

# **Kaasut ja biogeokemian prosessit kallioperässä (KABIO)**

**Ilmo Kukkonen & Lasse Ahonen  
Geologian tutkimuskeskus, Espoo**

**KYT2010 Seminaari**

*26.9.2008  
Helsinki*

# **Kaasut ja biogeokemian prosessit kallioperässä**

- **Kallioperän suolaisissa pohjavesissä tavataan aina kaasuja**
- **Kallioperässä esiintyy mikrobeja**
- **Mikä on kaasujen alkuperä?**
- **Mikä on kaasujen rooli kallioperän mikrobien elämässä?**
- **Miten mikrobit ja kaasut vaikuttavat kallioperän kemiallisiin olosuhteisiin?**
- **Implikaatioita loppusijoituksen kysymyksiin?**

# Outokummun syväreikä

- **GTK:n tutkimushanke ja tutkimusohjelma**
- **International Continental Scientific Drilling –ohjelman (ICDP) hanke**
- **2514 m syvä tutkimusreikä, kairattiin 2004-2005**
- **Sijainti Outokummun malmijaksolla**
- **Reikä on jätetty avoimeksi jatkotutkimuksia varten (ei putkitusta > 39 m)**
- **Tavoitteita:**
  - (1) Outokummun malmijakson syvärakenteen selvittäminen,**
  - (2) Kallioperän eri ominaisuuksien vertikaalivaihtelu,**
  - (3) Syvän biosfäärin tutkimus**



# KABIO-hankkeen tavoitteet

## Tutkimuksellisia kytkentöjä

- **Kivi-vesi-mikrobit vuorovaikutus**
- **Biogeokemiallisten reaktioiden mallinnustarkastelut**
- **Paleoympäristön muutos ja ikiroudan vaikutus syvään biosfääriin**
- **Syvän biosfäärin diversiteetti**

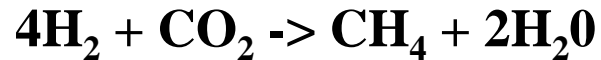
## Tekniset tavoitteet

- **Laitekehitys näytteenottoon**
- **Kaasututkimus (koostumus, isotoopit)**
- **Mineralogia ja kivi-vesi-vuorovaikutus**
- **Biogeokemian mallinnus**

# Syvän biosfäärin mahdollisia energialähteitä

1. Maan pinnalla toimivan ravintoketjun ulottuminen syvälle kallioperään

2. Vety: Onko olemassa abiottista vetyä hyödyntävä biosfääri?



3. Voivatko Fe - C(graf) – CH<sub>4</sub> - CO<sub>2</sub> –systemin reaktiot toimia energian lähteenä?

# Kaasun alkuperä, mahdollisuuksia

- **Biogeeninen**

CO<sub>2</sub>:n biogeeninen pelkistyminen CH<sub>4</sub>:ksi

CH<sub>4</sub>:ää voi muodostua korkeampien hiilivetyjen hajotessa

- **Termogeeninen**

Korkeampien hiilivetyjen hajoaminen termisesti CH<sub>4</sub>:ksi

- **Abiogeeninen**

Ei-biogeeniset prosessit CH<sub>4</sub>:n muodostumisessa

- **Primordiaalinen**

Vaippaperäinen kaasu

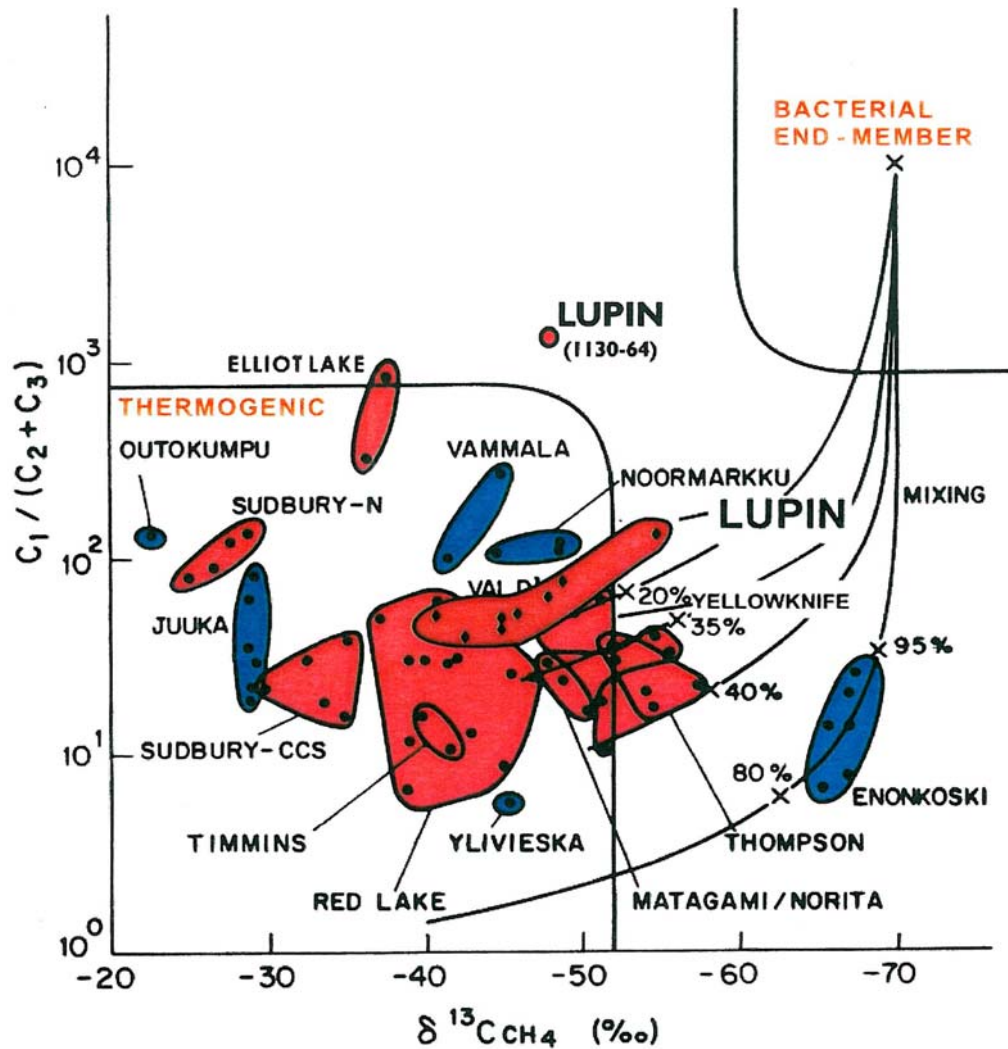
- **Muita prosesseja**

Metaanin hapettuminen

Sekoittuminen

Diffuusio

# Hiilivetyjen hiilisuhde ja metaanin C-isotooppisuhde syvissä kalliopohjavesissä



Stottler (2007)

# $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ –suhteet eräissä prosesseissa

**Prosessi**

$\delta^{13}\text{C}$

---

**Vaippaperäinen hiili**

-6 ‰

**Kalkkikivien hiili**

-1...+2 ‰

**Prekambrinen orgaaninen hiili**

-20...-30 ‰

**Fotosynteesi**

-20 ... -30 ‰

**Metanogeneesi**

*$\text{CO}_2$ :n pelkistäminen  $\text{H}_2$ :lla*

-22...-58 ‰

*$\text{CH}_4$ :n kuluttaminen*

> - 96 ‰

**Abioottisia prosesseja**

*Ilmakehä ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ )*

>-25 ‰

*Kuoren ja vaipan reaktiot ( $\text{CO-H}_2 \rightarrow \text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ )*

-64 ‰

*Timantin muodostus vaipassa ( $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}$ )*

>-26 ‰

*Hydrotermiset reaktiot kuoressa ( $\text{CO}_2\text{-H}_2$ )*

-35...-60





# **KABIO: työsuunnitelma**

**Toteutus yhteistyössä: GTK, VTT, Posiva**

## **OKU-syväreiän vesi- ja kaasunäytteiden tutkimus:**

- **Näytteenotto GTK:n kevyellä letkunäytteenottomella 2008**
- **Näytteenotto Posivan PAVE-laitteistolla 2008-2009**
- **Edustavien näytteiden saanti mikrobiologiaa ja biogeokemiaa varten**

## **Näytteiden analysointi**

- **Mikrobiologinen tutkimus (VTT/Geomol-hanke)**
- **Vesikemia, kaasukemia, isotootit (GTK/Kabio-hanke)**
- **Veden ja kaasujen C-, O- ja H- isotooppianalyysit (GTK/Kabio-hanke)**

# Kaasua purkautuu pintaan Outokummun syväreiästä

- Kaasua havaittiin jo kairauksen yhteydessä (CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> , etc.)
- Video kuvattu elokuussa 2007, 2½ vuotta kairauksen päättymisen jälkeen
- Kaasua virtaa edelleen (syyskuu 2008)



# Alustavia tuloksia OKU-syväreiän kaasututkimuksista

- Reiän vesi on suolaista (Ca-Na-Cl, joht. 15-60 mS/cm )
- Kaasun purkautuminen havaittiin jo kairausaikana
- Kaasua tuottava rakovyöhyke 970 m tasolla kiilleliuskeessa
- Kaasuanalyysit 900-1000 m näytteistä:



## 2005:

CH <sub>4</sub>	57.0 %
N <sub>2</sub>	30.2 %
He	1.2 %
H <sub>2</sub>	9.3 %
O <sub>2</sub>	1.6 %
Ar	0.2 %
+ CO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	

## 2007:

CH <sub>4</sub>	49 %
N <sub>2</sub>	40 %
He	3 %
H <sub>2</sub>	< 0.003 %
O <sub>2</sub>	4.5 %
Ar	0.3 %
+ CO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	



# KABIO-hankkeen näytteenotto OKU-syväreistä elokuussa 2008



- GTK:n letkunäytteenotin
- Reikävesi 100 m osuuksina 2350 m:iin
- Mikrobikontaminaation minimointi: steriilit letkut, venttiilit ja työkalut, kumihanskat

# KABIO-hankkeen näytteenotto OKU-syväreistä elokuussa 2008

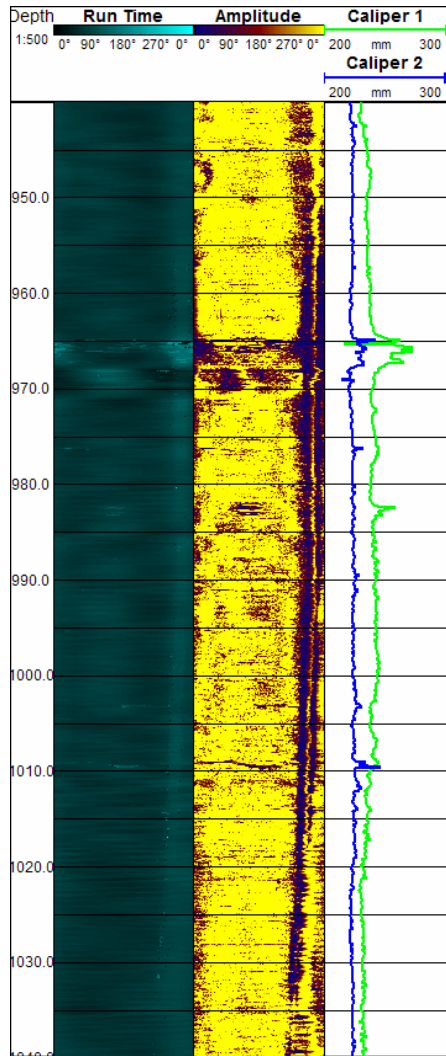


# Näytteenotto OKU-syväreistä elokuussa 2008



# Kaasua tuottava rakovyöhyke 965-968 m:

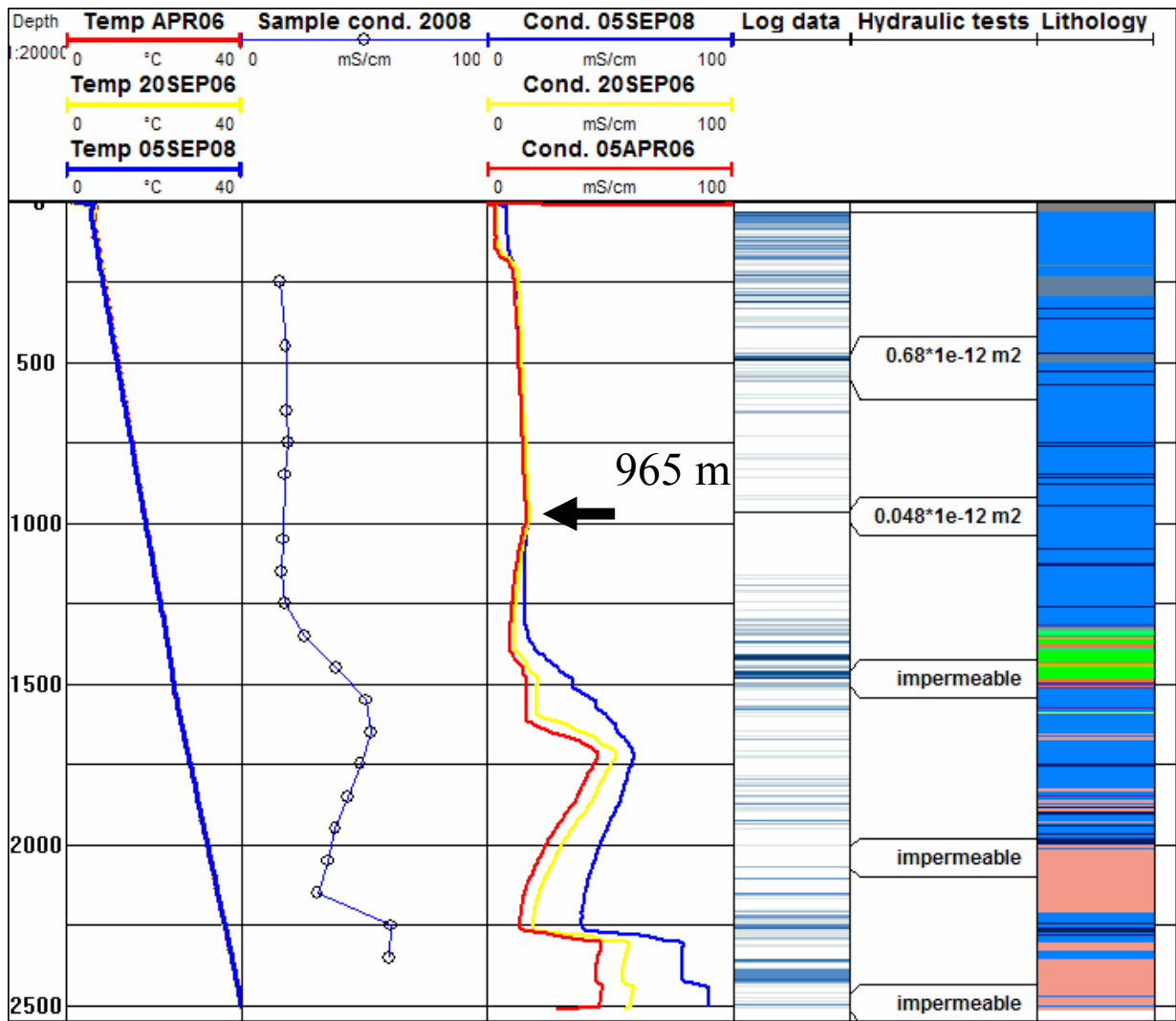
## FW Sonic image & caliper logs



Kairasydännäytteet



# OKU-syväreikä: Reikäveden luotauksia & fluidinäytteet



Datalähteet:  
 GTK-VTT näytteet (2008)  
 ICDP-luotaukset (2006-2008)  
 Tarvainen (2006)



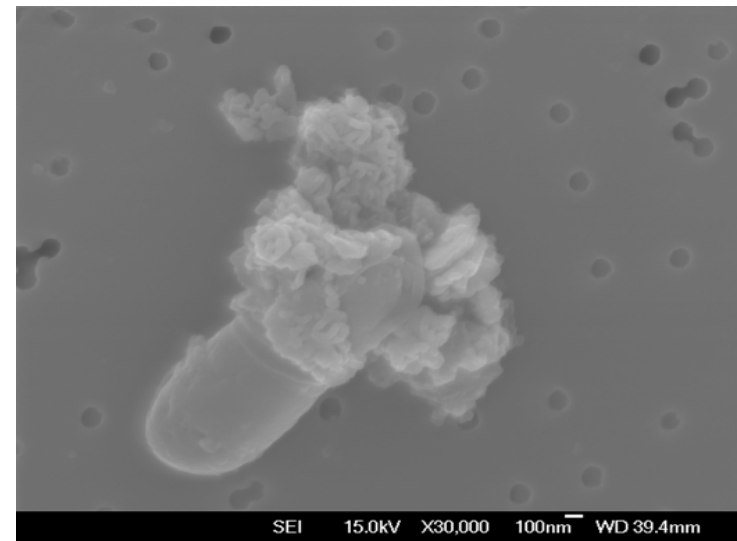
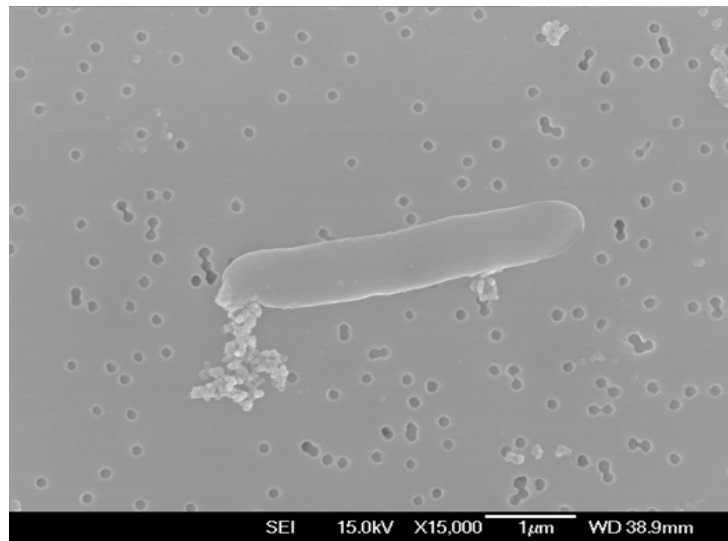


# Outokummun syväreikä: SEM-kuvia 2008 vesinäytteiden bioaineksesta

Kuvaus: Kari Lounatmaa/Lounatmaa Ltd

Yhteistyössä ”OKU Deep drill hole team members”:

M. Itävaara, M. Nyysönen, A. Nousiainen, M., Öster, VTT  
Lasse Ahonen, Ilmo Kukkonen, GTK, Finland



# KABIO-hanke 2008-2010: Välituloksia 2008

## OKU-syväreikä

- Kalliopohjavesi on suolaista, suolapitoisuus kasvaa alaspäin hyppäyksittäin
- Jatkuva ja runsas kaasun purkautuminen
- Kaasun lähde todennäköisesti rakovyöhyke 965-970 m:ssä, kiilleliuskeessa
- Reikäveden näytteenotto tehty 2350 m:iin elokuussa 2008
- Analyysit käynnissä
- Mikrobeja esiintyy kaikilla syvyystasoilla

## Tehdään 2008

- Tulkintaa
- Muodostumafluidin pumppaus 965-970 m rakovyöhykkeestä (PAVE-laitteisto)
- Kevyen pakkerilaitteiston suunnittelu jatkuu

**Kiitos!**