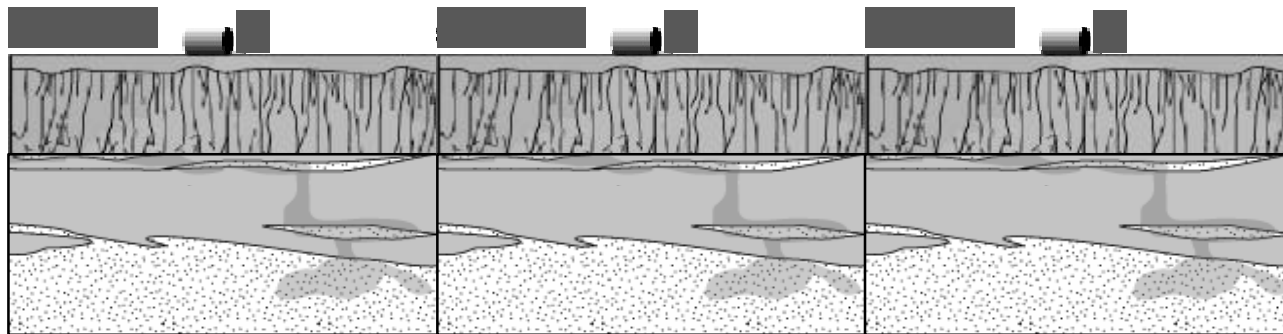


# REMTEC

**Innovative REMediation and  
assessment TEChnologies for  
contaminated soil and  
groundwater**

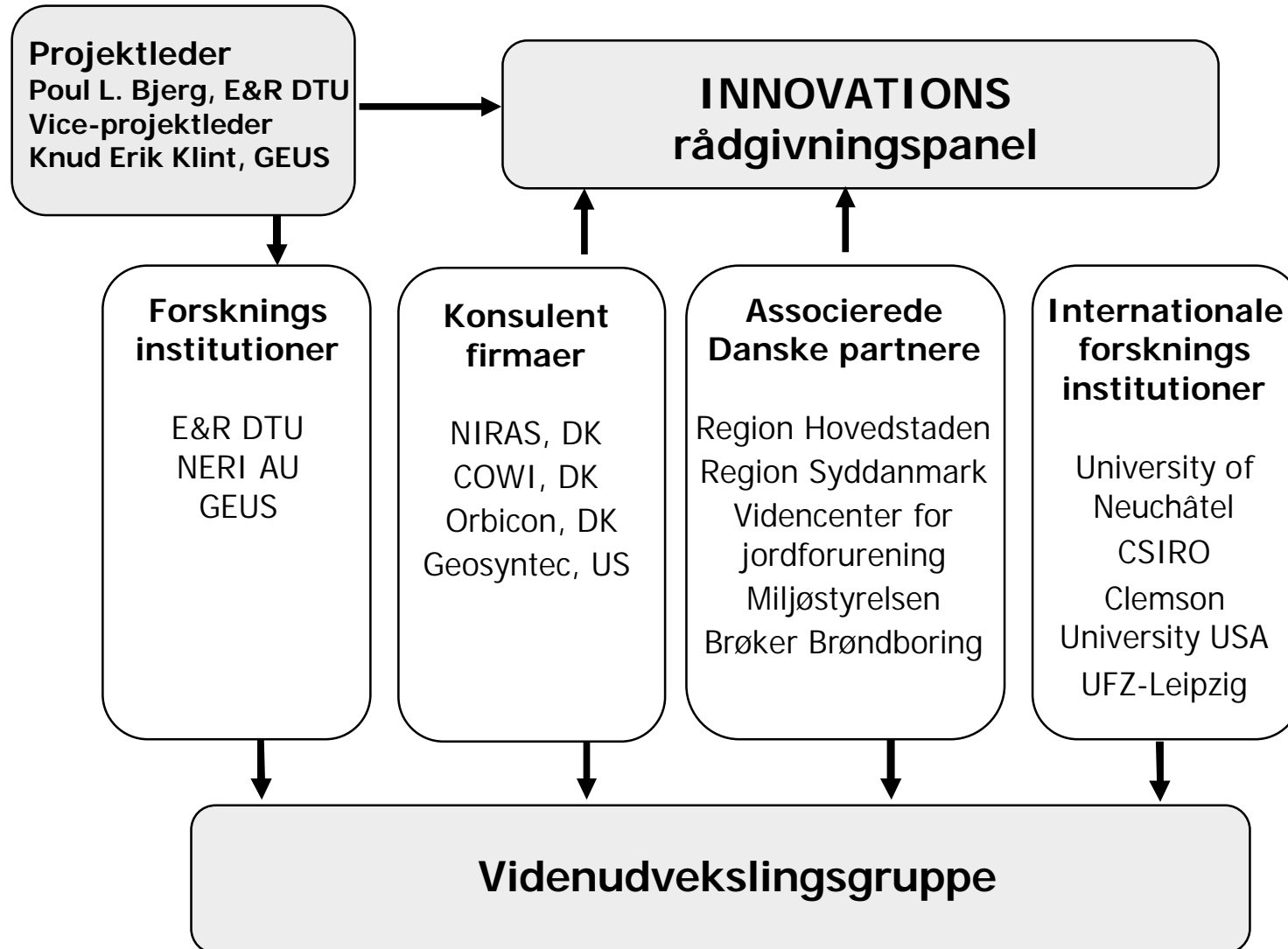
**Koordinator: Poul Bjerg, DTU**



G E U S



# Projektorganisation



# Innovative elementer i REMTEC

I projektet bliver ny procesforståelse koblet til udvikling af modelværktøjer til design af afværgeteknologier.

Innovative metoder til karakterisering af geologi og forurening og miljøøkonomiske vurderinger vil blive udviklet.

REMTEC har interdisciplinær karakter og forener den bedste danske forskningsekspertise på området med førende rådgivere, udenlandske forskere og miljømyndigheder.

Målet er at forbedre Danmarks konkurrenceevne inden for afværgeteknologier, metoder og helhedsorienterede løsninger for forurenede jord og grundvand

# Projektformål og strategi

Der bliver etableret 4 integrerede delprojekter, som alle har klar forskningsmæssig fokus

1. Metoder til accelereret oprensning af moræneler
2. Optimering af mikrobiel oprensning af klorerede opløsningsmidler i moræneler
3. Sekventiel oprensning af forureninger med blandinger af kemiske stoffer med forskellige egenskaber
4. Metoder til stabilisering og risikovurdering af svært nedbrydelige organiske stoffer og tungmetaller

# Projekt elementer og opbygning

WP 5 Characterization and monitoring tools	REMEDIATION TECHNOLOGIES	EXPERIMENTAL WORK	NUMERICAL MODELS	TOOLS	FIELD SITE/CONTAMINANTS	INVOLVED INSTITUTIONS AND PARTNERS
E&R DTU, GEUS, NERI AU, Orbicon, COWI, Geosyntec, Neuchâtel, UFZ	<b>WP1</b> Accelerating remediation of low permeable clay tills	Field scale and source scale	Design of enhancement procedures Performance Time frames	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Geological and hydraulic characterization</li> <li>•Geostatistics</li> </ul>	Clayey till/ Chlorinated solvents	GEUS, E&R DTU, Orbicon, CSIRO, Clemson University, Danish Regions
	<b>WP2</b> Design and performance of bioremediation	Field scale, source scale and laboratory scale	Quantification of processes Design Time frames	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Stable isotope techniques</li> <li>•Molecular biological tools</li> <li>•Remedial design model</li> </ul>	Clayey till/ Chlorinated Solvents	E&R DTU, GEUS, Orbicon, Geosyntec, University of Neuchâtel, CSIRO Danish Regions
	<b>WP3</b> Optimizing remediation at sites with complex sources	Laboratory scale – related to a specific field site		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Toxicity assays</li> <li>•Treatability studies</li> </ul>	Complex source/ Pharmaceuticals pesticides, petroleum hydrocarbons, chlorinated solvents	E&R DTU, NERI AU, Orbicon, Geosyntec, University of Neuchâtel Danish Regions
	<b>WP4</b> Innovative bioremediation concepts Soil stabilization	Field scale, source scale and laboratory scale	Long term stability Contaminant mass flux	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Chemical accessibility</li> <li>•Bioavailability</li> </ul>	Soil contamination/ PAH's, heavy metals	NERI AU, E&R DTU, COWI UFZ-Leipzig Danish Regions

**WP6**  
 Environmental-economic assessment  
 NIRAS, E&R DTU

# **WP1** Optimering af metoder til accelereret oprensning af klorede opløsningsmidler i sprækket moræner

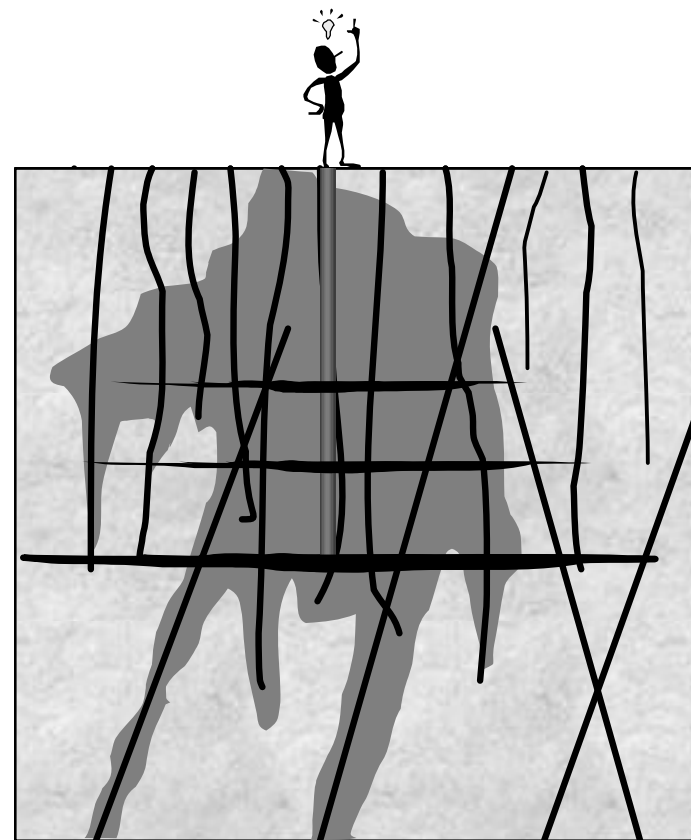
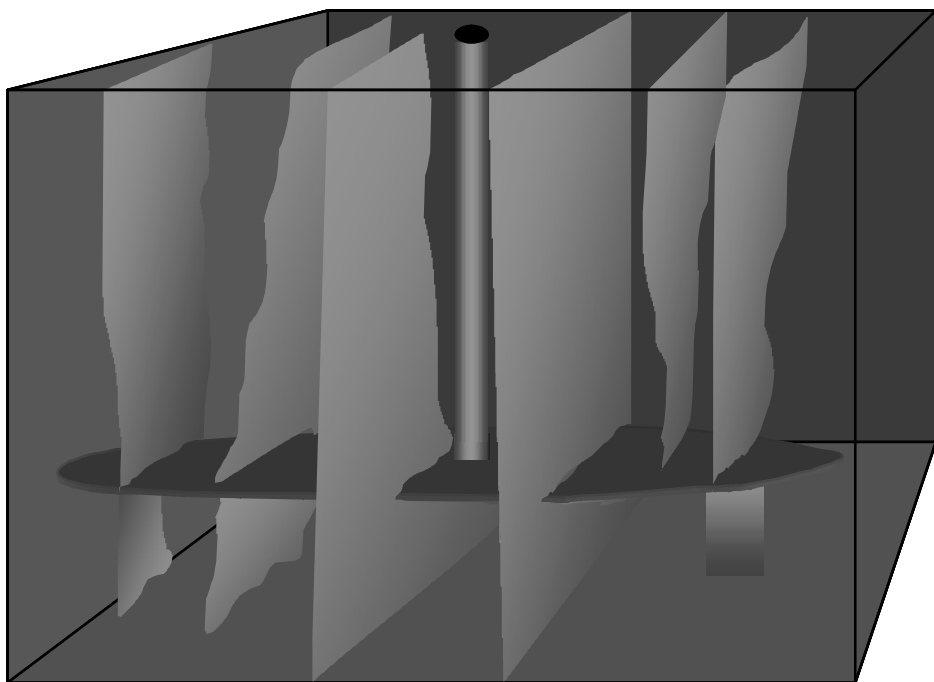
**I WP1 vil vi udføre feltskala eksperimenter I sprækket moræner forurenede med klorerede opløsningsmidler**

**Formålet er at teste optimale metoder til at stimulere en oprensning ved at ændre de bulkhydrauliske ledningsevner og leverer reaktive stoffer, der kan accelerere kemisk og biologisk nedbrydning af klorerede opløsningsmidler.**

**Multiskala sitekarakteriserings-metoder (udviklet i wp5) vil blive implementeret for at vurdere geologiske/hydraulisk/kemisk/biologisk variabilitet på relevante skalaer og opstille konceptuelle modeller, der kan benyttes til at designe optimal monitoring og oprensningstrategier. Den konceptuelle model vil ligeledes indgå som input i opstilling af numeriske modeller til validering af oprensningseksperimenterne**

**Geo-statiske metoder vil blive introduceret for at beskrive fordelingen af højpermeable strukturer (sprækker sandlinsler) i den lavpermeable matrix.**

# Eksempel på stimulering af opsprækket moræneler



**Forurening**



G E U S

## **WP2** Optimering af kemisk/mikrobiel oprensning af primært klorethener og klorethener

I WP2 vil vi i tæt samarbejde med WP1 studerer:

Forsøg med biologisk oprensning af klorethener ved hjælp af stimuleret reduktiv deklorering

Kvantificering af klorethan deklorering samt tilstedeværelse/aktivitet af funktionelle gener

Potentiale for accelereret oprensning ved tilsætning af *Dehalobacter* kulturer via SRD

Måling af genaktivitet baseret på ekstraktion af DNA og mRNA direkte fra jordprøver

Laboratorieeksperimenter vil løbende indgå som støtte for tolkning af feltobservationer

Procesforståelsen implementeres i numeriske modeller for kvantificering af fordelingen af degraderbakterier, elektrondonore, forurening, samt de styrende processer for anaerob deklorering i moræner. Resultaterne vil indgå i fremtidige bioremedieringsdesign

# **WP 3 Sekventiel oprensning af forureninger med komplekse blandinger af kemiske stoffer**

**I WP3 satses der på aggressiv oprensning for at opnå maksimal reduktion af forurening og giftighed, herunder kemisk oxidation, termal oprensning og zerovalent jern oprensning af komplekse forureningskilder blandet med sekventiel optimeret mikrobiel nedbrydning. (treatment trains)**

**Forsøgene knyttes til aktuelle forureninger (Cheminova-Høfde 42/Ballerup, Kærgård Plantage) med komplekse blandinger af forurening (medicinrester, pesticider, olieprodukter, klorerede opløsningsmidler).**

**Effekten af forsøgene vil blive evalueret med en lang række avancerede kemiske analyser der samtidig forventes udgøre et stærkt testbatteri for evaluering af sekventiel oprensning. (biological/chemical oxidant demand; surplus of reactive agent, specific group(s) og bioassays (algae, crustaceans, light emitting bacteria (Microtox), nitrifying bacteria, yeast assay),**

# **WP 4** Udvikling af metoder til stabilisering og risikovurdering af svært nedbrydelige organiske stoffer og tungmetaller

**I WP 4 vil vi i tæt samarbejde med WP3 teste reduktion af sundhedsrisikoen fra svært nedbrydelige organiske stoffer og tungmetaller**

**Forsøgene omfatter:**

**Eksperimentel isolering af ikke tilgængelige forurenede områder (Pools)**

**Dokumentering af at isolerede områder ikke udgør en væsentlig risiko for det omkringliggende miljø herunder planter, dyr og mennesker.**

**Dette koncept vender ulempen ved begrænsningerne for biooprensning p.g.a. begrænset adgang til forureningen til fordel ved samme begrænsning for spredning af forureningen**

**Der vil ligeledes blive forsket i muligheden for at stabiliserer tungmetaller med f. eks okkerslam fra vandværker.**

**Felt applikationer og langtidseffekt er kritiske emner som vil indgå I denne WP**





## **WP 5 Værktøjskassen**

**En integreret værktøjskasse udviklet i WP5 vil bla. omfatte:**

**Metoder til multiskala site karakterisering af moræneler**

**herunder avanceret hydraulisk og geologisk**

**karakterisering og udvikling af geostatistiske teknikker**

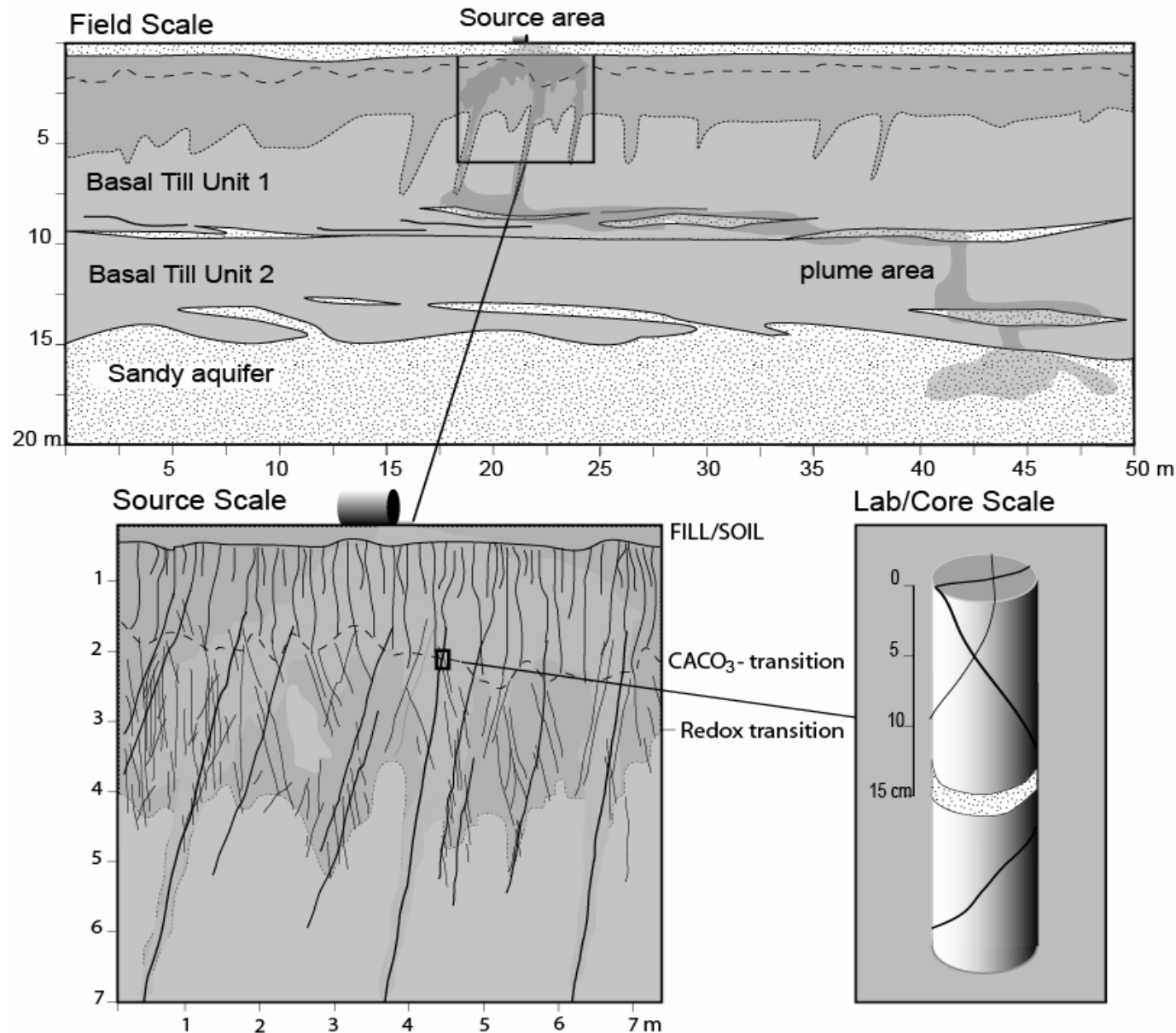
**Metoder til at benytte stabile isotoper til evaluering af  
nedbrydningsrater**

**DNA og mRNA baseret kvantificeringsmetoder til belysning  
af nøglebakteriers rolle i nedbrydning af klorethener og  
ethaner**

**Metoder til at teste toxicity vil ligeledes blive udviklet**



# Multiskala site karakterisering



Feltskala

Geologisk  
Variabilitet/  
Karakterisering

Hydraulisk  
karakterisering

punktkilde skala

Kemisk  
karakterisering

Makropore  
systemer

Lab/prøve skala  
Transport og  
Nedbrydnings-  
processer

# WP 6 Miljø økonomiske vurderinger

WP6 omhandler udvikling af miljøøkonomisk analyseværktøj, der kan støtte prioritering af oprensningsprojekter på region eller oplandsskala.

Udvikling af værktøj/metode skal koordineres med EU's VRD og baseres på velfærdsøkonomiske teorier med henblik på at vælge de bedste oprensningstrategier set i et samfundsmæssigt perspektiv.

Produktet kan være en prioriteret liste af de bedste oprensningsoptioner for samfundet baseret på direkte udgifter i forhold til potentiel værdi af de vigtigste sideeffekter af oprensningen.

Usikkerheder ved oprensningens effektivitet og betydningen af tidsaspektet fra kildereduktion til grundvandet er beskyttet (dekader) vil indgå i en diskussion af det økonomiske værktøj/metode.

# Forventede resultater

Remtec vil finansiere 6 PhD projekter og 3 post doc. Nogle af de vigtigste resultater forventes at blive:

Forbedrede accelererede "in situ" bioremedierings teknologier for lavpermeable aflejringer forurenede med klorerede opløsningsmidler

Udvikling af avancerede numeriske og geo-statistiske model værktøjer til "site-karakterisering" og design af oprensning strategier

Nye mikrobiologiske DNA og mRNA baseret kvantificeringsmetoder til belysning af nøglebakteriers rolle i nedbrydning af klorethener og ethaner

Effektive behandlingsmetoder for komplekse kemiske forureninger, og evalueringsmetoder til vurdering af behandlingens evne til at reducere risici for miljøet

Dokumentation for at in situ stabilisering af PAH'er og tungmetaller kan forhindre optagelse i afgrøder eller på anden vis udgøre en sundhedsrisiko for mennesker

Operationelle procedure baseret på procesindblik i kosteffektiv reduktion af risiko fra områder forurenede med tungmetaller

En ny prøvetagnings strategi for isolering af ikke tilgængelige "PAH-pools" herunder udpegning af bio-nedbrydlige mål, valg af jordparametre for oprensning og risiko vurdering

Multidisciplinære værktøjer til karakterisering af forurenede grunde i lavpermeable aflejringer, nedbrydning af forureningsstoffer og test af komplekse stoffers giftighed

Miljøøkonomiske vurderings/beslutningsværktøjer til støtte for opstilling af kosteffektive oprensningstrategier