det primære grundvandsmagasin. Forureningen stammer fra en deponering af chlorerede opløsningsmidler på Hellestedvej 22.

Projektets formål er at oprense en forurening med primært trichlorethylen (TCE) i det primære grundvandsmagasin. Forureningen har i dag spredt sig nedstrøms lokaliteten til en indvindingsboring på Hellested Skole, hvorfor boringen i dag anvendes som en afværgeboring.

Region Sjælland gennemfører oprensningen ved metoden "Stimuleret Reduktiv Dechlorering". Metoden fungerer ved anaerob bakteriel nedbrydning af de chlorerede opløsningsmidler i grundvandszonen. Processen initieres ved tilsætning af bakteriekultur og substrater til grundvandszonen.

Oprensningen er opdelt i 2 faser: en aktiv fase og en passiv fase.

Den aktive fase

I den aktive fase oprenses forureningen i det primære grundvandsmagasin. Dette sker ved ned-pumpning af en aktiv biomasse til det primære grundvandsmagasin, hvorefter der reinjiceres substrater til grundvandszonen. Herved skabes der en biologisk aktivzone med nedbrydning af chlorerede opløsningsmidler.

Vandbehandlingsanlægget består bl.a. af et sandfilter. Spildevandsafledningen i den aktive fase vil komme fra returskylning af sandfilteret.

Returskylningen forventes udført hver 24. time med en vandmængde på 6 m³ over 15 minutter, svarende til en maksimal vandstrøm på 6 l/s. Der returskylles med oppumpet grundvand.

Aktivfasen forventes at have en varighed af 6 måneder, og den samlede udledning i perioden forventes at være på op til 1.100 m³.

Det oppumpede vand forventes at være forurenet med TCE med en koncentration på op til 400 µg/l, cis-1,2-dichlorethylen (cis-1,2-DCE) på op til 76 µg/l og vinylchlorid (VC) på op til 1,1 µg/l. Herudover skønnes skyllevandet at indeholde mængder af jernokker og manganbrunsten svarende til 8,4 kg jernokker og 10,4 kg manganbrunsten udledt i den 6 måneder lange periode.

Vandets pH-værdi vurderes at være i intervallet 7,3 - 7,4.

Den passive fase

I den passive fase tilsættes der substrat til det primære grundvandsmagasin for at opretholde en biologisk barriere mod udvaskning af forurening beliggende oven for det primære grundvandsmagasin.

Ved injektion af substrat til grundvandsmagasinet oppumpes der primært grundvand fra 2 ekstraktionsboringer. En delmængde af det oppumpede vand tilsættes substrat og reinjiceres i 2 boringer. Overskudsvandet afledes til offentlig kloak.

Der kan eventuelt blive tale om afledning af filterskyllevand til offentlig kloak, hvis der etableres sandfiltrering i den passive fase.

Der forventes afledt 1 m³/t af overskudsvand til offentlig kloak over en periode på 4 døgn.

Hvis der etableres sandfilter skal dette returskylles hver 24. time i 4 døgn med en vandmængde på 6 m³ over 15 minutter, svarende til en maksimal vandstrøm på 6 l/s.

I den passive fase forventes der injektion af substrat hvert 2. år.

Den samlede udledning fra passivfasen forventes at være op til 120 m³ hvert 2. år.

Det udledte vand fra passivfasen forventes at indeholde maksimalt 10 µg/l af chlorerede opløsningsmidler. Herudover skønnes vandet at indeholde mængder af jernokker og manganbrunsten svarende til 0,15 kg jernokker og 0,12 kg manganbrunsten udledt hvert 2. år.

Vandets pH-værdi vurderes at være i intervallet 7,3 - 7,4.

Udtalelse fra kommunens kloakforsyning

Kloakforsyningen bemærker, at afledningen af skylle- og overskudsvand til offentlig kloak skal ske under hensyntagen til Miljøstyrelsens anbefalinger til koncentrationer af chlorerede opløsningsmidler i afledt spildevand.

3. Miljøteknisk vurdering

Der skal afledes returskyllevand i 2 faser henholdsvis en aktiv og passiv fase. I den aktive fase skal der udledes 6 m³ returskyllevand en gang i døgnet i et halvt år, svarende til en samlet udledning på 1.100 m³. Returskyllevandet kan indeholde TCE op til 400 µg/l samt nedbrydningsprodukterne cis-1,2-DCE på 76 µg/l og VC på 1,1 µg/l.

I den passive fase udledes råvand med et flow på 1 m³/t i en periode over 4 døgn. Derudover skal der over 4 døgn udledes 6 m³ returskyllevand en gang i døgnet. I alt skal der i den passive fase udledes 120 m³ spildevand. Indholdet af chlorerede opløsningsmidler i den passive fase forventes ikke at være over 10 µg/l.

Spildevandet vurderes i forhold til kravene defineret i Miljøstyrelsens vejledning nr. 2 fra 2006 om tilslutning af industrispildevand til offentlig kloak. Miljøstyrelsen inddeler de organiske stoffer i liste A-, B- og C-stoffer. Liste A indeholder stoffer, som er uønskede i spildevandet. Liste B indeholder stoffer, som ønskes begrænset i spildevandet, mens liste C indeholder alle de øvrige organiske stoffer.

Både TCE og cis-1,2-DCE er liste A-stoffer og derfor uønskede i spildevandssystemet. Miljøstyrelsen har fastsat vejledende grænseværdier for TCE og cis-1,2-DCE på henholdsvis 10 µg/l og 6 µg/l. For VC er der ikke fastsat en grænseværdi, men som tommelfingerregel er grænseværdien for visse A-stoffer en faktor 10 over grundvandskvalitetskriteriet. En grænseværdi for VC vil derfor være på 2 µg/l.

Indholdet af chlorerede opløsningsmidler ligger væsentligt over Miljøstyrelsens vejledende kravværdier (op til en faktor 40). Endvidere er det kommunens vurdering, at der er risiko for at indholdet af nedbrydningsprodukter herunder VC vil stige væsentligt, såfremt der ikke sker fuldstændig nedbrydning af TCE i forbindelse med afværgeløsningen.

På baggrund heraf er det kommunens vurdering, at der skal foretage en rensning af det udledte spildevand inden det ledes til offentlig kloak, således at grænseværdierne for de chlorerede opløsningsmidler og dets nedbrydningsprodukter kan overholdes.

Kulfilter vurderes på nuværende tidspunkt at være bedst anvendelige teknologi til rensning af vand for chlorerede opløsningsmidler.

I forbindelse med skyllingen af sandfilteret udledes der jernokker og manganbrunsten. For at kunne vurdere risikoen for sedimentation af materiale i den offentlige kloak stilles der vilkår om, at skyllevandet analyseres for hhv. suspenderet og bundfældeligt stof.

4. Tilladelse til udledning til offentlig spildevandskloak

Stevns Kommune meddeler hermed tilladelse til udledning af spildevand til det offentlige kloaksystem i medfør af miljøbeskyttelseslovens § 28, stk. 3, jf. Miljøministeriets lovebekendtgørelse nr. 1757 af 22. december 2006 på nedenstående vilkår:

4.1 Indretning og drift

4.1.1

Stevns Kommune skal underrettes, når udledningen af spildevand går i gang.

4.1.2

Udledning af spildevand skal ske i overensstemmelse med det ansøgte. Såfremt der sker ændringer i forudsætningerne, der ligger til grund for tilladelsen, skal Stevns Kommune underrettes.

4.1.3

Der skal installeres en måler eller lignende til registrering af den afledte vandmængde.

4.1.4

Den afledte vandmængde skal registreres månedligt og opsummeres i en driftsjournal.

4.1.5

Der må maksimalt afledes 1.100 m³ skyllevand i den aktive fase og 120 m³ vand i den passive fase til offentlig kloak.

4.1.6

Skyllevandet skal renses inden afledning til offentlig kloak.

4.2 Egenkontrol og kontrolvilkår

4.2.1

Ved afledning til offentlig kloak må spildevandets indhold af chlorerede opløsningsmidler ikke overstige grænseværdierne i nedenstående tabel. Spildevandsprøverne skal analyseres i overensstemmelse med nedenstående parametre:

Parameter	ABC ¹	Grænseværdi (gv)	Analysemetode skal opfylde en detektionsgrænse på 1/10 af gv ²	Prøvetagning
Trichlorethylen	A	10 µg/l	1 µg/l	³
Sum af chlorerede nedbrydningsprodukter	A	6 µg/l	0,6 µg/l	³
Vinylchlorid	A	2 µg/l	0,2 µg/l	³

¹Miljøstyrelsens vejledning nr. 2/2006, Tilslutning af industrispildevand til offentlige spildevandsanlæg:

ABC-stoffer: A-stoffer bør elimineres eller minimeres mest mulig
B-stoffer bør begrænses så vandkvalitetskrav/kriterier overholdes og ved bedste tilgængelige teknik
C-stoffer bør begrænses ud fra ressourcehensyn og eventuelle effekter på renseanlæg og vandområde

² Hvis det ikke er muligt at opfylde en detektionsgrænse på 1/10 af grænseværdien, skal analysemetoden aftales med kommunen

³ Der skal fremsendes forslag til repræsentativ prøvetagning til kommunens godkendelse inden der udledes spildevand.

4.2.2

Ved førstkommende udtagning af spildevandsprøver skal der ud over kravene nævnt i vilkår 4.2.1 foretages analyser for hhv. suspenderet og bundfældeligt stof.

Bilag 3: Tilslutningstilladelse og rapportering side 6 / 9

4.2.3

Spildevandsprøverne nævnt i vilkår 4.2.1 og 4.2.2 skal udtages og analyseres af et akkrediteret laboratorium, jf. bekendtgørelse nr. 1353 af 11. december 2006 om kvalitetskrav til miljømålinger udført af akkrediterede laboratorier, certificerede personer m.v. Region Sjælland betaler udgifterne hertil.

4.2.4

Som dokumentation for om grænseværdierne er overholdt skal regionens rådgiver fremsende forslag til prøvetagningsinterval til kommunens godkendelse senest 14 dage før, der afledes spildevand til offentlig kloak.

4.2.5

Grænseværdierne er overholdt, når enhver prøve overholder grænseværdien.

4.2.6

Der skal udarbejdes en driftsjournal til brug for registrering af:

- Afledte vandmængder, der aflæses månedligt og opsummeres.
- Dato og beskrivelse af evt. driftsforstyrrelser eller uheld.
- Resultat af egenkontrol (analyserapporter).

4.3 Afrapportering

4.3.1

Driftsjournalen jf. vilkår 4.2.6 sammenfattes i en samlet rapport, som skal fremsendes til senest 4 uger efter at den aktive fase er afsluttet. Senest 4 uger efter at den passive fase er afsluttet fremsendes en samlet rapport, der beskriver resultaterne og driften af den samlede udledning.

4.3.2

Såfremt en spildevandsprøve viser overskridelse af de i vilkår 4.2.1 anførte grænseværdier ved afledning til kloak, skal Stevns Kommune skriftligt orienteres snarest og senest 14 dage efter, at analyseresultatet foreligger. Der skal samtidig foreligge en redegørelse for årsag til overskridelserne, samt hvad ansøger vil gøre for at forhindre nye overskridelser af grænseværdierne.

4.3.3

Senest en uge efter afledningen er afsluttet, meddeles dette skriftligt til Stevns Kommune.

4.4 Øvrige vilkår

4.4.1

Stevns Kommune forbeholder sig ret til at ændre vilkårene i denne tilladelse, såfremt forhold i recipient, i kloaksystem, på renseanlæg eller renere teknologi i branchen mv. taler herfor. Der kan ligeledes stilles krav om flere spildevandsanalyser for at eftervise, at tilladelsen overholdes.

5. Klagevejledning

I medfør af miljøbeskyttelseslovens kapitel 11 kan Stevns Kommunes afgørelse i denne sag påklages til Miljøklagenævnet af Jer og enhver, som må antages at have individuel, væsentlig interesse i sagens udfald.

Herudover kan følgende påklage afgørelsen:

- Miljøcenter Roskilde
- Embedslægeinstitutionen
- Danmarks Sportsfiskerforbund
- Danmarks Naturfredningsforening
- Det Økologiske Råd
- Samt øvrige som er omfattet af bestemmelserne i miljøbeskyttelseslovens § 100, som lyder:

§ 100. Lokale foreninger og organisationer, der har beskyttelse af natur og miljø som hovedformål, kan påklage afgørelser, som foreningen eller organisationen har ønsket underretning om, jf. § 76, stk. 1. Lokale foreninger og organisationer, der efter deres formål varetager væsentlige rekreative interesser, kan påklage afgørelser, som foreningen eller organisationen har ønsket underretning om, jf. § 76, stk. 1, når afgørelsen berører sådanne interesser og klagen har til formål at varetage natur- og miljøbeskyttelse.

Stk. 2. Landsdækkende foreninger og organisationer, der efter deres vedtægter har beskyttelse af natur og miljø som hovedformål, kan påklage afgørelser efter bestemmelserne i kapitel 3, 4 og 5.

Stk. 3. Landsdækkende foreninger og organisationer, der efter deres vedtægter har til formål at varetage væsentlige rekreative interesser, kan påklage afgørelser efter bestemmelserne i

kapitel 3, 4 og 5, når afgørelsen berører sådanne interesser og klagen har til formål at varetage natur- og miljøbeskyttelse.

Stk. 4. Lokale afdelinger af landsdækkende foreninger eller organisationer er ikke omfattet af bestemmelsen i stk. 1-3.

Stk. 5. Klagemyndigheden kan til efterprøvelse af klageberettigelsen forlange, at foreningen eller organisationen fremsender vedtægterne.

Afgørelsen bekendtgøres offentligt ved annoncering i Stevnsbladet den 29. oktober 2007.

Klagefristen er 4 uger fra afgørelsens bekendtgørelse.

Eventuel klage over denne afgørelse skal stiles til Miljøklagenævnet, men sendes skriftligt til Stevns Kommune. Klagen skal være Stevns Kommune i hænde senest den 26. november 2007, hvorefter Stevns Kommune videresender klagen til Miljøklagenævnet.

Afgørelsen kan iht. miljøbeskyttelseslovens § 101 indbringes for domstolene inden 6 måneder efter offentliggørelse af afgørelsen. Hvis sagen påklages er fristen 6 måneder fra den dato, hvor der er truffet endelig administrativ afgørelse i sagen.

Henrik Husum Nielsen (HHN)

From: Henrik Husum Nielsen (HHN)
Sent: 25. november 2008 13:19
To: 'Jesper Koziara'
Subject: Hellestedvej 22. Udledning af skyllevand til kloak.
Attachments: Document.pdf
filename: C:\inetpub\mailroot\DocWeb\Relay\hhn2008-11-25_01-19-01-1.eml
Journalled by: Henrik Husum Nielsen (HHN)
Project no: 06.142.01

Hej Jesper,

Hermed fremsendes dokumentation for udledning af skyllevand (aktiv fase) til kloak i henhold til tilslutningstilladelsen dateret 24. oktober 2007.

Anlægget i den aktive fase blev sat i drift den 29. maj 2008 og blev drevet frem til den 13. november 2008.

I den aktive fase er det eksisterende anlæg ombygget og styringen af anlægget ændret så returskyllingen sker automatisk. Som skyllevand afvendes oppumpet råvand. Skyllevandet er oppumpet til en 25 m³ skyllevandstank. Skyllevandstanken er placeret i forlængelse af vandbehandlingsanlægget.

Skyllevandet er genanvendt i forbindelse med returskyllingen. Således er der alene udledt skyllevand til kloak ved afslutningen af den aktive fase.

Ved afslutning af den aktive fase er der således udledt 25 m³ skyllevand til kloak. Vandet er rensat i kulfiltre inden udledning til kloak. I forbindelse med udledning af skyllevandet til kloak er der udtaget en vandprøve. Vandprøven er i henhold til udledningstilladelsen analyseret for chlorerede opløsningsmidler og deres nedbrydningsprodukter, suspenderet stof og bundfældelige stoffer.

Analyserapporten for vandprøve af skyllevand er vedhæftet mailen.

Af analyserapporten fremgår det, at udledningskravene for chlorerede opløsningsmidler og deres nedbrydningsprodukter er overholdt, idet der er påvist et indhold af vinylchlorid på 0,42 µg/liter. Der er ikke påvist indhold af de øvrige chlorerede opløsningsmidler og deres nedbrydningsprodukter over detektionsgrænsen.

Det forudsættes, at nærværende e-mail er fyldestgørende som rapportering i henhold til tilslutningstilladelsen. Spørgsmål eller kommentarer kan rettes til undertegnede.

Med venlig hilsen

Henrik Husum Nielsen
Akademiingeniør, HD

.....
NIRAS
Sortemosevej 2, 3450 Allerød
www.niras.dk

Telefon 4810 4200, Fax 4810 4300
Direkte 4810 4412, Mobil 2141 8314
hhn@niras



NIRAS
Sortemosevej 2
3450 Allerød
Henrik H. Nielsen

ANALYSERAPPORT

Udskrevet: 21-11-2008
Version: 1
Udtaget: 13-11-2008
Modtaget: 13-11-2008
Påbegyndt: 13-11-2008
Udtaget af: NIRAS/LB

Vand

Sagsnummer: Sag 06.142.01
Kunde: Region Sjælland, Alléen 15, 4180 Sorø
Rådgiver: NIRAS, Sortemosevej 2, 3450 Allerød
Provested: Sag 06.142.01, Hellestedvej 22, 4652 Hårlev

RESULTATER FOR PRØVE 51047

Parameter	Enhed	Metode	Skyllevand 51047/08 *1
Kommentar nr:			
Bundfældelige stoffer efter 2h	ml/l	DS 233	<0.1
Opslømmede stoffer (Susp. st.)	mg/l	DS 207(DS/EN 872)	8.7
Punge & Trap, chlor. og nedbr.		GC/MS, P&T, AK152	påvist
Trichlormethan (Chloroform)	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.020
1,1,1-trichlorethan	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.020
Tetrachlormethan	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.020
Trichlorethylen	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.020
Tetrachlorethylen	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.020
Chlorethan	# µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.10
Vinylchlorid	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	0.42
1,1-dichlorethylen	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.020
trans-1,2-dichlorethylen	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.020
cis-1,2-dichlorethylen	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.020
1,2-dibromethan	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.020
1,2-dichlorethan	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.020
1,1-dichlorethan	µg/l	GC/MS, P&T, AK152	<0.020

KOMMENTARER

*1 Ingen kommentar

Henrik Olsen



Product data

Rev.No.2/3011

PURASAL®S

Description

PURASAL S is the sodium salt of natural L(+)-lactic acid, produced by fermentation of sugar. It has a mild saline taste, antimicrobial properties and is neutral by pH. PURASAL S is a clear liquid solution. L-sodium lactate is soluble in water.

PURASAL S is the ultra pure food grade L-sodium lactate.

Specification

Product Form	L-sodium lactate liquid
--------------	-------------------------

Assay

Assay	58.8-61.2% w/w
Assay sodium	12.1-12.6% w/w
Density at 20°C	1.32-1.34 g/ml

Visual sensoric characteristics

Color fresh	max. 25 Apha
Odor	passes test

Identification

Identification of sodium and lactate	passes test
Stereochemical purity (L-isomer)	min. 95%

Purity

Cyanide	max. 0.3 ppm
Lead	max. 2 mg/kg
Citrate, oxalate, phosphate, tartrate	passes test
Sugars	passes test
Methanol and methyl esters	max. 0.025% w/w
Chloride	max. 0.03% w/w
Sulphate	max. 0.003 % w/w
pH (direct)	6.5-8.5
pH 10% (v/v)	6.0-7.5

Physical-chemical properties

Molecular formula	CH ₃ CHOHCOONa
Molecular weight	112 (anhydrous)
Chemical name	Sodium L-2-hydroxy-propionate

Registration

CAS number	72-17-3
EEC additive number	E 325
USA	GRAS
Complies with	FCC

Packaging

PURASAL S is supplied in 210 L (55 gallon) polyethylene drums (275 kg, 606 lbs), 1000 L (264 gallon) semibulk containers (1315 kg, 2899 lbs) and bulk containers.

Copyright © PURAC. All rights reserved. No part of this publication may be copied, downloaded, reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recorded or otherwise, without permission of the publisher. No representation or warranty is made as to the truth or accuracy of any data, information or opinions contained herein or as to their suitability for any purpose, condition or application. None of the data, information or opinions contained herein may be relied upon for any purpose or reason. PURAC disclaims any liability, damages, losses or other consequences suffered or incurred in connection with the use of the data, information or opinions contained herein. In addition, nothing contained herein shall be construed as a recommendation to use any products in conflict with existing patents covering any material or its use.

For further information:

<http://www.purac.com/>

Page 1 of 1



Experience you can rely on, Products you can trust™

EOS PRO		PRODUCT INFORMATION SHEET Emulsified Oils Family	
Description	EOS PRO (formerly 598B42) is a nutrient-enriched, DoD-validated, food-grade oil/water emulsion designed to quickly stimulate microbial activity while providing long-term nourishment to enhance anaerobic bioremediation of chlorinated solvents, nitrates, perchlorate, energetics, acid mine drainage, and other recalcitrant chemicals in contaminated groundwater. EOS PRO can also be used to reduce redox sensitive metals and radionuclides. The negative surface charges on the droplets combined with small droplet size promote effective transport in the subsurface.		
	EOS PRO benefits:		
	• Includes biostimulating vitamins and nutrients • Rapidly-biodegradable substrates to “jump start” bacterial growth • Slow release biodegradable substrates to promote long-term biological activity • Small oil droplet size • Negative surface charge • Neutral pH • Extensive third party validation		
EOS PRO incorporates the proven patented EOS® technologies that clients have trusted for more than a decade. Made in the USA with US farmed soybean oil.			
Chemical & Physical Properties	Oil Emulsion Concentrate: EOS PRO		Typical
	Refined and Bleached US Soybean Oil (% by wt.)		59.8
	Rapidly Biodegradable Soluble Substrate (% by wt.)		4
	Other Organics (emulsifiers, food additives, etc.) (% by wt.)		10
	Specific Gravity		0.96 - 0.98
	pH (Standard Units)		6.0 - 7.0
	Median Oil Droplet Size (microns)		1.0
	Organic Carbon (% by wt.)		74
	Mass of Hydrogen Produced (lbs. H ₂ per lb. EOS PRO)		0.25
	Packaging	Shipped in 55-gallon drums, 275-gallon IBC totes or bulk tankers (40,000 lbs.)	
Handling & Storage	EOS PRO is shipped as a ready-to-use concentrated emulsion that can be diluted with water in the field to prepare a high quality suspension for easy injection. EOS PRO has a low viscosity and can be distributed with commonly available pumps or continuous metering with a diluter (e.g., Dosatron™). Dilution ratios for EOS PRO commonly range from 4:1 to 20:1 (water: EOS PRO) depending on site conditions. EOS PRO injections should be followed with additional chase water to maximize distribution of EOS PRO into the formation.		
	For best performance, use EOS PRO within 60 days of delivery and store at a temperature between 40°F (4°C) to 100°F (38°C).		

Phone: 919.873.2204
Web: www.eosremediation.com

Copyright© 2012, EOS Remediation, LLC

Rev. 06.19.2012

[illegible]

Bemærkninger:
 Aktivt ERD-anlæg i kalken er startet op den 29. maj 2008 (= torsdag i uge 22)
 Bakterier er tilsat i injektionsboringerne den 24. juni 2008 (tirsdag i uge 26) (gennem pejllestuds???)

[illegible]

Bemærkninger:
Aktivt ERD-anlæg i kalken er starten op den 29. maj 2008 (= tor
Bakterier er tilsat i injektionsboringerne den 24. juni 2008 (tirsd

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boreriger side 1 / 20

218.1150 Afv							
Dato	01-06-2005	15-05-2008	27-06-2008	24-07-2008	19-08-2008	15-09-2008	13-10-2008
Antal dage	-1093	-14	29	56	82	109	137
Filterkote						18,74	18,74
*Filterdybde (m.u.L.)							
Felt-bemærkninger			klar	klar		god ydelse + klar, ingen lugt	God ydelse, klar + bakterielugt
Field remarks			clear	clear	god ydelse + klar	good yield, clear, no smell	Good yield, clear, smell of bacteria
Feltparametre							
Vandstand (m.u.L.)						12,9	
Vandstand (kote)						5,891	
pH (-)		#N/A	7,32	7,59	6,81	7	7,10
Temperatur (°C)		#N/A	10,8	11	12	11	10,8
Ledningsevne (mS/m)		#N/A	101,1	95,9	95,0	94,5	101,3
Redoxforhold							
Redoxpotential (mV)			-214,0	-112,0	-208,0	-189	-148
It (mg/l) (feltmåling)	#N/A	#N/A	0,06	1,22	0,28	3	0,35
Nitrat (mg/L)	3,40	#N/A	0,03	0,062	0,03	0,03	0,07
Jern, opløst (mg/L)	16,00	#N/A	0,43	0,61	0,6	1	0,54
Sulfat (mg/L)	37	#N/A	4	23	25	25	28
Methan (mg/L)	0,01	#N/A	1,39	0,09	0,06	0,05	0,14
NVOC (mg/L)	0,51	#N/A	79	11	16	14	22
Flygtige syrer							
Myresyre / Format							
Mækesyre / Laktat							
Eddikesyre / acetat							
Propionsyre / propionat							
Smørsyre / Butan							
Isomørsyre / isobutansyre							
Valerianesyre							
Isovalerianesyre							
Capronsyre							
Chlorerede µg/L (MAX)	MAXIMUM						
PCE (µg/l)	0,14	#N/A	0,02	0,2	0,02	0,2	0,02
TCE (µg/l)	460	#N/A	0,61	0,2	0,086	0,2	0,05
cis-DCE (µg/l)	5,9	#N/A	32	13	14	3,4	11
trans-DCE (µg/l)	0,34	#N/A	1,2	0,3	0,53	0,2	0,4
1,1-DCE (µg/L)	0,023	#N/A	0,08	0,2	0,046	0,2	0,05
VC (µg/l)	0,11	#N/A	15	18	7,5	3,7	18
Ethen (µg/l)	#N/A	#N/A	2,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ethan (µg/l)	#N/A	#N/A	2,5	0,5	0,5	0,6	0,5
Sum (MAX)	#N/A	#N/A	48,91	31,9	22,182	7,9	29,52
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	#N/A	53,91	32,9	23,182	9	30,52
Chlorerede nM (MAX)	MAXIMUM						
PCE (nM)	0,84	#N/A	0,12	1,21	0,12	1,21	0,12
TCE (nM)	3498,10	#N/A	4,64	1,52	0,65	1,52	0,38
cis-DCE (nM)	60,82	#N/A	329,90	134,02	144,33	35,05	113,40
trans-DCE (nM)	3,51	#N/A	12,37	3,09	5,46	2,06	4,12
1,1-DCE (nM)	0,24	#N/A	0,82	2,06	0,47	2,06	0,52
VC (nM)	1,76	#N/A	240,00	288,00	120,00	59,20	288,00
Ethen (nM)	#N/A	#N/A	89,29	17,86	17,86	17,86	17,86
Ethan (nM)	#N/A	#N/A	83,33	16,67	16,67	20,00	16,67
Sum (MAX)	#N/A	#N/A	588	430	271	101	407
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	#N/A	760	464	306	139	441
Chlorerede µg/L (MIN)	MINIMUM						
PCE (µg/l)	0,14	#N/A	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	460	#N/A	0,61	0	0,086	0	0,05
cis-DCE (µg/l)	5,9	#N/A	32	13	14	3,4	11
trans-DCE (µg/l)	0,34	#N/A	1,2	0,3	0,53	0	0,4
1,1-DCE (µg/L)	0,023	#N/A	0,08	0	0,046	0	0,05
VC (µg/l)	0,11	#N/A	15	18	7,5	3,7	18
Ethen (µg/l)	#N/A	#N/A	0	0	0	0	0
Ethan (µg/l)	#N/A	#N/A	0	0	0	0,6	0
Sum (MIN)	#N/A	#N/A	48,89	31,3	22,162	7,1	29,5
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	#N/A	#N/A	48,89	31,3	22,162	7,7	29,5
Chlorerede nM (MIN)	MINIMUM						
PCE (nM)	0,84	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	3498,10	#N/A	4,64	0,00	0,65	0,00	0,38
cis-DCE (nM)	60,82	#N/A	329,90	134,02	144,33	35,05	113,40
trans-DCE (nM)	3,51	#N/A	12,37	3,09	5,46	0,00	4,12
1,1-DCE (nM)	0,24	#N/A	0,82	0,00	0,47	0,00	0,52
VC (nM)	1,76	#N/A	240,00	288,00	120,00	59,20	288,00
Ethen (nM)	#N/A	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ethan (nM)	#N/A	#N/A	0,00	0,00	0,00	20,00	0,00
Sum (MIN)	#N/A	#N/A	588	425	271	94	406
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	#N/A	#N/A	588	425	271	114	406
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	#N/A	#N/A	59%	59%	54%	66%	60%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	#N/A	#N/A	47%	56%	48%	62%	57%
Bakterier							
DHC (# cells/ml)		#N/A	2,5E+03	8,3E+03	2,8E+03	9,30E+03	2,30E+03

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boreriger side 2/ 20

218.1150 Afv										
Dato	11-11-2008	18-12-2008	21-01-2009	04-03-2009	09-06-2009	30-09-2009	21-01-2010	10-06-2010	29-09-2010	15-12-2010
Antal dage	186	203	237	279	376	489	602	742	853	930
Filterkode	18,74	18,74	18,74	18,74	18,74					
*Filterdybde (m.u.L.)										
Felt-bemærkninger	god ydelse + klar	god ydelse, uklar sort skær	klar, sort bundfald	Klar, hvidig	klar, rådden lugt	klar	klar, svag rådden lugt	klar		god ydelse + klar
Field remarks	good yield, clear	good yield, cloudy, blackish gleam	clear, black precipitate	Clear, rotten smell	clear	Clear, rotten smell	clear	clear		good yield, clear
Feltparametre				clear, white colour				clear		
Vandstand (m.u.L.)	12,0			6,4	7,06					3,47
Vandstand (kote)	6,791			12,311	11,681					
pH (-)	7,05	6,79	6,76	7	7,65	7,2	6,95	7,02	6,91	6,90
Temperatur (°C)	10,6	10,7	12,2	11	10,9		10,7	10,8	11,2	10,5
Ledningsevne (mS/m)	102	144,3	136,4	119	107	109	78,8	111	114,3	151
Redoxforhold										
Redoxpotential (mV)	-112	-364	-245	-149	-301		92	-197	-157	-235
lt (mg/l) (feltmåling)	0,63	0,25	0	1	0,20		0,05	1,91	0,07	0,05
Nitrat (mg/L)	0,046	0,03	0,108	0,03	0,03	0,03	0,051	0,03	0,097	0,07
Jern, opløst (mg/L)	0,6	0,97	1,4	1	0,74	0,93	1	0,89	0,55	1,20
Sulfat (mg/l)	24	0,50	0,50	7	22	12	13	11	4	8
Methan (mg/L)	0,03	1,10	1,50	2,80	2,60	14,00	16,00	14,20	33,94	28,00
NVOC (mg/L)	19	91,6	139,2	61	9,6	10,1	2	1,9	4,5	1,8
Flygtige syrer										
Myresyre / Format					5,00					
Mækesyre / Laktat					10,00					
Eddikesyre / acetat					10,00					
Propionsyre / propionat					10,00					
Smørsyre / Butan					10,00					
Isosmersyre / isobutansyre					10,00					
Valeriansyre					10,00					
Isovaleriansyre					10,00					
Capronsyre					10,00					
Chlorede µg/L (MAX)										
PCE (µg/l)	0,02	4	0,02	0,4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
TCE (µg/l)	0,037	4	0,43	0,4	0,067	0,047	0,053	0,02	0,02	0,1
cis-DCE (µg/l)	12	72	4,4	31	0,29	0,48	5	0,025	0,031	1,6
trans-DCE (µg/l)	0,31	4	2,5	0,56	0,046	0,068	0,18	0,02	0,06	0,081
1,1-DCE (µg/L)	0,02	4	0,02	0,4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
VC (µg/l)	27	30	3,7	34	0,81	5,5	1,1	0,27	0,059	0,081
Ethen (µg/l)	0,5	0,5	0,5	190	67,7	54	45	19	12	4,0
Ethan (µg/l)	0,5	0,5	6,48	18	26,9	32	27	25	31	30
Sum (MAX)	39,387	118	11,07	66,76	1,253	6,135	6,373	0,375	0,21	1,902
Sum (MAX) inkl eten+ethan	40,387	119	18,05	274,76	95,853	92,135	78,373	44,375	43,21	35,902
Chlorede nM (MAX)										
PCE (nM)	0,12	24,13	0,12	2,41	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
TCE (nM)	0,28	30,42	3,27	3,04	0,51	0,36	0,40	0,15	0,15	0,76
cis-DCE (nM)	123,71	742,27	45,36	319,59	2,99	4,95	51,55	0,26	0,32	16,49
trans-DCE (nM)	3,20	41,24	25,77	5,77	0,47	0,70	1,86	0,21	0,62	0,84
1,1-DCE (nM)	0,21	41,24	0,21	4,12	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
VC (nM)	432,00	480,00	59,20	544,00	12,96	88,00	17,60	4,32	0,94	1,30
Ethen (nM)	17,86	17,86	17,86	6785,71	2417,86	1928,57	1607,14	678,57	428,57	142,86
Ethan (nM)	16,67	16,67	216,00	600,00	896,67	1066,67	900,00	833,33	1033,33	1000,00
Sum (MAX)	560	1359	134	879	17	94	72	5	2	20
Sum (MAX) inkl eten+ethan	594	1394	368	8265	3332	3090	2579	1517	1464	1163
Chlorede µg/L (MIN)										
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	0,037	0	0,43	0	0,067	0,047	0,053	0	0	0,1
cis-DCE (µg/l)	12	72	4,4	31	0,29	0,48	5	0,025	0,031	1,6
trans-DCE (µg/l)	0,31	0	2,5	0,56	0,046	0,068	0,18	0	0,06	0,081
1,1-DCE (µg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VC (µg/l)	27	30	3,7	34	0,81	5,5	1,1	0,27	0,059	0,081
Ethen (µg/l)	0	0	0	0,5	67,7	54	45	19	12	4,0
Ethan (µg/l)	0	0	6,48	29	26,9	32	27	25	31	30
Sum (MIN)	39,347	102	11,03	65,56	1,213	6,095	6,333	0,295	0,15	1,902
Sum (MIN) inkl eten + ethan	39,347	102	17,51	95,06	95,813	92,095	78,333	44,295	43,15	35,902
Chlorede nM (MIN)										
PCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	0,28	0,00	3,27	0,00	0,51	0,36	0,40	0,00	0,00	0,76
cis-DCE (nM)	123,71	742,27	45,36	319,59	2,99	4,95	51,55	0,26	0,32	16,49
trans-DCE (nM)	3,20	0,00	25,77	5,77	0,47	0,70	1,86	0,00	0,62	0,84
1,1-DCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	432,00	480,00	59,20	544,00	12,96	88,00	17,60	4,32	0,94	1,30
Ethen (nM)	0,00	0,00	0,00	17,86	2417,86	1928,57	1607,14	678,57	428,57	142,86
Ethan (nM)	0,00	0,00	216,00	966,67	896,67	1066,67	900,00	833,33	1033,33	1000,00
Sum (MIN)	559	1222	134	869	17	94	71	5	2	19
Sum (MIN) inkl eten + ethan	559	1222	350	1854	3331	3089	2579	1516	1464	1162
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	61%	46%	81%	95%	99,8%	98,9%	98,4%	99,9%	99,9%	98,9%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	59%	46%	80%	79%	99,8%	98,9%	98,4%	99,9%	99,9%	98,9%
Bakterier										
DHC (# cells/ml)	2,80E+03	1,10E+06	5,8E+05	3,80E+05	1,70E+04	#N/A	2,5E+03	3,6E+03	1,1E+03	7,30E+03

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boreriger side 3/ 20

Skole						
Dato	01-06-2005	15-05-2008	27-06-2008	24-07-2008	19-08-2008	15-09-2008
Antal dage	-1093	-14	29	56	82	109
Filterkote				16,97	16,97	16,97
*Filter*dybde (m.u.t.)						
Felt-bemærkninger			klar	klar	god ydelse + klar	klar + god ydelse
Field remarks			clear	clear		
					good yield, clear	good yield, clear
Feltparametre						
Vandstand (m.u.t.)				11,2		11,8
Vandstand (kote)				5,726	16,966	5,196
pH (-)	#N/A	#N/A	7,63	7,65	6,5	7
Temperatur (°C)	#N/A	#N/A	10,7	11	13	11
Ledningsevne (mS/m)	#N/A	#N/A	83,2	48,8	76	80
Redoxforhold						
Redoxpotential (mV)			-92,0	-89,0	-44,0	-112
Ilt (mg/l) (feltmåling)	0,97	#N/A	0,06	1,38	0,41	3
Nitrat (mg/L)	0,50	#N/A	0,03	0,082	0,03	0,03
Jern, opløst (mg/L)	0,57	#N/A	0,84	1,2	1,2	1
Sulfat (mg/l)	30	#N/A	34	33	33	32
Methan (mg/L)	0,01	#N/A	0,01	0,01	0,05	0,01
NVOC (mg/L)	1,4	#N/A	1,4	1,2	1,6	2
Chlorerede µg/L (MAX)	MAXIMUM					
PCE (µg/l)	0,02	#N/A	0,02	0,023	0,02	0,02
TCE (µg/l)	1,9	#N/A	0,22	0,23	0,21	0,048
cis-DCE (µg/l)	1,5	#N/A	1,7	2,3	2	0,66
trans-DCE (µg/l)	0,17	#N/A	0,17	0,17	0,16	0,04
1,1-DCE (µg/L)	0,02	#N/A	0,02	0,02	0,02	0,02
VC (µg/l)	0,11	#N/A	0,049	0,15	0,079	0,03
Ethen (µg/l)	#N/A	#N/A	0,5	0,5	0,5	0,5
Ethan (µg/l)	#N/A	#N/A	0,5	0,5	0,5	0,5
Sum (MAX)	3,72	#N/A	2,179	2,893	2,489	0,818
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	#N/A	3,179	3,893	3,489	1,818
Chlorerede nM (MAX)	MAXIMUM					
PCE (nM)	0,12	#N/A	0,12	0,14	0,12	0,12
TCE (nM)	14,45	#N/A	1,67	1,75	1,60	0,37
cis-DCE (nM)	15,46	#N/A	17,53	23,71	20,62	6,80
trans-DCE (nM)	1,75	#N/A	1,75	1,75	1,65	0,41
1,1-DCE (nM)	0,21	#N/A	0,21	0,21	0,21	0,21
VC (nM)	1,76	#N/A	0,78	2,40	1,26	0,48
Ethen (nM)	#N/A	#N/A	17,86	17,86	17,86	17,86
Ethan (nM)	#N/A	#N/A	16,67	16,67	16,67	16,67
Sum (MAX)	34	#N/A	22	30	25	8
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	#N/A	57	64	60	43
Chlorerede µg/L (MIN)	MINIMUM					
PCE (µg/l)	0	#N/A	0	0,023	0	0
TCE (µg/l)	1,9	#N/A	0,22	0,23	0,21	0,048
cis-DCE (µg/l)	1,5	#N/A	1,7	2,3	2	0,66
trans-DCE (µg/l)	0,17	#N/A	0,17	0,17	0,16	0,04
1,1-DCE (µg/L)	0	#N/A	0	0	0	0
VC (µg/l)	0,11	#N/A	0,049	0,15	0,079	0,03
Ethen (µg/l)	#N/A	#N/A	0	0	0	0
Ethan (µg/l)	#N/A	#N/A	0	0	0	0
Sum (MIN)	3,68	#N/A	2,139	2,873	2,449	0,778
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	#N/A	#N/A	2,139	2,873	2,449	0,778
Chlorerede nM (MIN)	MINIMUM					
PCE (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,14	0,00	0,00
TCE (nM)	14,45	#N/A	1,67	1,75	1,60	0,37
cis-DCE (nM)	15,46	#N/A	17,53	23,71	20,62	6,80
trans-DCE (nM)	1,75	#N/A	1,75	1,75	1,65	0,41
1,1-DCE (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	1,76	#N/A	0,78	2,40	1,26	0,48
Ethen (nM)	#N/A	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
Ethan (nM)	#N/A	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum (MIN)	33	#N/A	22	30	25	8
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	#N/A	#N/A	22	30	25	8
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	#N/A	#N/A	74%	69%	72%	87%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	#N/A	#N/A	32%	34%	33%	34%
Bakterier						
DHC (# cells/ml)	#N/A	#N/A	1,3E+02 not detected d.g.	#N/A	#N/A	#N/A

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boreriger side 4/ 20

Skole								
Dato	13-10-2008	11-11-2008	21-01-2009	04-03-2009	09-06-2009	21-01-2010	10-06-2010	29-09-2010
Antal dage	137	166	237	279	376	602	742	853
Filterkote	16,97	16,97	16,97	16,97	16,97			
*Filterdybde (m.u.t.)								
Felt-bemærkninger	god ydelse + klar	god ydelse + klar	klar	klar	klar, råddenlugt	klar, råddenlugt	klar	klar
Field remarks	Good yield, clear	good yield, clear	clear	clear	clear, rotten smel	clear, rotten smel	clear	clear
Feltparametre								
Vandstand (m.u.t.)		12,01		10,4	11,2			
Vandstand (kote)		4,956		6,606	5,816			
pH (-)	7,23	7,14	7,01	7,29	8	7,28	7,36	7,18
Temperatur (°C)	10,8	10,2	10,1	10,4	10	10,2	10,5	10,2
Ledningsevne (mS/m)	87,5	59,3	79,5	76,8	78	57,2	78,7	77,5
Redoxforhold								
Redoxpotentiale (mV)	-96	-69	-187	-110	-254	-46	-170	-190
lt (mg/l) (feltmåling)	0,41	0,48	0	0,17	0,20	0,32	1,33	0
Nitrat (mg/L)	0,10	0,081	0,03	0,049	0	0,03	0,03	0,03
Jern, opløst (mg/L)	1,10	1,2	1,2	1,2	1	0,88	1,1	1
Sulfat (mg/l)	35	31	28	33	29	38	31	28
Methan (mg/L)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,06	0,22	0,30	0,44
NVOC (mg/L)	1,4	2,5	1,5	1,8	1	2,4	1,8	1,3
Chlorerede µg/L (MAX)								
PCE (µg/l)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
TCE (µg/l)	0,17	0,043	0,14	0,12	0,099	0,054	0,02	0,037
cis-DCE (µg/l)	1,9	0,48	2	2	2,5	1,6	0,34	1,3
trans-DCE (µg/l)	0,16	0,038	0,15	0,12	0,15	0,13	0,031	0,1
1,1-DCE (µg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
VC (µg/l)	0,1	0,02	0,11	0,12	0,36	0,17	0,16	0,17
Ethen (µg/l)	0,5	0,5	0,5	0,1	0,2	1,0	4	4
Ethan (µg/l)	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	1	4	4
Sum (MAX)	2,37	0,621	2,44	2,4	3,149	1,994	0,591	1,647
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	3,37	1,621	3,44	3,1	3,849	3,994	8,591	9,647
Chlorerede nM (MAX)								
PCE (nM)	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
TCE (nM)	1,29	0,33	1,06	0,91	0,75	0,41	0,15	0,28
cis-DCE (nM)	19,59	4,95	20,62	20,62	25,77	16,49	3,51	13,40
trans-DCE (nM)	1,65	0,39	1,55	1,24	1,55	1,34	0,32	1,03
1,1-DCE (nM)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
VC (nM)	1,60	0,32	1,76	1,92	5,76	2,72	2,56	2,72
Ethen (nM)	17,86	17,86	17,86	3,57	7,14	35,71	142,86	142,86
Ethan (nM)	16,67	16,67	16,67	20,00	16,67	33,33	133,33	133,33
Sum (MAX)	24	6	25	25	34	21	7	18
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	59	41	60	49	58	90	283	294
Chlorerede µg/L (MIN)								
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	0,17	0,043	0,14	0,12	0,099	0,054	0	0,037
cis-DCE (µg/l)	1,9	0,48	2	2	2,5	1,6	0,34	1,3
trans-DCE (µg/l)	0,16	0,038	0,15	0,12	0,15	0,13	0,031	0,1
1,1-DCE (µg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0
VC (µg/l)	0,1	0	0,11	0,12	0,36	0,17	0,16	0,17
Ethen (µg/l)	0	0	0	0	0,2	1,0	0	0
Ethan (µg/l)	0	0	0	0	0,5	0	0	0
Sum (MIN)	2,33	0,561	2,4	2,36	3,109	1,954	0,531	1,607
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	2,33	0,561	2,4	2,36	3,809	2,954	0,531	1,607
Chlorerede nM (MIN)								
PCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	1,29	0,33	1,06	0,91	0,75	0,41	0,00	0,28
cis-DCE (nM)	19,59	4,95	20,62	20,62	25,77	16,49	3,51	13,40
trans-DCE (nM)	1,65	0,39	1,55	1,24	1,55	1,34	0,32	1,03
1,1-DCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	1,60	0,00	1,13	1,24	3,71	1,75	1,65	1,75
Ethen (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	7,14	35,71	0,00	0,00
Ethan (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	16,67	0,00	0,00	0,00
Sum (MIN)	24	6	24	24	32	20	5	16
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	24	6	24	24	56	56	5	16
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	73%	90%	72%	66%	64%	85%	99%	96%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	34%	31%	33%	34%	64%	77%	43%	36%
Bakterier								
DHC (# cells/ml)	#N/A	1,1E+02 not detected d.g.	1,4E+02 not detected d.g.	4,7E+02 not detected d.g.	2,4E+02 not detected d.g.	2,5E+01 not detected d.g.	1,8E+01 not detected d.g.	2,5E+01 not detected d.g.

K1		
Dato	11-10-2005	15-05-2008
Antal dage	-961	-14
Filterkote		17,95
"Filter"dybde (m.u.t.)		
Felt-bemærkninger		god ydelse + uklar + rådden lugt
Field remarks		good yield, cloudy, rotten smell
Feltparametre		
Vandstand (m.u.t.)		#N/A
Vandstand (kote)		#N/A
pH (-)	7,30	5,62
Temperatur (°C)		11,7
Ledningsevne (mS/m)	93	116,5
Redoxforhold		
Redoxpotentiale (mV)		-193,0
Ilt (mg/l) (feltmåling)	0,93	0,2
Nitrat (mg/L)	0,50	0,03
Jern, opløst (mg/L)	0,83	1,4
Sulfat (mg/l)	40	1
Methan (mg/L)	0,02	1,30
NVOC (mg/L)	0,75	6,1
Chlorerede µg/L (MAX)	MAXIMUM	
PCE (µg/l)	0,02	0,4
TCE (µg/l)	0,02	0,4
cis-DCE (µg/l)	0,02	0,43
trans-DCE (µg/l)	0,02	0,4
1,1-DCE (µg/L)	0,02	0,4
VC (µg/l)	0,05	0,4
Ethen (µg/l)	0,01	10
Ethan (µg/l)	0,01	10
Sum (MAX)	0,15	2,43
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	0,17	22,43
Chlorerede nM (MAX)	MAXIMUM	
PCE (nM)	0,12	2,41
TCE (nM)	0,15	3,04
cis-DCE (nM)	0,21	4,43
trans-DCE (nM)	0,21	4,12
1,1-DCE (nM)	0,21	4,12
VC (nM)	0,80	6,40
Ethen (nM)	0,36	357,14
Ethan (nM)	0,33	333,33
Sum (MAX)	2	25
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	2	715
Chlorerede µg/L (MIN)	MINIMUM	
PCE (µg/l)	0	0
TCE (µg/l)	0	0
cis-DCE (µg/l)	0	0,43
trans-DCE (µg/l)	0	0
1,1-DCE (µg/L)	0	0
VC (µg/l)	0,05	0
Ethen (µg/l)	0	0
Ethan (µg/l)	0	0
Sum (MIN)	0,05	0,43
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	0,05	0,43
Chlorerede nM (MIN)	MINIMUM	
PCE (nM)	0,00	0,00
TCE (nM)	0,00	0,00
cis-DCE (nM)	0,00	4,43
trans-DCE (nM)	0,00	0,00
1,1-DCE (nM)	0,00	0,00
VC (nM)	0,80	0,00
Ethen (nM)	0,00	0,00
Ethan (nM)	0,00	0,00
Sum (MIN)	1	4
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	1	4
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	63%	98%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	67%	33%
Bakterier		
DHC (# cells/ml)	#N/A	1,3E+02 not detected

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boreriger side 6 / 20

K3								
Dato	11-10-2005	15-05-2008	24-06-2008	24-07-2008	19-08-2008	15-09-2008	13-10-2008	11-11-2008
Antal dage	-961	-14	26	56	82	109	137	166
Filterkote	18,04	18,04	18,04	18,04	18,04	18,04	18,04	18,04
*Filterdybde (m.u.t.)								
Felt-bemærkninger		god ydelse + klar	hvid slæret	klar		klar, let bakterielugt + god ydelse		god ydelse + klar
Field remarks		good yield, clear	white gleam	clear	god ydelse + klar	clear, little smell og bacteria, good yield	god ydelse + klar + bakterielugt	good yield. Clear
Feltparametre								
Vandstand (m.u.t.)				6,7		7,16		7,5
Vandstand (kote)				11,336		10,876		10,586
pH (-)	7,40	6,98	7,23	8,03	7	6,98	6,96	6,94
Temperatur (°C)		11,9	13	11	12	11,8	11,3	11,8
Ledningsevne (mS/m)	94	99,3	95,5	94,6	111	126,3	128,8	113,8
Redoxforhold								
Redoxpotential (mV)		-211,0	-252,0	-181,0	-219	-215	-181	-187
It (mg/l) (feltmåling)	1,60	#N/A	0,26	1,17	0,16	2,69	0,15	0,08
Nitrat (mg/L)	<0,50	#N/A	0,302	0,087	0,06	0,06	0,11	0,095
Jern, opløst (mg/L)	0,97	#N/A	0,96	0,77	0,46	0,44	0,34	0,39
Sulfat (mg/l)	41	#N/A	8	0,2	9,00	0,5	13	11
Methan (mg/L)	0,02	#N/A	0,10	0,30	0,37	0,27	0,69	0,94
NVOC (mg/L)	0,56	#N/A	21	26	50	77	62	69
Chlorerede µg/L (MAX)	MAXIMUM							
PCE (µg/l)	0,02	#N/A	0,02	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02
TCE (µg/l)	2	#N/A	0,63	0,2	0,26	0,09	0,22	0,18
cis-DCE (µg/l)	0,79	#N/A	5,8	8,3	6,1	3,1	1,9	1,8
trans-DCE (µg/l)	0,02	#N/A	0,12	0,2	0,17	0,1	0,2	0,11
1,1-DCE (µg/L)	0,02	#N/A	0,02	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02
VC (µg/l)	0,12	#N/A	1,9	6,7	6,5	4,4	5,8	2,7
Ethen (µg/l)	0,01	#N/A	2,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ethan (µg/l)	0,01	#N/A	2,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sum (MAX)	2,97	#N/A	8,49	15,8	13,07	7,73	8,16	4,83
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	2,99	#N/A	13,49	16,8	14,07	8,73	9,16	5,83
Chlorerede nM (MAX)	MAXIMUM							
PCE (nM)	0,12	#N/A	0,12	1,21	0,12	0,12	0,12	0,12
TCE (nM)	15,21	#N/A	4,79	1,52	1,98	0,68	1,67	1,37
cis-DCE (nM)	8,14	#N/A	59,79	85,57	62,89	31,96	19,59	18,56
trans-DCE (nM)	0,21	#N/A	1,24	2,06	1,75	1,03	2,06	1,13
1,1-DCE (nM)	0,21	#N/A	0,21	2,06	0,21	0,21	0,21	0,21
VC (nM)	1,92	#N/A	30,40	107,20	104,00	70,40	92,80	43,20
Ethen (nM)	0,36	#N/A	89,29	17,86	17,86	17,86	17,86	17,86
Ethan (nM)	0,33	#N/A	83,33	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67
Sum (MAX)	26	#N/A	97	200	171	104	116	65
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	26	#N/A	269	234	205	139	151	99
Chlorerede µg/L (MIN)	MINIMUM							
PCE (µg/l)	0	#N/A	0	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	2	#N/A	0,63	0	0,26	0,09	0,22	0,18
cis-DCE (µg/l)	0,79	#N/A	5,8	8,3	6,1	3,1	1,9	1,8
trans-DCE (µg/l)	0	#N/A	0,12	0	0,17	0,1	0,2	0,11
1,1-DCE (µg/L)	0	#N/A	0	0	0	0	0	0
VC (µg/l)	0,12	#N/A	1,9	6,7	6,5	4,4	5,8	2,7
Ethen (µg/l)	0	#N/A	0	0	0	0	0	0
Ethan (µg/l)	0	#N/A	0	0	0	0	0	0
Sum (MIN)	2,91	#N/A	8,45	15	13,03	7,69	8,12	4,79
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	2,91	#N/A	8,45	15	13,03	7,69	8,12	4,79
Chlorerede nM (MIN)	MINIMUM							
PCE (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	15,21	#N/A	4,79	0,00	1,98	0,68	1,67	1,37
cis-DCE (nM)	8,14	#N/A	59,79	85,57	62,89	31,96	19,59	18,56
trans-DCE (nM)	0,00	#N/A	1,24	0,00	1,75	1,03	2,06	1,13
1,1-DCE (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	1,92	#N/A	30,40	107,20	104,00	70,40	92,80	43,20
Ethen (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ethan (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum (MIN)	25	#N/A	96	193	171	104	116	64
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	25	#N/A	96	193	171	104	116	64
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	18%	#N/A	79%	58%	61%	67%	69%	71%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	16%	#N/A	42%	52%	53%	56%	59%	55%
Bakterier								
DHC (# cells/ml)	#N/A	1,3E+02 not detected	#N/A	#N/A	#N/A	1,50E+03	#N/A	1,50E+03

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boringer side 7/20

K3									
Dato	18-12-2008	21-01-2009	04-03-2009	28-05-2009	30-09-2009	21-01-2010	10-06-2010	29-09-2010	15-12-2010
Antal dage	203	237	279	364	489	602	742	853	930
Filterkote	18,04	18,04	18,04	18,04					
*Filter*dybde (m.u.t.)									
Felt-bemærkninger	god ydelse + klar	klar	klar	klar, rådden lugt	klar, rådden lugt	klar			klar, god ydelse
Field remarks	good yield. Clear	clear	clear	clear, rotten smell	clear, rotten smell	clear	klar	klar	clear, good yield
Feltparametre									
Vandstand (m.u.t.)			5,34	5,9					2,7
Vandstand (kote)			12,696	12,106					
pH (-)	6,81	8,3	7,53	6,99	7,2	6,89	6,93	6,91	6,8
Temperatur (°C)	11,8	11,4	11,8	11,5		10,9	11,7	11,5	10,1
Ledningsevne (mS/m)	118,2	115,9	138,1	138,6	127	85,3	129,8	118	119
Redoxforhold									
Redoxpotentiale (mV)	-265	-177	-94,00	-152		-117	-259	-179	-239,0
Itt (mg/l) (feltmåling)	0,34	0,32	0,28	0,20		0,12	1,61	0,11	0,11
Nitrat (mg/L)	0,06	0,079	0,03	0,066	0,03	0,04	0,054	0,03	0,089
Jern, opløst (mg/L)	0,52	0,9	0,7	0,49	0,79	0,6	0,55	0,52	0,6
Sulfat (mg/l)	3	2	3	5	4	4	4	3	2
Methan (mg/L)	0,80	1,10	6,90	2,10	17,00	12,00	23,40	31,80	38,00
NVOC (mg/L)	32,3	24,5	9,4	1	3,2	0,93	2	0,8	1,2
Chlorederede µg/L (MAX)									
PCE (µg/l)	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
TCE (µg/l)	0,2	0,13	0,03	0,024	0,02	0,058	0,02	0,02	0,034
cis-DCE (µg/l)	0,44	1	0,14	0,071	0,25	0,24	0,03	0,042	0,21
trans-DCE (µg/l)	0,2	0,12	0,1	0,14	0,13	0,094	0,087	0,071	0,04
1,1-DCE (µg/L)	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
VC (µg/l)	0,95	1,1	0,32	0,28	1,3	0,37	0,075	0,078	0,98
Ethen (µg/l)	0,5	0,5	0,5	2,3	1	1	4	4	4
Ethan (µg/l)	0,5	0,5	0,5	0,8	1,7	2	2	3	4
Sum (MAX)	2,19	2,39	0,63	0,555	1,74	0,802	0,252	0,251	1,304
Sum (MAX) inkl eten+ethan	3,19	3,39	1,63	3,655	4,44	3,802	6,252	7,251	9,304
Chlorederede nM (MAX)									
PCE (nM)	1,21	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
TCE (nM)	1,52	0,99	0,23	0,18	0,15	0,44	0,15	0,15	0,26
cis-DCE (nM)	4,54	10,31	1,44	0,73	2,58	2,47	0,31	0,43	2,16
trans-DCE (nM)	2,06	1,24	1,03	1,44	1,34	0,97	0,90	0,73	0,41
1,1-DCE (nM)	2,06	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,00
VC (nM)	15,20	17,60	5,12	4,48	20,80	5,92	1,20	1,25	15,68
Ethen (nM)	17,86	17,86	17,86	82,14	35,71	35,71	142,86	142,86	142,86
Ethan (nM)	16,67	16,67	16,67	26,67	56,67	66,67	66,67	100,00	133,33
Sum (MAX)	27	30	8	7	25	10	3	3	19
Sum (MAX) inkl eten+ethan	61	65	43	116	118	113	212	246	295
Chlorederede µg/L (MIN)									
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	0	0,13	0,03	0,024	0	0,058	0	0	0,058
cis-DCE (µg/l)	0,44	1	0,14	0,071	0,25	0,24	0,03	0,042	0,042
trans-DCE (µg/l)	0	0,12	0,1	0,14	0,13	0,094	0,087	0,071	0,071
1,1-DCE (µg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VC (µg/l)	0,95	1,1	0,32	0,28	1,3	0,37	0,075	0,078	0,078
Ethen (µg/l)	0	0	0	2,3	0	0	0	0	0
Ethan (µg/l)	0	0	0	0,8	1,7	2	2	3	0
Sum (MIN)	1,39	2,35	0,59	0,515	1,68	0,762	0,192	0,191	0,249
Sum (MIN) inkl eten + ethan	1,39	2,35	0,59	3,615	3,38	2,762	2,192	3,191	0,249
Chlorederede nM (MIN)									
PCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	0,00	0,99	0,23	0,18	0,44	0,44	0,00	0,00	0,44
cis-DCE (nM)	4,54	10,31	1,44	0,73	2,58	2,47	0,31	0,43	0,43
trans-DCE (nM)	0,00	1,24	1,03	1,44	1,34	0,97	0,90	0,73	0,73
1,1-DCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	15,20	17,60	5,12	4,48	20,80	5,92	1,20	1,25	1,25
Ethen (nM)	0,00	0,00	0,00	82,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ethan (nM)	0,00	0,00	0,00	26,67	56,67	66,67	66,67	100,00	0,00
Sum (MIN)	20	30	8	7	25	10	2	2	3
Sum (MIN) inkl eten + ethan	20	30	8	116	81	76	69	102	3
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	79%	77%	91%	97%	92%	96%	99%	99,4%	97,6%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	59%	52%	54%	97%	88%	94%	98%	98,8%	42,8%
Bakterier									
DHC (# cells/ml)	4,7E+04	1,60E+04	4,60E+04	2,5E+03	#N/A	4,3E+02	4,2E+02	2,00E+02	780,0

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boreriger side 8/ 20

K4						
Dato	11-10-2005	15-05-2008	27-06-2008	24-07-2008	19-08-2008	15-09-2008
Antal dage	-961	-14	29	56	82	109
Filterkote				18,37	18,37	18,37
"Filter" dybde (m.u.t.)						
Felt-bemærkninger		god ydelse + klar let hvid	klar	klar		
Field remarks		good yield, clear, little white colour	clear	clear		
Feltparametre						
Vandstand (m.u.t.)				7,4	7,7	
Vandstand (kote)				10,946	10,646	
pH (-)	7,30	7,15	7,06	7,38	7	6,82
Temperatur (°C)		12	11,1	10,7	12	11,6
Ledningsevne (mS/m)	92	97	111,5	122,8	137	154,5
Redoxforhold						
Redoxpotentiale (mV)		-63,0	-236,0	-122	-209	-167
III (mg/l) (feltmåling)	1,20	0,2	0,2	1,13	0	3,01
Nitrat (mg/L)	0,50	0,03	0,03	0,076	0	0,09
Jern, opløst (mg/L)	0,19	1,1	1,4	1,9	3	3,30
Sulfat (mg/l)	43	2	0,50	0,50	0,50	0,50
Methan (mg/L)	0,02	0,19	0,73	0,77	0,25	1,00
NVOC (mg/L)	0,53	6	43	75	130	170
Chlorerede µg/L (MAX)	MAXIMUM					
PCE (µg/l)	0,02	1	0,4	2	1	1
TCE (µg/l)	13	130	160	23	1	1
cis-DCE (µg/l)	34	100	74	150	290	160
trans-DCE (µg/l)	0,09	1,6	2,6	2	2,2	1
1,1-DCE (µg/L)	0,09	1	0,4	2	1	1
VC (µg/l)	0,25	65	20	35	29	19
Ethen (µg/l)	0,01	25	10	0,5	0,5	0,5
Ethan (µg/l)	0,01	127	10	0,5	0,5	0,5
Sum (MAX)	47,45	298,6	257,4	214	324,2	183
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	47,47	450,6	277,4	215	325,2	184
Chlorerede nM (MAX)	MAXIMUM					
PCE (nM)	0,12	6,03	2,41	12,06	6,03	6,03
TCE (nM)	98,86	988,59	1216,73	174,90	7,60	7,60
cis-DCE (nM)	350,52	1030,93	762,89	1546,39	2989,69	1649,48
trans-DCE (nM)	0,93	16,49	26,80	20,62	22,68	10,31
1,1-DCE (nM)	0,93	10,31	4,12	20,62	10,31	10,31
VC (nM)	4,00	1040,00	320,00	560,00	464,00	304,00
Ethen (nM)	0,36	892,86	357,14	17,86	17,86	17,86
Ethan (nM)	0,33	4233,33	333,33	16,67	16,67	16,67
Sum (MAX)	455	3092	2333	2335	3500	1988
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	456	8219	3023	2369	3535	2022
Chlorerede µg/L (MIN)	MINIMUM					
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	13	130	160	23	0	0
cis-DCE (µg/l)	34	100	74	150	290	160
trans-DCE (µg/l)	0,09	1,6	2,6	0	2,2	1
1,1-DCE (µg/L)	0,09	1	0	0	0	0
VC (µg/l)	0,25	65	20	35	29	19
Ethen (µg/l)	0	0	0	0	0	0
Ethan (µg/l)	0	127	0	0	0	0
Sum (MIN)	47,43	297,6	256,6	208	321,2	180
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	47,43	424,6	256,6	208	321,2	180
Chlorerede nM (MIN)	MINIMUM					
PCE (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	98,86	#N/A	1216,73	174,90	0,00	0,00
cis-DCE (nM)	350,52	#N/A	762,89	1546,39	2989,69	1649,48
trans-DCE (nM)	0,93	#N/A	26,80	0,00	22,68	10,31
1,1-DCE (nM)	0,93	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	4,00	#N/A	320,00	560,00	464,00	304,00
Ethen (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
Ethan (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum (MIN)	455	#N/A	2326	2281	3476	1964
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	455	#N/A	2326	2281	3476	1964
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	26%	75%	39%	40%	38%	39%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	26%	#N/A	20%	39%	38%	38%
Bakterier						
DHC (# cells/ml)	#N/A	1,1E+03	1,0E+04	2,8E+04	1,90E+04	1,40E+05

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boringer side 9/ 20

K4											
Dato	13-10-2008	11-11-2008	18-12-2008	21-01-2009	04-03-2009	28-05-2009	30-09-2009	21-01-2010	10-06-2010	29-09-2010	15-12-2010
Antal dage	137	166	203	237	279	364	489	602	742	853	930
Filterkote	18,37	18,37	18,37	18,37	18,37	18,37					
*Filterdybde (m.u.L.)											
Felt-bemærkninger	god ydelse + klar + bakterielugt	god ydelse + klar	god ydelse + klar	uklar, svagt hvid	klar	klar	klar, svag hvid	klar, svag rådden lugt	klar		god ydelse + klar
Field remarks	Good yield, clear, smell of bacteria	good yield. Clear	good yield. Clear	Cloudy, little white colour	clear	clear	clear, whitish	clear, vague rotten smell	clear	klar	good yield. Clear
Feltparametre											
Vandstand (m.u.L.)		8,1			5,7	6,32					
Vandstand (kote)		10,316			12,626	12,046					
pH (-)	6,83	6,8	6,91	7,05	8	7,04	7,2	6,87	6,92	6,93	6,79
Temperatur (°C)	11,8	11,5	11,3	12,2	12	11,7		11,6	11,8	10,9	10,8
Ledningsevne (mS/m)	170	167	146,8	142,4	142	1411	145	112,8	142,3	135,4	148
Redoxforhold											
Redoxpotentiale (mV)	-134	-91	-237	-143	-157	-231		-135	-264	-171	-218
It (mg/l) (feltmåling)	0,17	0,25	0,26	0,26	0	0,20		0,03	1,88	0,06	0,21
Nitrat (mg/L)	0,07	0,081	0,104	0,059	0	0,08	0,053	0,078	0,088	0,03	0,19
Jern, opløst (mg/L)	3,40	3,8	3,9	4,2	5	5,10	4,5	3,7	3,3	4,3	4,90
Sulfat (mg/l)	0,50	0,50	0,50	0,50	1	0,50	3	6	11	14	14
Methan (mg/L)	1,10	1,10	0,42	4,20	3,30	12,00	18,00	25,00	24,80	29,07	30,00
NVOc (mg/L)	210	170	80,3	69,7	41	22,8	16,5	1,1	2,4	1,1	1,7
Chlorerede µg/L (MAX)											
PCE (µg/l)	1	0,02	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
TCE (µg/l)	1	0,18	0,2	0,072	0,056	0,064	0,02	0,042	0,033	0,03	0,034
cis-DCE (µg/l)	240	1,8	2	12	17	2,4	0,15	0,27	0,3	0,32	0,21
trans-DCE (µg/l)	2,5	0,11	0,2	0,4	0,28	0,17	0,12	0,087	0,053	0,048	0,04
1,1-DCE (µg/L)	1	0,02	0,2	0,038	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
VC (µg/l)	47	2,7	36	30	36	23	0,5	1,1	1,8	1,3	0,98
Ethen (µg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5	35	216,0	250	140	13	4	4
Ethan (µg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5	4,6	2,5	3,2	42	71	54	39
Sum (MAX)	292,5	4,83	38,8	42,53	53,386	25,674	0,83	1,539	2,226	1,738	1,304
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	293,5	5,83	39,8	43,53	92,986	244,174	254,03	183,539	86,226	59,738	44,304
Chlorerede nM (MAX)											
PCE (nM)	6,03	0,12	1,21	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
TCE (nM)	7,60	1,37	1,52	0,55	0,43	0,49	0,15	0,32	0,25	0,23	0,26
cis-DCE (nM)	2474,23	18,56	20,62	123,71	175,26	24,74	1,55	2,78	3,09	3,30	2,16
trans-DCE (nM)	25,77	1,13	2,06	4,12	2,89	1,75	1,24	0,90	0,55	0,49	0,41
1,1-DCE (nM)	10,31	0,21	2,06	0,39	0,31	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
VC (nM)	752,00	43,20	576,00	480,00	576,00	368,00	8,00	17,60	28,80	20,80	15,68
Ethen (nM)	17,86	17,86	17,86	17,86	1250,00	7714,29	8928,57	5000,00	464,29	142,86	142,86
Ethan (nM)	16,67	16,67	16,67	16,67	153,33	83,33	106,67	1400,00	2366,67	1800,00	1300,00
Sum (MAX)	3276	65	603	609	755	395	11	22	33	25	19
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	3310	99	638	643	2158	8193	9047	6422	2864	1968	1462
Chlorerede µg/L (MIN)											
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	0	0,18	0	0,072	0,056	0,064	0	0,042	0,033	0,03	0,034
cis-DCE (µg/l)	240	1,8	2	12	17	2,4	0,15	0,27	0,3	0,32	0,21
trans-DCE (µg/l)	2,5	0,11	0	0,4	0,28	0,17	0,12	0,087	0,053	0,048	0,04
1,1-DCE (µg/L)	0	0	0	0,038	0,03	0	0	0	0	0	0
VC (µg/l)	47	2,7	36	30	36	23	0,5	1,1	1,8	1,3	0,98
Ethen (µg/l)	0	0	0	0	0	216,0	250	140	13	0	0
Ethan (µg/l)	0	0	0	0	4	2,5	3,2	42	71	54	39
Sum (MIN)	289,5	4,79	38	42,51	53,366	25,634	0,77	1,499	2,186	1,698	1,304
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	289,5	4,79	38	42,51	57,366	244,134	253,97	183,499	86,186	55,698	44,304
Chlorerede nM (MIN)											
PCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	0,00	1,37	0,00	0,55	0,43	0,49	0,00	0,32	0,25	0,23	0,26
cis-DCE (nM)	2474,23	18,56	20,62	123,71	175,26	24,74	1,55	2,78	3,09	3,30	2,16
trans-DCE (nM)	25,77	1,13	0,00	4,12	2,89	1,75	1,24	0,90	0,55	0,49	0,41
1,1-DCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,39	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	752,00	43,20	576,00	480,00	576,00	368,00	8,00	17,60	28,80	20,80	15,68
Ethen (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7714,29	8928,57	5000,00	464,29	0,00	0,00
Ethan (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	133,33	83,33	106,67	1400,00	2366,67	1800,00	1300,00
Sum (MIN)	3252	64	597	609	755	395	11	22	33	25	19
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	3252	64	597	609	888	8193	9046	6422	2864	1825	1319
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	42%	71%	67%	62%	86%	98%	99,9%	99,9%	99,6%	99,5%	99,5%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	41%	55%	66%	60%	65%	98%	100,0%	99,9%	99,6%	99,5%	99,5%
Bakterier											
DHC (# cells/ml)	2,30E+05	2,30E+05	2,50E+06	4,2E+05	8,90E+05	1,40E+05	#N/A	1,5E+04	1,0E+04	6,8E+03	1,10E+04

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boringer side 10 / 20

K5					
Dato	11-10-2005	15-05-2008	24-06-2008	24-07-2008	19-08-2008
Antal dage	-961	-14	26	56	82
Filterkote				17,93	17,93
*Filter*dybde (m.u.t.)					
Felt-bemærkninger		god ydelse + klar + bakterielugt	klar - let sløret hvid gleam	klar	god ydelse + klar
Field remarks		good yield, clear, smell of bacteria	clear, little white gleam	clear	good yield, clear
Feltparametre					
Vandstand (m.u.t.)				6,4	
Vandstand (kote)				11,515	
pH (-)	7,30	7,02	6,79	6,68	7
Temperatur (°C)		12	12,6	12	12
Ledningsevne (mS/m)	92	115,7	119,3	122,3	120
Redoxforhold					
Redoxpotential (mV)		-303,0	-206,0	-250,0	-238
It (mg/l) (feltmåling)	0,85	0,19	0,2	1,5	0,2
Nitrat (mg/L)	0,50	0,03	0,118	0,095	0,1
Jern, opløst (mg/L)	0,97	0,81	1,1	1,1	1,1
Sulfat (mg/l)	40	1	0,5	0,5	0,9
Methan (mg/L)	0,02	0,24	0,37	0,72	0,06
NVOC (mg/L)	0,89	7,9	66	72	86
Chlorerede µg/L (MAX)	MAXIMUM				
PCE (µg/l)	0,02	0,2	0,02	0,2	0,02
TCE (µg/l)	0,23	19	9,5	0,2	0,45
cis-DCE (µg/l)	0,22	55	14	10	8,9
trans-DCE (µg/l)	0,02	0,8	0,42	0,2	0,11
1,1-DCE (µg/L)	0,02	0,2	0,067	0,2	0,03
VC (µg/l)	0,16	0,47	0,35	1,3	1,9
Ethen (µg/l)	0,01	5	5	5	5
Ethan (µg/l)	0,01	5	5	5	5
Sum (MAX)	0,67	75,67	24,357	12,1	11,41
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	0,69	85,67	34,357	22,1	21,41
Chlorerede nM (MAX)	MAXIMUM				
PCE (nM)	0,12	1,21	0,12	1,21	0,12
TCE (nM)	1,75	144,49	72,24	1,52	3,42
cis-DCE (nM)	2,27	567,01	144,33	103,09	91,75
trans-DCE (nM)	0,21	8,25	4,33	2,06	1,13
1,1-DCE (nM)	0,21	2,06	0,69	2,06	0,31
VC (nM)	2,56	7,52	5,60	20,80	30,40
Ethen (nM)	0,36	178,57	178,57	178,57	178,57
Ethan (nM)	0,33	166,67	166,67	166,67	166,67
Sum (MAX)	7	731	227	131	127
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	8	1076	573	476	472
Chlorerede µg/L (Min)	MINIMUM				
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	0,23	19	9,5	0	0,45
cis-DCE (µg/l)	0,22	55	14	10	8,9
trans-DCE (µg/l)	0	0,8	0,42	0	0,11
1,1-DCE (µg/L)	0	0,2	0,067	0	0,03
VC (µg/l)	0,16	0,47	0,35	1,3	1,9
Ethen (µg/l)	0	0	0	0	0
Ethan (µg/l)	0	0	0	0	0
Sum (MIN)	0,61	75,47	24,337	11,3	11,39
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	0,61	75,47	24,337	11,3	11,39
Chlorerede nM (MIN)	MINIMUM				
PCE (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	1,75	#N/A	72,24	0,00	3,42
cis-DCE (nM)	2,27	#N/A	144,33	103,09	91,75
trans-DCE (nM)	0,00	#N/A	4,33	0,00	1,13
1,1-DCE (nM)	0,00	#N/A	0,69	0,00	0,31
VC (nM)	2,56	#N/A	5,60	20,80	30,40
Ethen (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00
Ethan (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00
Sum (MIN)	7	#N/A	227	124	127
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	7	#N/A	227	124	127
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	43%	51%	70%	83%	84%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	37%	#N/A	24%	39%	40%
Bakterier					
DHC (# cells/ml)	#N/A	1,3E+02 not detected	#N/A	#N/A	#N/A

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boreriger side 11/ 20

K5							
Dato	15-09-2008	13-10-2008	11-11-2008	18-12-2008	21-01-2009	04-03-2009	28-05-2009
Antal dage	109	137	166	203	237	279	364
Filterkote	17,93	17,93	17,93	17,93	17,93	17,93	17,93
*Filterdybde (m.u.t.)							
Felt-bemærkninger	klar + bakterielugt + god ydelse		god ydelse+ klar		klar, hvidlig		klar
Field remarks	god ydelse + klar + bakterielugt		god yield, clear	good yield, clear	uklar, hvid, lugt		clear
Feltparametre	good yield, clear, smell of bacteria	good yield, clear, smell of bacteria			cloudy, white colour, smell	clear, white gleam	
Vandstand (m.u.t.)	6,85		6,7			4,79	5,4
Vandstand (kote)	11,075		11,195			13,135	12,515
pH (-)	6,84	6,84	6,79	6,72	6,8	7,06	7,51
Temperatur (°C)	11,8	11,6	11,6	11,7	11,3	11,6	11,6
Ledningsevne (mS/m)	122,8	128	126,6	123	134,0	129,4	122
Redoxforhold							
Redoxpotentiale (mV)	-190	-154	-107	-285	-173,0	-124	-234
Ilt (mg/l) (feltmåling)	3,00	0,16	0,34	0,31	0,0	0,19	0,20
Nitrat (mg/L)	0,07	0,1	0,13	0,068	0,03	0,13	0,101
Jern, opløst (mg/L)	1,30	1,3	1,3	0,87	1,0	1,00	0,94
Sulfat (mg/l)	0,5	0,5	3	2	3,0	4	2
Methan (mg/L)	1,30	1,60	1,10	1,80	1,2	14,00	7,70
NVOC (mg/L)	76	78	84	61,6	60,2	46,9	22
Chlorede µg/L (MAX)							
PCE (µg/l)	0,02	0,02	0,02	0,2	0,02	0,02	0,028
TCE (µg/l)	0,38	0,2	0,17	0,2	0,2	0,34	0,53
cis-DCE (µg/l)	2,3	3,6	3,3	1,9	4,2	4,2	3,6
trans-DCE (µg/l)	1	0,07	0,052	0,2	0,18	0,14	0,089
1,1-DCE (µg/L)	1	0,03	0,02	0,2	0,02	0,02	0,02
VC (µg/l)	0,42	2,5	2,2	2,6	3,8	4	4,4
Ethen (µg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,5
Ethan (µg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2,2	0,9
Sum (MAX)	5,12	6,42	5,762	5,3	8,42	8,72	8,667
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	6,12	7,42	6,762	6,3	9,42	11,72	10,067
Chlorede nM (MAX)							
PCE (nM)	0,12	0,12	0,12	1,21	0,12	0,12	0,17
TCE (nM)	2,89	1,52	1,29	1,52	1,52	2,59	4,03
cis-DCE (nM)	23,71	37,11	34,02	19,59	43,30	43,30	37,11
trans-DCE (nM)	10,31	0,72	0,54	2,06	1,86	1,44	0,92
1,1-DCE (nM)	10,31	0,31	0,21	2,06	0,21	0,21	0,21
VC (nM)	6,72	40,00	35,20	41,60	60,80	64,00	70,40
Ethen (nM)	17,86	17,86	17,86	17,86	17,86	28,57	17,86
Ethan (nM)	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	73,33	30,00
Sum (MAX)	54	80	71	68	108	112	113
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	89	114	106	103	142	214	161
Chlorede µg/L (Min)							
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0	0	0,028
TCE (µg/l)	0,38	0,2	0,17	0	0,2	0,34	0,53
cis-DCE (µg/l)	2,3	3,6	3,3	1,9	4,2	4,2	3,6
trans-DCE (µg/l)	1	0,07	0,052	0	0,18	0,14	0,089
1,1-DCE (µg/L)	0	0,03	0	0	0	0	0
VC (µg/l)	0,42	2,5	2,2	2,6	3,8	4	4,4
Ethen (µg/l)	0	0	0	0	0	0	0,5
Ethan (µg/l)	0	0	0	0	0	0	0,9
Sum (MIN)	4,1	6,4	5,722	4,5	8,38	8,68	8,647
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	4,1	6,4	5,722	4,5	8,38	8,68	10,047
Chlorede nM (MIN)							
PCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,17
TCE (nM)	2,89	1,52	1,29	0,00	1,52	2,59	4,03
cis-DCE (nM)	23,71	37,11	34,02	19,59	43,30	43,30	37,11
trans-DCE (nM)	10,31	0,72	0,54	0,00	1,86	1,44	0,92
1,1-DCE (nM)	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	6,72	40,00	35,20	41,60	60,80	64,00	70,40
Ethen (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,86
Ethan (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00
Sum (MIN)	44	80	71	61	107	111	113
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	44	80	71	61	107	111	160
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	61%	65%	66%	69%	63%	75%	67%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	36%	49%	49%	56%	52%	52%	67%
Bakterier							
DHC (# cells/ml)	1,3E+02 not detected	#N/A	2,0E+03 not detected	4,2E+02 not detected	7,60E+01	1,00E+03	1,1E+02

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boringer side 12/ 20

K6					
Dato	11-10-2005	15-05-2008	15-09-2008	11-11-2008	18-12-2008
Antal dage	-961	-14	109	166	203
Filterkote			17,87	17,87	17,87
*Filterdybde (m.u.t.)					
Felt-bemærkninger		god ydelse + klar + bakterielugt	god ydelse, let uklar "EOS" + bakterielugt	god ydelse + let uklar, hvid tydelig bakterielugt	god ydelse + let uklar
Field remarks		good yield, clear, smell of bacteria	good yield, little cloudy, smell of bacteria and EOS	Good yield, little cloudy, white colour, smell of bacteria	Good yield, little cloudy
Feltparametre					
Vandstand (m.u.t.)			5,7	5,3	
Vandstand (kote)			12,128	12,558	
pH (-)	7,30	6,69	6,78	6,79	7
Temperatur (°C)		12,0	12	12	12
Ledningsevne (mS/m)	92	103	160,7	165,3	205
Redoxforhold					
Redoxpotentiale (mV)		-106,0	-203,0	-116,0	-284
Ilt (mg/l) (feltmåling)	1,00	0,18	3,26	0,2	0
Nitrat (mg/L)	0,50	0,03	0,03	0,247	0
Jern, opløst (mg/L)	1,00	0,81	0,68	0,53	1
Sulfat (mg/l)	40	1	2	7	4
Methan (mg/L)	1,10	0,24	2,20	0,80	1,20
NVOC (mg/L)	0,64	7,9	200	180	197
Chlorederede µg/L (MAX)	MAXIMUM				
PCE (µg/l)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,2
TCE (µg/l)	0,06	0,038	0,02	0,02	0,2
cis-DCE (µg/l)	0,05	0,2	3,5	5	2,7
trans-DCE (µg/l)	0,02	0,8	0,09	0,33	0,2
1,1-DCE (µg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,2
VC (µg/l)	0,07	0,22	3,1	11	0,2
Ethen (µg/l)	0,01	0,5	0,5	0,5	0,5
Ethan (µg/l)	0,01	0,5	0,5	0,5	0,5
Sum (MAX)	0,24	1,298	6,75	16,39	3,7
Sum (MAX) inkl eten+ethan	0,26	2,298	7,75	17,39	4,7
Chlorederede nM (MAX)	MAXIMUM				
PCE (nM)	0,12	0,12	0,12	0,12	1,21
TCE (nM)	0,46	0,29	0,15	0,15	1,52
cis-DCE (nM)	0,52	2,06	36,08	51,55	27,84
trans-DCE (nM)	0,21	8,25	0,93	3,40	2,06
1,1-DCE (nM)	0,21	0,21	0,21	0,21	2,06
VC (nM)	1,12	3,52	49,60	176,00	3,20
Ethen (nM)	0,36	17,86	17,86	17,86	17,86
Ethan (nM)	0,33	16,67	16,67	16,67	16,67
Sum (MAX)	3	14	87	231	38
Sum (MAX) inkl eten+ethan	3	49	122	266	72
Chlorederede µg/L (Min)	MINIMUM				
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	0,06	0,038	0	0	0
cis-DCE (µg/l)	0,05	0,2	3,5	5	2,7
trans-DCE (µg/l)	0	0,8	0,09	0,33	0
1,1-DCE (µg/L)	0	0	0	0	0
VC (µg/l)	0,07	0,22	3,1	11	0
Ethen (µg/l)	0	0	0	0	0
Ethan (µg/l)	0	0	0	0	0
Sum (MIN)	0,18	1,258	6,69	16,33	2,7
Sum (MIN) inkl eten + ethan	0,18	1,258	6,69	16,33	2,7
Chlorederede nM (MIN)	MINIMUM				
PCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	0,46	0,29	0,00	0,00	0,00
cis-DCE (nM)	0,52	2,06	36,08	51,55	27,84
trans-DCE (nM)	0,00	8,25	0,93	3,40	0,00
1,1-DCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	1,12	3,52	49,60	176,00	0,00
Ethen (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ethan (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum (MIN)	2	14	87	231	28
Sum (MIN) inkl eten + ethan	2	14	87	231	28
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	55%	83%	66%	64%	66%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	44%	41%	52%	59%	33%
Bakterier					
DHC (# cells/ml)	#N/A	1,3E+02 not detected	1,3E+02 not detected	3,6E+03	4,60E+03

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boreriger side 13/ 20

K6								
Dato	21-01-2009	04-03-2009	28-05-2009	30-09-2009	21-01-2010	10-06-2010	29-09-2010	15-12-2010
Antal dage	237	279	364	489	602	742	853	930
Filterkote	17,87	17,96	17,87					
*Filterdybde (m.u.t.)								
Felt-bemærkninger	hvidlig, klar, lugt	klar, hvidlig	klar, hvidlig, rådden lugt	klar, hvidlig, rådden lugt	svagt uklar	klar	klar (lugt)	let uklar, moderat ydelse
Field remarks			clear, white gleam, rotten smell	clear, white gleam, rotten smell	slightly cloudy	clear	clear (smell)	little cloudy , moderate yield
Feltparametre								
Vandstand (m.u.t.)		4,7	5,4					
Vandstand (kote)		13,218	12,518					
pH (-)	6,70	7,01	6,79	6,9	6,63	6,74	6,68	6,49
Temperatur (°C)	11,9	12,0	11,6		11,8	11,60	11,2	10,6
Ledningsevne (mS/m)	182,5	172,3	160	154	118,9		134,6	200
Redoxforhold								
Redoxpotentiale (mV)	-132	-142	-226		-58	-559	-221	-245
It (mg/l) (feltmåling)	0,37	0	0,20		0,08	7,30	0,09	0,12
Nitrat (mg/L)	0,04	0,089	0,118	0,036	0,147	0,087	0,03	0,117
Jern, opløst (mg/L)	0,74	0,66	0,61	0,58	0,83	0,67	1,10	1,1
Sulfat (mg/l)	1	6	8	4	5	5,00	6	4
Methan (mg/L)	5,10	8,50	8,11	26,00	29,00	26,50	27,56	40,00
NVOC (mg/L)	153	35	19,8	2,9	9,29	5,10	0,8	92
Chlorerede µg/L (MAX)								
PCE (µg/l)	0,02	0,02	0,035	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
TCE (µg/l)	0,032	0,02	0,025	0,04	0,02	0,02	0,085	0,024
cis-DCE (µg/l)	2,3	1,1	0,42	0,24	0,16	0,02	0,84	0,097
trans-DCE (µg/l)	0,27	0,16	0,11	0,087	0,14	0,02	0,059	0,064
1,1-DCE (µg/L)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
VC (µg/l)	2,4	1,6	0,61	0,63	0,22	0,069	2,5	0,12
Ethen (µg/l)	0,5	1	0,9	1	1	4	4	4
Ethan (µg/l)	0,5	2,3	0,8	1	1	1,00	4	4
Sum (MAX)	5,042	2,92	1,22	1,037	0,58	0,169	3,524	0,345
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	6,042	6,22	2,92	3,037	2,58	5,169	11,524	8,345
Chlorerede nM (MAX)								
PCE (nM)	0,12	0,12	0,21	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
TCE (nM)	0,24	0,15	0,19	0,30	0,15	0,15	0,65	0,18
cis-DCE (nM)	23,71	11,34	4,33	2,47	1,65	0,21	8,66	1,00
trans-DCE (nM)	2,78	1,65	1,13	0,90	1,44	0,21	0,61	0,66
1,1-DCE (nM)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
VC (nM)	38,40	25,60	9,76	10,08	3,52	1,10	40,00	1,92
Ethen (nM)	17,86	35,71	32,14	35,71	35,71	142,86	142,86	142,86
Ethan (nM)	16,67	76,67	26,67	33,33	33,33	33,33	133,33	133,33
Sum (MAX)	65	39	16	14	7	2	50	4
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	100	151	75	83	76	178	326	280
Chlorerede µg/L (Min)								
PCE (µg/l)	0	0	0,035	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	0,032	0	0,025	0,04	0	0	0,085	0,024
cis-DCE (µg/l)	2,3	1,1	0,42	0,24	0,16	0	0,84	0,097
trans-DCE (µg/l)	0,27	0,16	0,11	0,087	0,14	0	0,059	0,064
1,1-DCE (µg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0
VC (µg/l)	2,4	1,6	0,61	0,63	0,22	0,069	2,5	0,12
Ethen (µg/l)	0	0	0,9	0	0	0	0	0
Ethan (µg/l)	0	0	0,8	0	0	1	0	0
Sum (MIN)	5,002	2,86	1,2	0,997	0,52	0,069	3,484	0,305
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	5,002	2,86	2,9	0,997	0,52	1,069	3,484	0,305
Chlorerede nM (MIN)								
PCE (nM)	0,00	0,00	0,15	0,24	0,00	0,00	0,51	0,14
TCE (nM)	0,24	0,00	3,19	1,83	1,22	0,00	6,39	0,74
cis-DCE (nM)	23,71	11,34	1,13	0,90	1,44	0,00	0,61	0,66
trans-DCE (nM)	2,78	1,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,1-DCE (nM)	0,00	0,00	6,29	6,49	2,27	0,71	25,77	1,24
VC (nM)	38,40	25,60	14,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ethen (nM)	0,00	0,00	28,57	0,00	0,00	35,71	0,00	0,00
Ethan (nM)	0,00	0,00	40,00	33,23	17,33	2,30	116,13	10,17
Sum (MIN)	65	39	94	43	22	39	149	13
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	65	39	94	43	22	39	149	13
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	69%	88%	90%	93%	95%	99%	94%	99%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	53%	55%	86%	84%	83%	99%	84%	84%
Bakterier								
DHC (# cells/ml)	5,30E+03	9,1E+04	9,6E+03	#N/A	3,1E+02	5,50E+02	4,30E+02	3,6E+02

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boringer side 14 / 20

K7								
Dato	11-10-2005	15-05-2008	27-06-2008	24-07-2008	19-08-2008	15-09-2008	13-10-2008	11-11-2008
Antal dage	-961	-14	29	56	82	109	137	166
Filterkote				18,11	18,11	18,11	18,11	18,11
"Filter"dybde (m.u.t.)								
Felt-bemærkninger		god ydelse + klar	klar, grå	klar			god ydelse + klar + bakterielugt	god ydelse + klar
Field remarks		Good yield, clear	clear, grey gleam	clear	god ydelse + klar		good yield, clear	
					good yield, clear		good yield, clear, smell of bacteria	
Feltparametre								
Vandstand (m.u.t.)				6,3		6,77		6,6
Vandstand (kote)				11,799		11,339		11,479
pH (-)	7,30	6,94	7,26	7,51	7	6,86	6,91	6,85
Temperatur (°C)		11	11,5	11	12	11,8	11,5	11,5
Ledningsevne (mS/m)	92	107,6	125,8	122,7	124	138,7	152,7	154
Redoxforhold								
Redoxpotentiale (mV)		-313,0	-184,0	198,0	-204	-210	-170	-215
Ilt (mg/l) (feltmåling)	1,10	0,31	0,6	1,2	0	2,58	0,18	0,31
Nitrat (mg/L)	<0,50	0,179	0,03	0,066	0,03	0,09	0,119	0,082
Jern, opløst (mg/L)	1,20	0,88	0,43	0,52	1	0,54	0,43	0,51
Sulfat (mg/l)	41	3	4	2	6	6	13	11
Methan (mg/L)	0,02	0,26	1,39	0,38	0,41	1,10	1,50	1,20
NVOC (mg/L)	2,8	5,6	79	75	120	130	160	150
Chlorerede µg/L (MAX)	MAXIMUM							
PCE (µg/l)	0,02	0,02	0,02	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02
TCE (µg/l)	0,02	0,17	0,61	0,2	0,046	0,02	0,02	0,02
cis-DCE (µg/l)	0,02	13	32	9,9	22	8,5	0,02	9,7
trans-DCE (µg/l)	0,02	0,086	1,2	0,2	0,34	0,14	0,3	0,38
1,1-DCE (µg/L)	0,02	0,31	0,08	0,2	0,033	0,02	0,2	0,2
VC (µg/l)	0,09	0,31	15	7,8	5,3	5,6	10	7,5
Ethen (µg/l)	#N/A	0,5	2,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ethan (µg/l)	#N/A	0,5	2,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sum (MAX)	0,19	13,896	48,91	18,5	27,739	14,3	10,56	17,82
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	14,896	53,91	19,5	28,739	15,3	11,56	18,82
Chlorerede nM (MAX)	MAXIMUM							
PCE (nM)	0,12	0,12	0,12	1,21	0,12	0,12	0,12	0,12
TCE (nM)	0,15	1,29	4,64	1,52	0,35	0,15	0,15	0,15
cis-DCE (nM)	0,21	134,02	329,90	102,06	226,80	87,63	0,21	100,00
trans-DCE (nM)	0,21	0,89	12,37	2,06	3,51	1,44	3,09	3,92
1,1-DCE (nM)	0,21	3,20	0,82	2,06	0,34	0,21	2,06	2,06
VC (nM)	1,44	4,96	240,00	124,80	84,80	89,60	160,00	120,00
Ethen (nM)	#N/A	17,86	89,29	17,86	17,86	17,86	17,86	17,86
Ethan (nM)	#N/A	16,67	83,33	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67
Sum (MAX)	2	144	588	234	316	179	166	226
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	179	760	268	350	214	200	261
Chlorerede µg/L (Min)	MINIMUM							
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	0	0,17	0,61	0	0,046	0,02	0	0
cis-DCE (µg/l)	0	13	32	9,9	22	8,5	0	9,7
trans-DCE (µg/l)	0	0,086	1,2	0	0,34	0,14	0,3	0,38
1,1-DCE (µg/L)	0	0,31	0,08	0	0,033	0	0	0
VC (µg/l)	0,09	0,31	15	7,8	5,3	5,6	10	7,5
Ethen (µg/l)	#N/A	0	0	0	0	0	0	0
Ethan (µg/l)	#N/A	0	0	0	0	0	0	0
Sum (MIN)	0,09	13,876	48,89	17,7	27,719	14,26	10,3	17,58
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	#N/A	13,876	48,89	17,7	27,719	14,26	10,3	17,58
Chlorerede nM (MIN)	MINIMUM							
PCE (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	0,00	#N/A	4,64	0,00	0,35	0,15	0,00	0,00
cis-DCE (nM)	0,00	#N/A	329,90	102,06	226,80	87,63	0,00	100,00
trans-DCE (nM)	0,00	#N/A	12,37	0,00	3,51	1,44	3,09	3,92
1,1-DCE (nM)	0,00	#N/A	0,82	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	1,44	#N/A	240,00	124,80	84,80	89,60	160,00	120,00
Ethen (nM)	#N/A	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ethan (nM)	#N/A	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum (MIN)	1	#N/A	588	227	316	179	163	224
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	#N/A	#N/A	588	227	316	179	163	224
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	#N/A	47%	59%	57%	48%	58%	71%	57%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	#N/A	#N/A	47%	52%	42%	50%	66%	51%
Bakterier								
DHC (# cells/ml)	#N/A	1,3E+02 not detected	2,7E+02	1,3E+02 not detected	1,3E+02 not detected	5,80E+02	4,1E+02	1,2E+04

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boringer side 15/ 20

K7										
Dato	18-12-2008	21-01-2009	04-03-2009	28-05-2009	30-09-2009	21-01-2010	10-06-2010	29-09-2010	15-12-2010	
Antal dage	203	237	279	364	489	602	742	853	930	
Filterkote	18,11	18,11	18,11	18,11						
*Filter*dybde (m.u.t.)										
Felt-bemærkninger	god ydelse + klar									
Field remarks	good yield, clear	uklar, hvid, lugt	klar, hvidlig	klar, svag råddenlugt	klar, rådden lugt	klar	klar	klar	klar, god ydelse	
		cloudy, white colour, smell	clear, white gleam	clear, littel rotten smell	clear, rotten smell	clear	clear	clear	clear, good yield	
Feltparametre										
Vandstand (m.u.t.)			4,91	5,5						2,3
Vandstand (kote)			13,199	12,619						
pH (-)	6,7	6,73	6,69	7,18	7,1	6,88	6,95	6,86	6,79	
Temperatur (°C)	11,0	11,6	11,5	11,8		12,1	11,5	14,2	10,8	
Ledningsevne (mS/m)	139,8	166,0	153,2	145,4	138	110	124,8	123	148	
Redoxforhold										
Redoxpotentiale (mV)	-182	-227,0	-107,9	-234		-23	-261	-197	-218,0	
Ilt (mg/l) (feltmåling)	0,43	0,0	0,14	0,20		0,25	1,8	0,02	0,18	
Nitrat (mg/L)	0,038	0,051	0,11	0,089	0,05	0,032	0,035	0,03	0,072	
Jern, opløst (mg/L)	0,83	1,0	1,10	0,87	0,75	1,4	0,65	0,74	2	
Sulfat (mg/l)	4	0,5	4	4	2	5	4	4	3	
Methan (mg/L)	1,10	1,4	4,70	5,20	27,00	22,00	24,90	31,08	38,00	
NVOC (mg/L)	84,3	30,4	14,5	1,2	3,7	1,9	1,6	0,9	2,8	
Chlorede µg/L (MAX)										
PCE (µg/l)	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
TCE (µg/l)	0,2	0,14	0,1	0,045	0,028	0,05	0,02	0,026	0,049	
cis-DCE (µg/l)	4,2	2,8	1,4	0,99	0,42	0,24	0,02	0,098	0,11	
trans-DCE (µg/l)	0,2	0,55	0,45	0,39	0,28	0,42	0,059	0,17	0,35	
1,1-DCE (µg/L)	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
VC (µg/l)	5,4	4,4	2,5	2,5	1,8	0,46	0,21	0,19	0,38	
Ethen (µg/l)	0,5	0,5	3,3	3,9	4,3	2	4	4	4	
Ethan (µg/l)	0,5	0,5	1,1	0,9	1,5	3	2	4	4	
Sum (MAX)	10,4	7,93	4,49	3,965	2,568	1,21	0,349	0,524	0,929	
Sum (MAX) inkl etnen+ethan	11,4	8,93	8,89	8,765	8,368	6,21	6,349	8,524	8,929	
Chlorede nM (MAX)										
PCE (nM)	1,21	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	
TCE (nM)	1,52	1,06	0,76	0,34	0,21	0,38	0,15	0,20	0,37	
cis-DCE (nM)	43,30	28,87	14,43	10,21	4,33	2,47	0,21	1,01	1,13	
trans-DCE (nM)	2,06	5,67	4,64	4,02	2,89	4,33	0,61	1,75	3,61	
1,1-DCE (nM)	2,06	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	
VC (nM)	86,40	70,40	40,00	40,00	28,80	7,36	3,36	3,04	6,08	
Ethen (nM)	17,86	17,86	117,86	139,29	153,57	71,43	142,86	142,86	142,86	
Ethan (nM)	16,67	16,67	36,67	30,00	50,00	100,00	66,67	133,33	133,33	
Sum (MAX)	137	106	60	55	37	15	5	6	12	
Sum (MAX) inkl etnen+ethan	171	141	215	224	240	186	214	283	288	
Chlorede µg/L (Min)										
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TCE (µg/l)	0	0,14	0,1	0,045	0,028	0,05	0	0,026	0,026	
cis-DCE (µg/l)	4,2	2,8	1,4	0,99	0,42	0,24	0,02	0,098	0,098	
trans-DCE (µg/l)	0	0,55	0,45	0,39	0,28	0,42	0,059	0,17	0,17	
1,1-DCE (µg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
VC (µg/l)	5,4	4,4	2,5	2,5	1,8	0,46	0,21	0,19	0,19	
Ethen (µg/l)	0	0	0	3,9	4,3	2	0	0	0	
Ethan (µg/l)	0	0	0	0,9	1,5	3	2,0	0	0	
Sum (MIN)	9,6	7,89	4,45	3,925	2,528	1,17	0,289	0,484	0,484	
Sum (MIN) inkl etnen + ethan	9,6	7,89	4,45	8,725	8,328	6,17	2,289	0,484	0,484	
Chlorede nM (MIN)										
PCE (nM)	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	
TCE (nM)	0,00	1,06	0,76	0,34	0,21	0,38	0,00	0,20	0,20	
cis-DCE (nM)	43,30	28,87	14,43	10,21	4,33	2,47	0,21	1,01	1,01	
trans-DCE (nM)	0,00	5,67	4,64	4,02	2,89	4,33	0,61	1,75	1,75	
1,1-DCE (nM)	0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	
VC (nM)	86,40	70,40	40,00	40,00	28,80	7,36	3,36	3,04	3,04	
Ethen (nM)	0,00	0	0	139,29	153,57	71,43	0,00	0	0	
Ethan (nM)	0,00	0	0	30,00	50,00	100,00	66,67	0	0	
Sum (MIN)	130	106	60	55	36	15	4	6	6	
Sum (MIN) inkl etnen + ethan	130	106	60	224	240	186	71	6	6	
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	64%	66%	87%	90%	94%	96%	99%	99%	98%	
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	56%	55%	55%	90%	94%	96%	98%	49%	49%	
Bakterier										
DHC (# cells/ml)	1,1E+04	3,3E+04	9,20E+04	1,2E+04	#N/A	7,5E+02	8,4E+02	9,50E+02	8,5E+02	

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boreriger side 16/ 20

K8			
Dato	15-11-2007	15-05-2008	28-05-2009
Antal dage	-196	-14	364
Filterkote		17,92	17,92
*Filterdybde (m.u.l.)			
Felt-bemærkninger	god ydelse + klar, sandpartikler + bakterielugt		
Field remarks	Good yield, clear, sand/chalk smell of bacteria particles		
Feltparametre			
Vandstand (m.u.l.)		5,3	5,0
Vandstand (kote)		12,617	12,897
pH (-)	7,33	6,69	7,51
Temperatur (°C)	11,1	11,6	12
Ledningsevne (mS/m)	91	121,6	122
Redoxforhold			
Redoxpotentiale (mV)	-209	-217,0	-234,0
ltl (mg/l) (feltmåling)	0,41	0,21	0,20
Nitrat (mg/L)	0,03	0,322	0,312
Jern, opløst (mg/L)	0,22	3,7	1,7
Sulfat (mg/l)	17	0,50	5
Methan (mg/L)	#N/A	0,49	6,20
NVOC (mg/L)	3,3	11	49,4
Flygtige syrer			
Myresyre / Format			5,00
Mækesyre / Laktat			10,00
Eddikesyre / acetat			10,00
Propionsyre / propionat			10,00
Smørsyre / Butan			10,00
Isomørsyre / isobutansyre			10,00
Valerianesyre			10,00
Isovalerianesyre			10,00
Capronsyre			10,00
Chlorede µg/L (MAX)	MAXIMUM		
PCE (µg/l)	0,02	0,038	0,031
TCE (µg/l)	0,13	0,48	0,046
cis-DCE (µg/l)	0,02	0,87	0,85
trans-DCE (µg/l)	0,02	0,02	0,21
1,1-DCE (µg/L)	0,02	0,02	0,02
VC (µg/l)	0,17	0,097	1,6
Ethen (µg/l)	#N/A	0,5	0,2
Ethan (µg/l)	#N/A	0,5	0,5
Sum (MAX)	0,38	1,525	2,757
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	2,525	3,457
Chlorede nM (MAX)			
PCE (nM)	0,12	0,23	0,19
TCE (nM)	0,99	3,65	0,35
cis-DCE (nM)	0,21	8,97	8,76
trans-DCE (nM)	0,21	0,21	2,16
1,1-DCE (nM)	0,21	0,21	0,21
VC (nM)	2,72	1,55	25,60
Ethen (nM)	#N/A	17,86	7,14
Ethan (nM)	#N/A	16,67	16,67
Sum (MAX)	4	15	37
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	49	61
Chlorede µg/L (Min)	MINIMUM		
PCE (µg/l)	0	0,038	0,031
TCE (µg/l)	0,13	0,48	0,046
cis-DCE (µg/l)	0	0,87	0,85
trans-DCE (µg/l)	0	0	0,21
1,1-DCE (µg/L)	0	0	0
VC (µg/l)	0,17	0,097	1,6
Ethen (µg/l)	#N/A	0	0,2
Ethan (µg/l)	#N/A	0	0,5
Sum (MIN)	0,3	1,485	2,737
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	#N/A	1,485	3,437
Chlorede nM (MIN)	MINIMUM		
PCE (nM)	0,00	0,23	0,19
TCE (nM)	0,99	3,65	0,35
cis-DCE (nM)	0,00	8,97	8,76
trans-DCE (nM)	0,00	0,00	2,16
1,1-DCE (nM)	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	2,72	1,55	25,60
Ethen (nM)	#N/A	0,00	7,14
Ethan (nM)	#N/A	0,00	16,67
Sum (MIN)	4	14	37
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	4	14	61
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	#N/A	79%	73%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	#N/A	28%	73%
Bakterier			
DHC (# cells/ml)	#N/A	1,3E+02 not detected	3,0E+04

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boringer side 17/ 20

K9										
Dato	15-11-2007	15-05-2008	18-12-2008	21-01-2009	04-03-2009	28-05-2009	30-09-2009	21-01-2010	10-06-2010	29-09-2010
Antal dage	-196	-14	203	237	279	364	489	602	742	853
Filterkote		17,96	17,96	17,96	17,96	17,96				
*Filterdybde (m.u.l.)										
Felt-bemærkninger		lav ydelse + uklar + grim bakterielugt	God ydelse, let uklar. EOS spor	klar, hvidt bundfald, lugt	Klar, hvide partikler	klar	klar, svag hvid, rådden lugt	svagt hvid	klar	klar (lugt)
Field remarks		Good yield, cloudy, smell of bacteria	Good yield, little cloudy, traces of EOS	clear, white precipitates, smell	clear, white particles	clear	clear, whitish, rotten smell	whitish	clear	clear (Smell)
Feltparametre										
Vandstand (m.u.l.)		5,3			4,9	5,53				
Vandstand (kote)	0,000	12,628			13,018	12,428				
pH (-)	7,24	7,03	6,57	6,65	7	6,53	7,1	6,63	6,68	6,63
Temperatur (°C)	10,9	11,0	12	12,30	12	11,7		11,9	11,8	11,5
Ledningsevne (mS/m)	91	101	196,4	194,20	193,6	1826	179	138	172,1	156,7
Redoxforhold										
Redoxpotential (mV)	-174	-211,0	-213,4	-171,60	-116	-173		-88	-548	-178
lt (mg/l) (feltmåling)	0,45	0,23	1,04	0,27	0	0,20		0,03	1,52	0,0
Nitrat (mg/L)	0,03	0,092	0,23	0,031	0	0,12	0,03	0,12	0,079	0,03
Jern, opløst (mg/L)	0,39	0,72	0,97	0,99	1	0,97	0,75	1	1,2	0,01
Sulfat (mg/l)	28	1	2	4,00	2	2	2	5	5	0,5
Methan (mg/L)	#N/A	4,23	1,60	2,80	11,00	2,90	21,00	22,00	22,00	33,52
NVOC (mg/L)	0,5	5,8	271	227,00	170	25,9	9,1	7,81	4,6	2,7
Flygtige syrer										
Myresyre / Format						5,00				
Mækesyre / Laktat						10,00				
Eddikesyre / acetat						10,00				
Propionsyre / propionat						10,00				
Smørsyre / Butan						10,00				
Isomørsyre / isobutansyre						10,00				
Valerianesyre						10,00				
Isovalerianesyre						10,00				
Capronsyre						10,00				
Chlorede µg/L (MAX)	MAXIMUM									
PCE (µg/l)	0,02	0,02	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
TCE (µg/l)	0,14	0,02	0,2	0,061	0,04	0,051	0,032	0,024	0,023	0,02
cis-DCE (µg/l)	0,02	0,02	2,7	3,5	1,8	0,92	0,14	0,17	0,091	0,038
trans-DCE (µg/l)	0,02	0,02	0,2	0,27	0,16	0,16	0,038	0,17	0,11	0,08
1,1-DCE (µg/L)	0,02	0,02	0,2	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
VC (µg/l)	0,13	0,12	3,5	3,6	2,8	2,1	0,63	0,46	0,26	0,11
Ethen (µg/l)	#N/A	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	1	1	1	4
Ethan (µg/l)	#N/A	1,2	0,5	0,5	0,5	0,7	1	1	4	4
Sum (MAX)	0,35	0,22	7	7,471	4,84	3,271	0,88	0,864	0,524	0,285
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	1,92	8	8,471	5,84	4,371	2,88	2,864	5,524	8,285
Chlorede nM (MAX)										
PCE (nM)	0,12	0,12	1,21	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
TCE (nM)	1,06	0,15	1,52	0,46	0,30	0,39	0,24	0,18	0,17	0,15
cis-DCE (nM)	0,21	0,21	27,84	36,08	18,56	9,48	1,44	1,75	0,94	0,39
trans-DCE (nM)	0,21	0,21	2,06	2,78	1,65	1,65	0,39	1,75	1,13	0,79
1,1-DCE (nM)	0,21	0,21	2,06	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
VC (nM)	2,08	1,92	56,00	57,60	44,80	33,60	10,08	7,36	4,16	1,76
Ethen (nM)	#N/A	17,86	17,86	17,86	17,86	14,29	35,71	35,71	35,71	142,86
Ethan (nM)	#N/A	40,00	16,67	16,67	16,67	23,33	33,33	33,33	133,33	133,33
Sum (MAX)	3,88	2,81	90,69	97,26	65,64	45,45	12,49	11,37	6,73	3,42
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	61	125	132	100	83	82	80	176	280
Chlorede µg/L (Min)	MINIMUM									
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	0,14	0	0	0,061	0,04	0,051	0,032	0,024	0,023	0
cis-DCE (µg/l)	0	0	2,7	3,5	1,8	0,92	0,14	0,17	0,091	0,038
trans-DCE (µg/l)	0	0	0	0,27	0,16	0,16	0,038	0,17	0,11	0,08
1,1-DCE (µg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VC (µg/l)	0,13	0,12	3,5	3,6	2,8	2,1	0,63	0,46	0,26	0,11
Ethen (µg/l)	#N/A	0	0	0	0	0,4	0	0	1	0
Ethan (µg/l)	#N/A	1,2	0	0	0	0,7	0	0	0	0
Sum (MIN)	0,27	0,12	6,2	7,431	4,8	3,231	0,84	0,824	0,484	0,225
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	#N/A	1,32	6,2	7,431	4,8	4,331	0,84	0,824	1,484	0,225
Chlorede nM (MIN)	MINIMUM									
PCE (nM)	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	1,06	0	0,00	0,46	0,30	0,39	0,24	0,18	0,17	0,00
cis-DCE (nM)	0	0	27,84	36,08	18,56	9,48	1,44	1,75	0,94	0,39
trans-DCE (nM)	0	0	0,00	2,78	1,65	1,65	0,39	1,75	1,13	0,79
1,1-DCE (nM)	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	2,08	1,92	56,00	57,60	44,80	33,60	10,08	7,36	4,16	1,76
Ethen (nM)	#N/A	0	0,00	0,00	0,00	14,29	0,00	0,00	35,71	0,00
Ethan (nM)	#N/A	40	0,00	0,00	0,00	23,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum (MIN)	3,144638783	1,92	83,83505155	96,92985771	65,31036808	45,12185332	12,15839755	11,04766414	6,407069891	2,94556701
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	#N/A	42	84	97	65	83	12	11	42	3
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	#N/A	98%	67%	65%	71%	77%	94%	94%	98%	99%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	#N/A	98%	56%	53%	56%	77%	60%	55%	93%	53%
Bakterier										
DHC (# cells/ml)		1,3E+02 not detected	1,6E+04	7,1E+03	6,70E+04	2,70E+04	#N/A	2,0E+03	1,3E+03	6,70E+02

Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boreriger side 18/ 20

K10			
Dato	15-11-2007	15-05-2008	28-05-2009
Antal dage	-196	-14	364
Filterkote		17,90	17,90
*Filterdybde (m u.t.)			
Felt-bemærkninger		god ydelse	uklar, sandpartikler
Field remarks		Good yield	cloudy, sand/chalk particles
Feltparametre			
Vandsland (m u.t.)		5,8	5,0
Vandstand (kote)	0,000	12,133	12,863
pH (-)	7,24	6,57	7,04
Temperatur (°C)	11,1	12,4	11
Ledningsevne (mS/m)	91,6	105,2	2,37
Redoxforhold			
Redoxpotentiale (mV)	-119	-193,0	-204,0
lt (mg/l) (feltmåling)	0,35	0,2	0,20
Nitrat (mg/L)	0,03	0,146	0,61
Jern, opløst (mg/L)	0,37	1,2	1,4
Sulfat (mg/l)	28	1	0,5
Methan (mg/L)	#N/A	0,62	21,00
NVOC (mg/L)	0,5	5,3	90
Flygtige syrer			
Myresyre / Format			5,00
Mælkesyre / Laktat			10,00
Eddikesyre / acetat			10,00
Propionsyre / propionat			10,00
Smørsyre / Butan			10,00
Isosmørsyre / isobutansyre			10,00
Valeriansyre			10,00
Isovaleriansyre			10,00
Capronsyre			10,00
Chlorerede µg/L (MAX)	MAXIMUM		
PCE (µg/l)	0,02	1,3	0,021
TCE (µg/l)	0,02	0,23	0,051
cis-DCE (µg/l)	0,02	0,49	0,86
trans-DCE (µg/l)	0,02	0,2	0,072
1,1-DCE (µg/L)	0,02	0,2	0,02
VC (µg/l)	0,14	0,2	1
Ethen (µg/l)	#N/A	0,5	0,2
Ethan (µg/l)	#N/A	0,5	0,7
Sum (MAX)	0,24	2,62	2,024
Sum (MAX) inkl eten+ethan	0,24	3,62	2,924
Chlorerede nM (MAX)			
PCE (nM)	0,12	7,84	0,13
TCE (nM)	0,15	1,75	0,39
cis-DCE (nM)	0,21	5,05	8,87
trans-DCE (nM)	0,21	2,06	0,74
1,1-DCE (nM)	0,21	2,06	0,21
VC (nM)	2,24	3,20	16,00
Ethen (nM)	#N/A	17,86	7,14
Ethan (nM)	#N/A	16,67	23,33
Sum (MAX)	3,13	21,97	26,33
Sum (MAX) inkl eten+ethan	3	56	57
Chlorerede µg/L (Min)	MINIMUM		
PCE (µg/l)	0	1,3	0,021
TCE (µg/l)	0	0,23	0,051
cis-DCE (µg/l)	0	0,49	0,86
trans-DCE (µg/l)	0	0	0,072
1,1-DCE (µg/L)	0	0	0
VC (µg/l)	0,14	0	1
Ethen (µg/l)	#N/A	0	0,2
Ethan (µg/l)	#N/A	0	0,7
Sum (MIN)	0,14	2,02	2,004
Sum (MIN) inkl eten + ethan	#N/A	2,02	2,904
Chlorerede nM (MIN)	MINIMUM		
PCE (nM)	0	7,84	0,13
TCE (nM)	0	1,75	0,39
cis-DCE (nM)	0	5,05	8,87
trans-DCE (nM)	0	0	0,742268041
1,1-DCE (nM)	0	0	0
VC (nM)	2,24	0	16
Ethen (nM)	#N/A	0	7,142857143
Ethan (nM)	#N/A	0	23,33333333
Sum (MIN)	2,24	14,64	26,12
Sum (MIN) inkl eten + ethan	2	15	57
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	#N/A	82%	78%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	#N/A	25%	79%
Bakterier			
DHC (# cells/ml)	#N/A	1,3E+02 not detected	2,6E+04

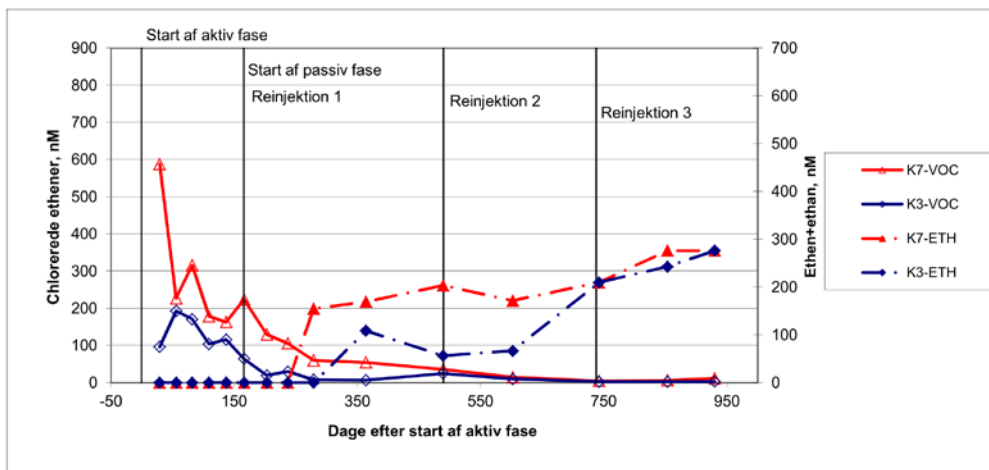
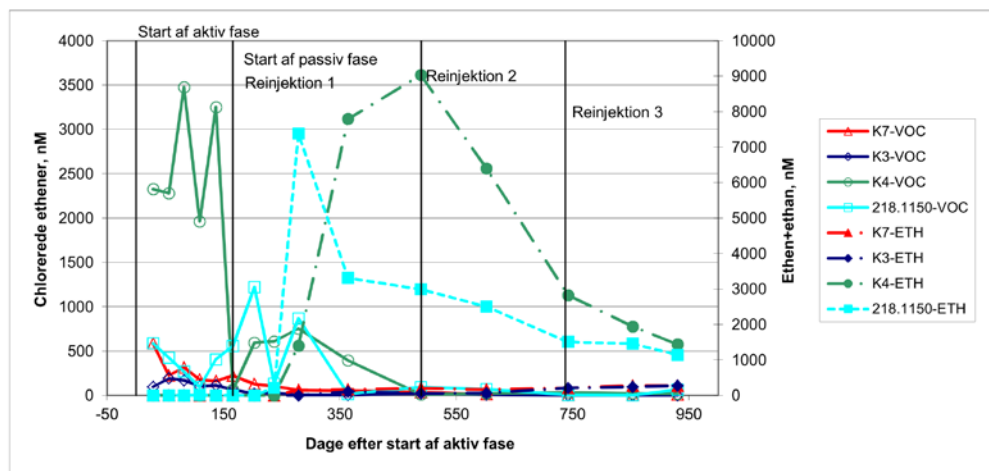
Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boringer side 19/ 20

K11						
Dato	15-11-2007	15-05-2008	24-06-2008	24-07-2008	19-08-2008	15-09-2008
Antal dage	-196	-14	26	56	82	109
Filterkote				18,01		18,01
*Filterdybde (m.u.t.)						
Felt-bemærkninger	god ydelse + klar + bakterielugt klar - let sløret hvid Hvidlig god ydelse + klar god ydelse + klar + bakterielugt					
Field remarks	Good yield, clear, smell of bacteria clear, little white gleam White colour Good yield, clear Good yield, clear, smell of bacteria					
Feltparametre						
Vandstand (m.u.t.)				5,8		6,3
Vandstand (kote)				12,201		11,751
pH (-)	7,24	7,26	6,93	6,62	6,62	7
Temperatur (°C)	11,1	11,7	12,9	12	12	12
Ledningsevne (mS/m)	91,6	124,9	128,9	128,0	124,0	133,0
Redoxforhold						
Redoxpotentiale (mV)	-171	-189	-163,0	-246,0	-138,0	-194
Itt (mg/l) (feltmåling)	0,39	0,16	0,26	1,26	0,48	3
Nitrat (mg/L)	0,03	#N/A	0,071	0,104	0,03	0,03
Jern, opløst (mg/L)	0,42	#N/A	1,8	1,4	1,8	1
Sulfat (mg/l)	16	#N/A	0,5	0,5	0,5	0,5
Methan (mg/L)	#N/A	#N/A	0,91	0,34	0,75	2,10
NVOC (mg/L)	2,6	#N/A	64	73	85	68
Fede syrer						
Myresyre / Format						
Mælkesyre / Laktat						
Eddikesyre / acetat						
Propionsyre / propionat						
Smørsyre / Butan						
Isosmørsyre / isobutansyre						
Valerianesyre						
Isovalerianesyre						
Capronsyre						
Chlorerede µg/L (MAX)	MAXIMUM					
PCE (µg/l)	0,03	#N/A	0,02	0,2	0,02	0,02
TCE (µg/l)	0,27	#N/A	0,39	0,2	0,1	0,02
cis-DCE (µg/l)	0,06	#N/A	1,1	1,9	5,6	2,5
trans-DCE (µg/l)	0,02	#N/A	0,029	0,2	0,17	0,05
1,1-DCE (µg/L)	0,02	#N/A	0,02	0,2	0,02	0,02
VC (µg/l)	0,17	#N/A	0,54	2,2	4,8	1,7
Ethen (µg/l)	#N/A	#N/A	2,5	5	5	0,5
Ethan (µg/l)	#N/A	#N/A	2,5	5	5	0,5
Sum (MAX)	0,57	#N/A	2,099	4,9	10,71	4,31
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	#N/A	7	15	21	5
Chlorerede nM (MAX)						
PCE (nM)	0,18	#N/A	0,12	1,21	0,12	0,12
TCE (nM)	2,05	#N/A	2,97	1,52	0,76	0,15
cis-DCE (nM)	0,62	#N/A	11,34	19,59	57,73	25,77
trans-DCE (nM)	0,21	#N/A	0,30	2,06	1,75	0,52
1,1-DCE (nM)	0,21	#N/A	0,21	2,06	0,21	0,21
VC (nM)	2,72	#N/A	8,64	35,20	76,80	27,20
Ethen (nM)	#N/A	#N/A	89,29	178,57	178,57	17,86
Ethan (nM)	#N/A	#N/A	83,33	166,67	166,67	16,67
Sum (MAX)	6	#N/A	24	62	137	54
Sum (MAX) inkl ethen+ethan	#N/A	#N/A	196	407	483	88
Chlorerede µg/L (Min)	MINIMUM					
PCE (µg/l)	0,03	#N/A	0	0	0	0
TCE (µg/l)	0,27	#N/A	0,39	0	0,1	0,02
cis-DCE (µg/l)	0,06	#N/A	1,1	1,9	5,6	2,5
trans-DCE (µg/l)	0	#N/A	0,029	0	0,17	0,05
1,1-DCE (µg/L)	0	#N/A	0	0	0	0
VC (µg/l)	0,17	#N/A	0,54	2,2	4,8	1,7
Ethen (µg/l)	#N/A	#N/A	0	0	0	0
Ethan (µg/l)	#N/A	#N/A	0	0	0	0
Sum (MIN)	0,53	#N/A	2,059	4,1	10,67	4,27
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	#N/A	#N/A	2,059	4,1	10,67	4,27
Chlorerede nM (MIN)	MINIMUM					
PCE (nM)	0,18	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	2,05	#N/A	2,97	0,00	0,76	0,15
cis-DCE (nM)	0,62	#N/A	11,34	19,59	57,73	25,77
trans-DCE (nM)	0,00	#N/A	0,30	0,00	1,75	0,52
1,1-DCE (nM)	0,00	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	2,72	#N/A	8,64	35,20	76,80	27,20
Ethen (nM)	#N/A	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
Ethan (nM)	#N/A	#N/A	0,00	0,00	0,00	0,00
Sum (MIN)	5,57	#N/A	23,24	54,79	137,04	53,64
Sum (MIN) inkl ethen + ethan	#N/A	#N/A	23	55	137	54
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	#N/A	#N/A	93%	93%	86%	70%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	#N/A	#N/A	41%	55%	52%	50%
Bakterier						
DHC (# cells/ml)	#N/A	1,3E+02 not detected	#N/A	#N/A	#N/A	1,3E+02 not detected

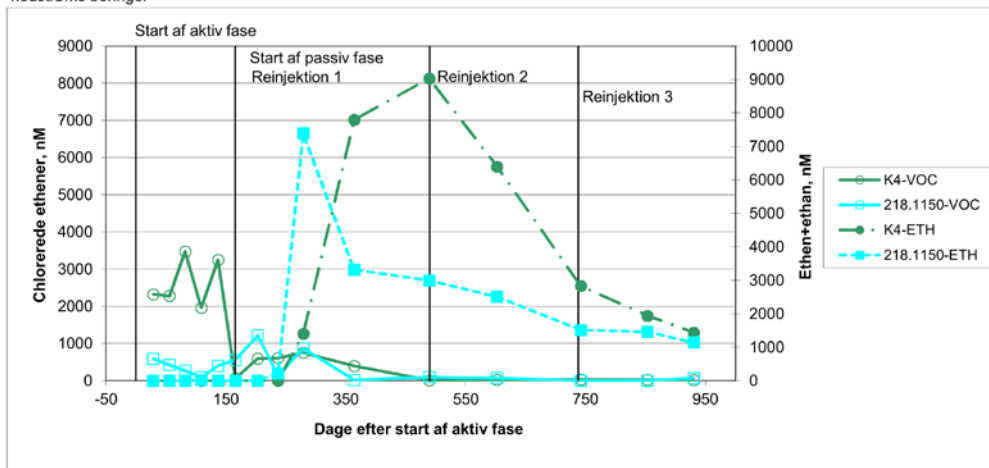
Bilag 6: Monitoringsresultater, aktiv og passiv fase, alle boringer side 20 / 20

K11						
Dato	13-10-2008	11-11-2008	18-12-2008	21-01-2009	04-03-2009	28-05-2009
Antal dage	137	166	203	237	279	364
Filterkote	18,01	18,01	18,01	18,01	18,01	18,01
*Filterdybde (m.u.L.)						
Felt-bemærkninger	god ydelse + klar god ydelse + klar + bakterielugt					
Field remarks	god ydelse + klar Good yield, clear Good yield, little cloudy					
Feltparametre	god ydelse + klar Good yield, clear, smell of bacteria					
Vandstand (m.u.L.)		6,50			5,1	5,69
Vandstand (kote)		11,511			12,891	12,321
pH (-)	6,82	6,75	6,7	6,84	7	6,56
Temperatur (°C)	11,8	12,0	11,4	12,2	12	11,8
Ledningsevne (mSim)	146,0	140,3	146,2	169,9	165	166,7
Redoxforhold						
Redoxpotentiale (mV)	-79	-33	-178	-159,4	-90	-157
lt (mg/l) (feltmåling)	0,19	0,33	0,43	0,28	1	0,20
Nitrat (mg/L)	0,22	0,097	0,08	0,05	0	0,08
Jern, opløst (mg/L)	1,20	1,5	1,5	1,9	2	2,20
Sulfat (mg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5	2	0,5
Methan (mg/L)	4,90	1,30	3,20	3,60	10,00	1,60
NVOC (mg/L)	74	97	69,1	83,9	53	37
Fede syrer						
Myresyre / Format						5,00
Mælkesyre / Laktat						10,00
Eddikesyre / acetat						10,00
Propionsyre / propionat						10,00
Smørsyre / Butan						10,00
Isosmørsyre / isobutansyre						10,00
Valeriansyre						10,00
Isovaleriansyre						10,00
Capronsyre						10,00
Chlorerede µg/L (MAX)						
PCE (µg/l)	0,02	0,02	0,2	0,02	0,02	0,02
TCE (µg/l)	0,06	0,026	0,2	0,53	0,35	0,34
cis-DCE (µg/l)	6,6	7	3,6	5,6	4,6	3,9
trans-DCE (µg/l)	0,23	0,15	0,2	0,23	0,14	0,24
1,1-DCE (µg/L)	0,02	0,02	0,2	0,02	0,02	0,02
VC (µg/l)	8,7	9,2	4,3	3,9	3,8	4,4
Ethen (µg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,3
Ethan (µg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5	2,2	0,6
Sum (MAX)	15,63	16,416	8,7	10,3	8,93	8,92
Sum (MAX) inkl eten+ethan	17	17	10	11	12	10
Chlorerede nM (MAX)						
PCE (nM)	0,12	0,12	1,21	0,12	0,12	0,12
TCE (nM)	0,46	0,20	1,52	4,03	2,66	2,59
cis-DCE (nM)	68,04	72,16	37,11	57,73	47,42	40,21
trans-DCE (nM)	2,37	1,55	2,06	2,37	1,44	2,47
1,1-DCE (nM)	0,21	0,21	2,06	0,21	0,21	0,21
VC (nM)	139,20	147,20	68,80	62,40	60,80	70,40
Ethen (nM)	17,86	17,86	17,86	17,86	14,29	10,71
Ethan (nM)	16,67	16,67	16,67	16,67	73,33	20,00
Sum (MAX)	210	221	113	127	113	116
Sum (MAX) inkl eten+ethan	245	256	147	161	200	147
Chlorerede µg/L (Min)						
PCE (µg/l)	0	0	0	0	0	0
TCE (µg/l)	0,06	0,026	0	0,53	0,35	0,34
cis-DCE (µg/l)	6,6	7	3,6	5,6	4,6	3,9
trans-DCE (µg/l)	0,23	0,15	0	0,23	0,14	0,24
1,1-DCE (µg/L)	0	0	0	0	0	0
VC (µg/l)	8,7	9,2	4,3	3,9	3,8	4,4
Ethen (µg/l)	0	0	0	0	0	0,3
Ethan (µg/l)	0	0	0	0	0	0,6
Sum (MIN)	15,59	16,376	7,9	10,26	8,89	8,88
Sum (MIN) inkl eten + ethan	15,59	16,376	7,9	10,26	8,89	10
Chlorerede nM (MIN)						
PCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TCE (nM)	0,46	0,20	0,00	4,03	2,66	2,59
cis-DCE (nM)	68,04	72,16	37,11	57,73	47,42	40,21
trans-DCE (nM)	2,37	1,55	0,00	2,37	1,44	2,47
1,1-DCE (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VC (nM)	139,20	147,20	68,80	62,40	60,80	70,40
Ethen (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,71
Ethan (nM)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00
Sum (MIN)	210,07	221,11	105,91	126,53	112,33	115,67
Sum (MIN) inkl eten + ethan	210	221	106	127	112	146
Dechloreringsgrad (%) (MAX)	62%	61%	64%	60%	72%	63%
Dechloreringsgrad (%) (MIN)	55%	55%	55%	49%	51%	63%
Bakterier						
DHC (# cells/ml)	#N/A	3,2E+02 not detected	4,2E+03 not detected	6,3E+01 not detected	4,30E+01 not detected	1,80E+02

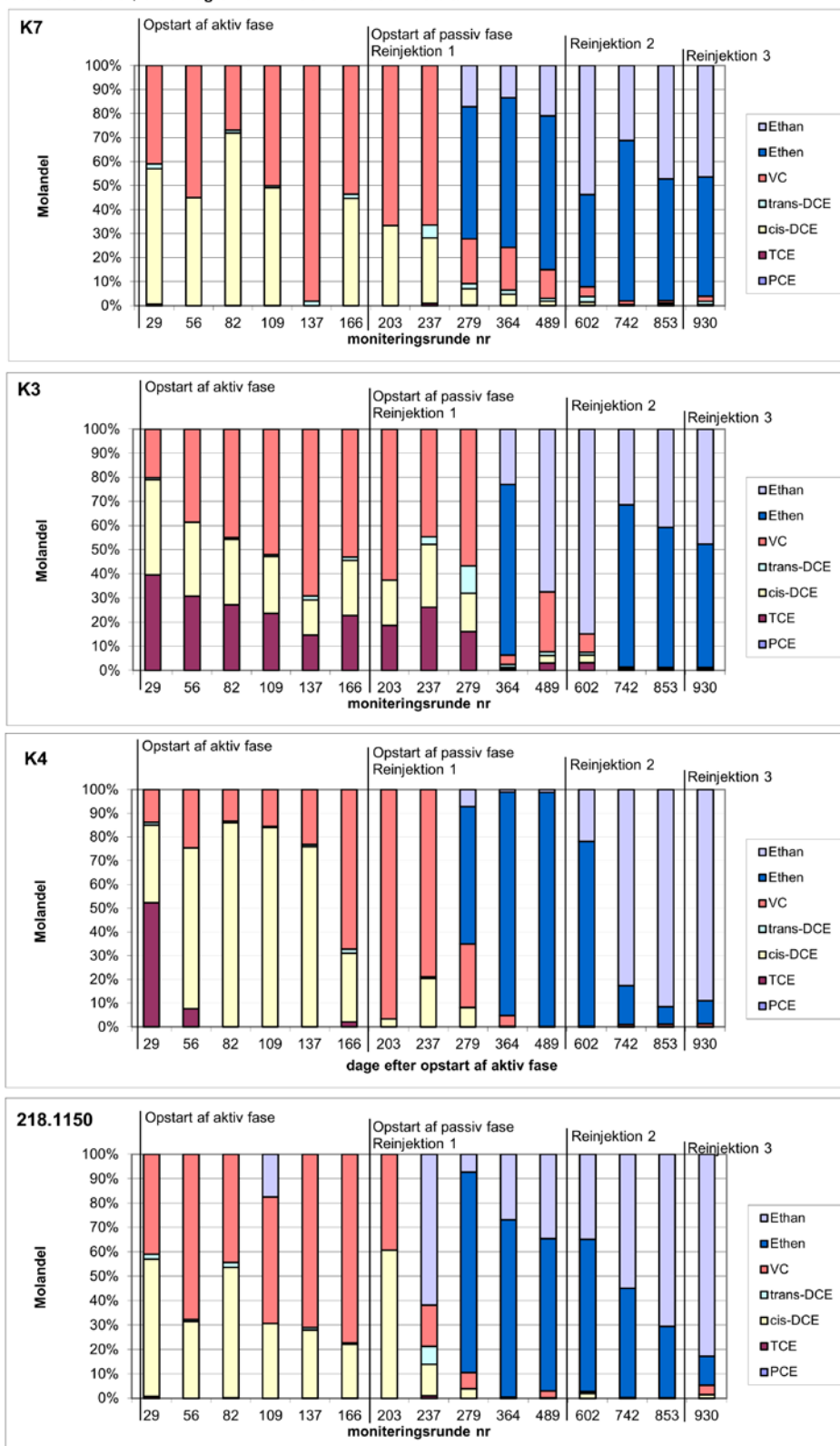
Chlorerede ethener
Repræsentative borerer nedstrøms + biobarriere

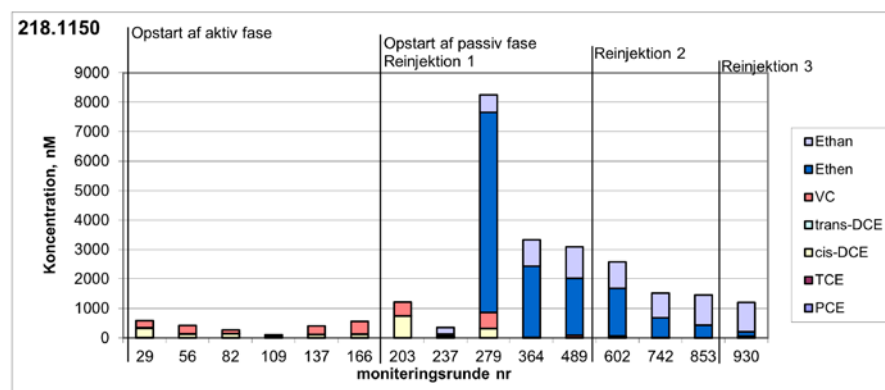
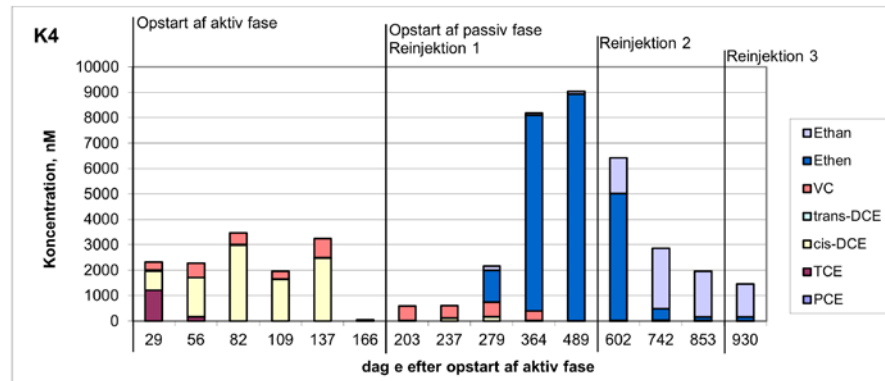
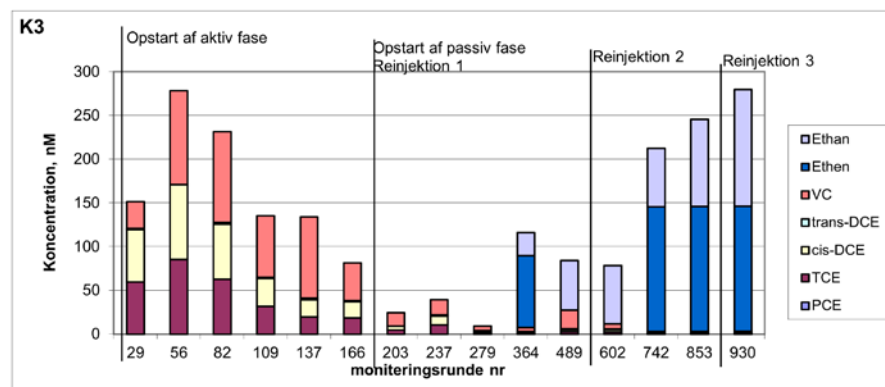
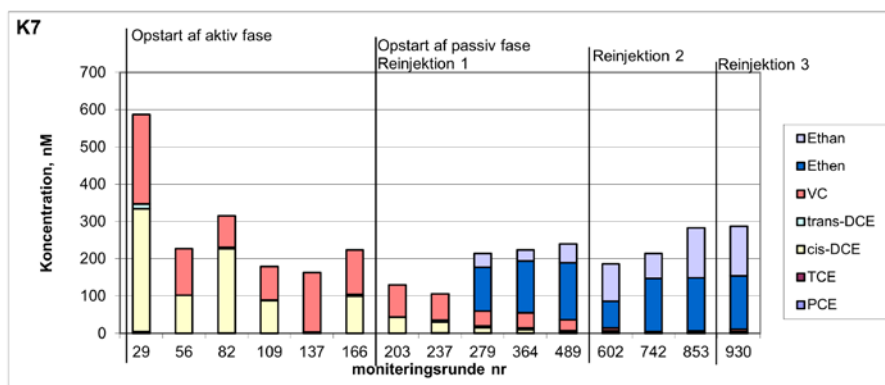


nedstrøms borerer

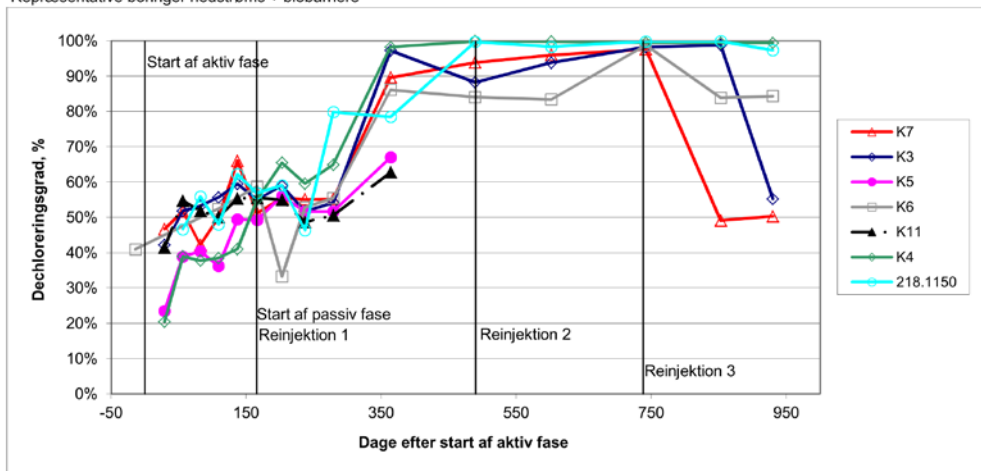


Chlorerede ethener, ethen og ethan - illustreret som molbrøk

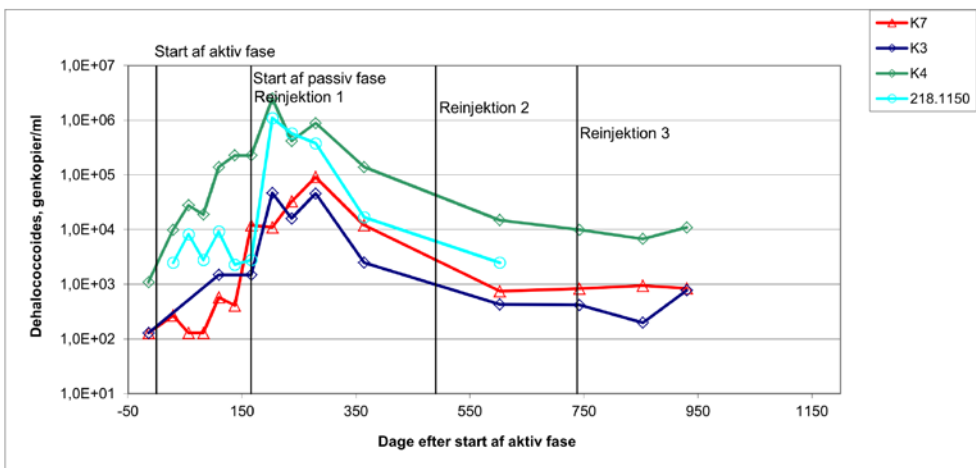
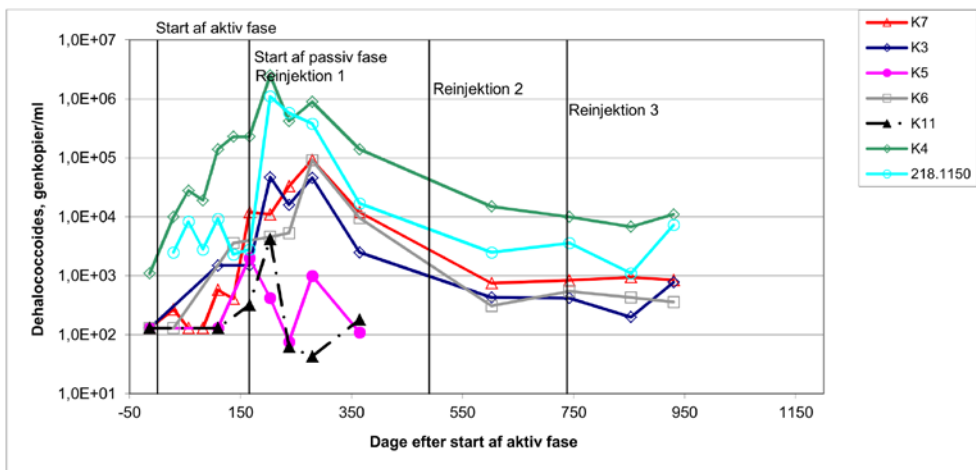
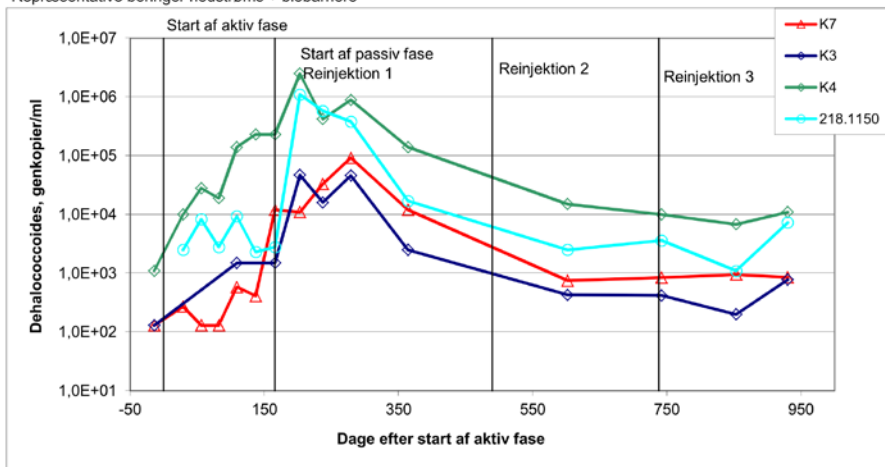




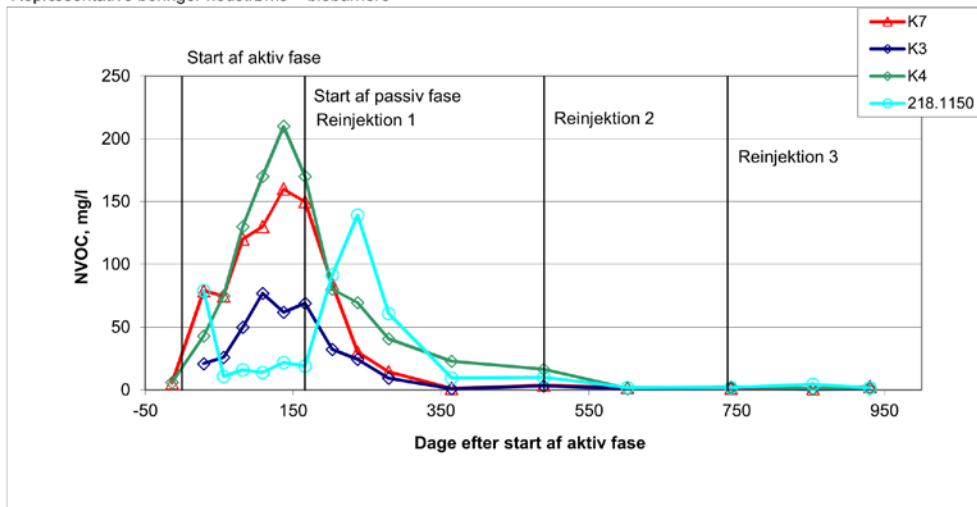
Dechloreringsgrad
Repræsentative borer nedstrøms + biobarriere



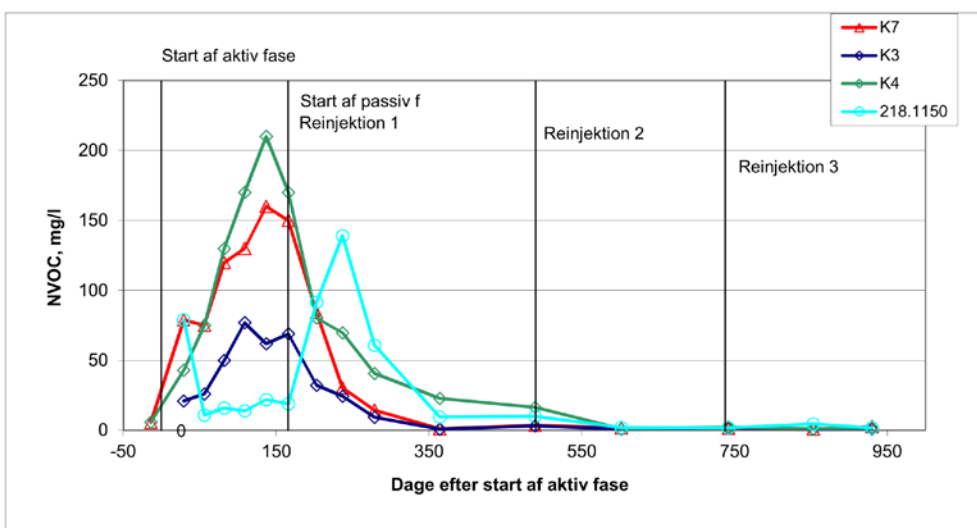
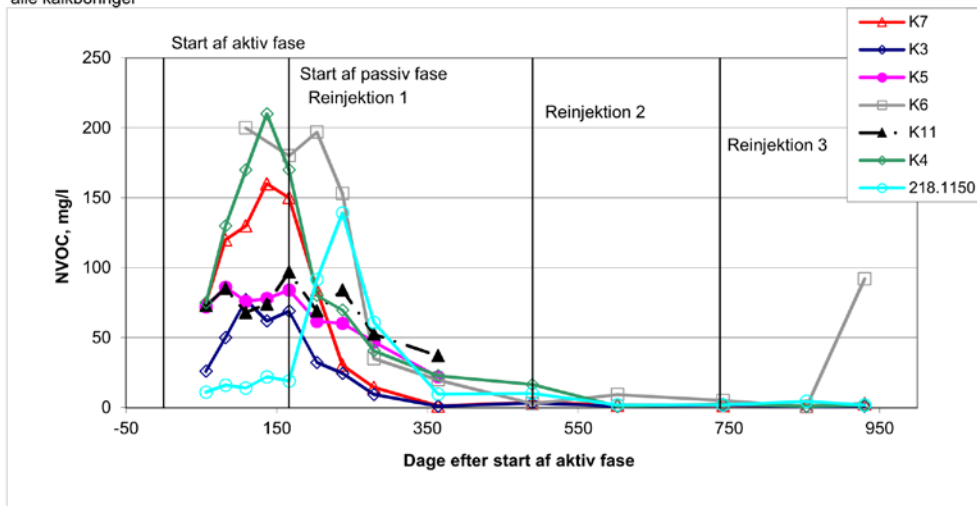
Dehalococcoides
Repræsentative borer nedstrøms + biobarriere



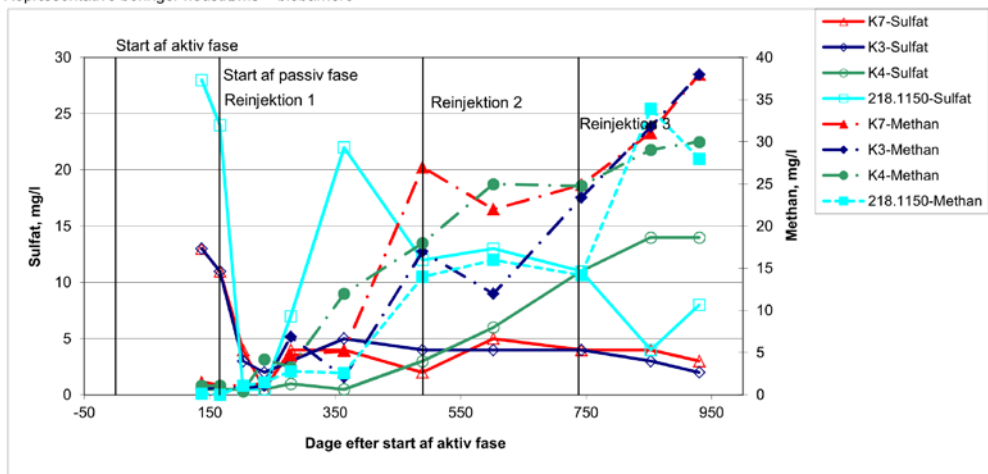
NVOC
Repræsentative borer nedstrøms + biobarriere



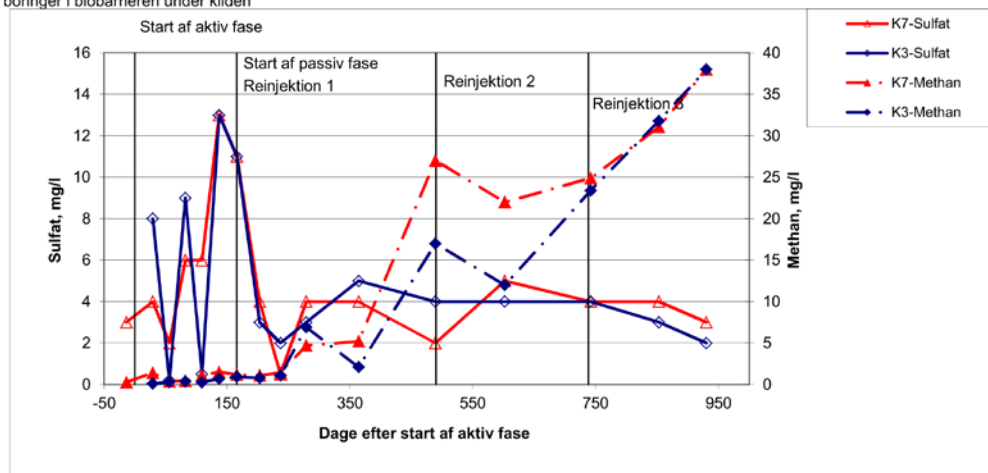
alle kalkboringer



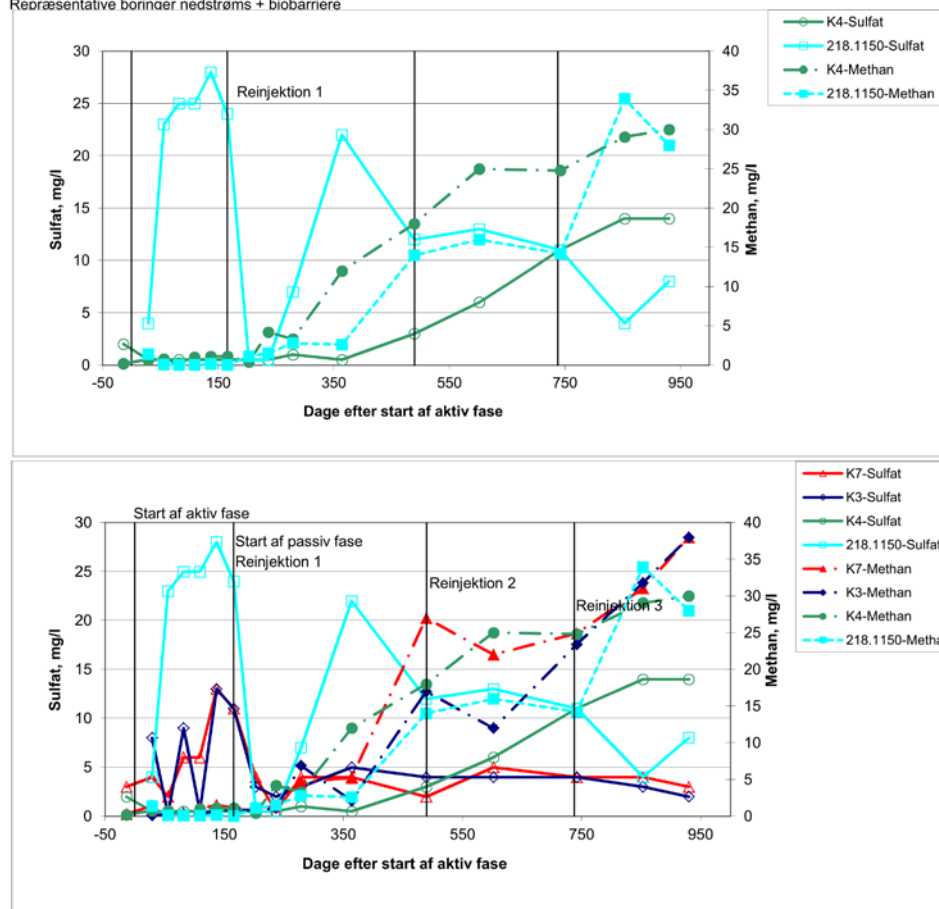
Redoxparametre
Repræsentative boreri nedstrøms + biobarriere

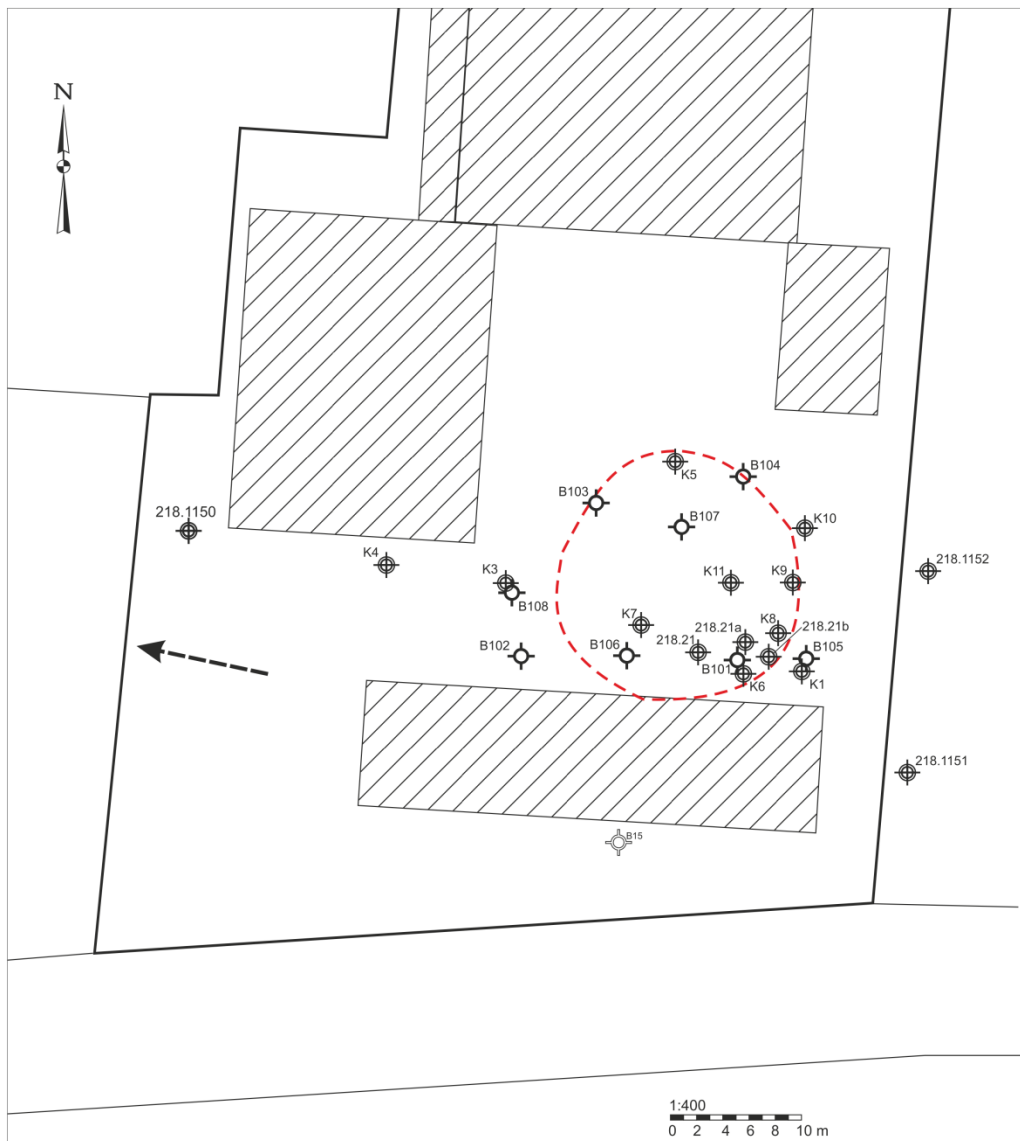


boringer i biobarrieren under kilden



Redoxparametre
Repræsentative boringer nedstrøms + biobarriere





Stimuleret reduktiv dechlorering i kalkmagasin. Hellestedvej 22, Stevns Kommune.

Problematiske jord- og grundvandsforurening med chlorerede ethener kan oprensnes effektivt ved anvendelse af stimuleret reduktiv dechlorering forudsat at der kan skabes kontakt mellem forureningen og det injicerede substrat og bakteriekultur. I danske kalkmagasiner har afværgepumpning i årevis været den foretrukne afværagemetode. På lokaliteten Hellestedvej 22, Hellested er stimuleret reduktiv dechlorering implementeret i fuldskala i et TCE-forurenet kalkmagasin som erstatning for en eksisterende afværgepumpning. På lokaliteten er metoden benyttet til at oprense den eksisterende fane i kalkmagasinet ved en aktiv driftsfase og efterfølgende at forhindre genforurening af magasinet ved at opretholde biologisk aktivitet i en horisontal barriere under kildeområdet i en passiv driftsfase. Disse aktiviteter er suppleret med en behandling af kildeområdet i det overliggende moræneler med henblik på reduktion af kildestyrken og dermed også af driftstiden for afværgeforanstaltningerne i kalkmagasinet.



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Strandgade 29
DK - 1401 København K
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

www.mst.dk