

# ROBBANTÁSOS TALAJLAZÍTÁSSAL KOMBINÁLT BIOREMEDIÁCIÓS TECHNOLÓGIA (BIOEXPLÓZIÓ) FEJLESZTÉSE TALAJOK SZÉNHIDROGÉN SZENNYEZÉSEINEK IN SITU KÁRMENTESÍTÉSÉRE

**Szalay András-Dr. Zádor István**

**KOGÁT** Kutató-fejlesztő Közhasznú Nonprofit Kft  
[www.kogat.hu](http://www.kogat.hu) / [info@kogat.hu](mailto:info@kogat.hu)

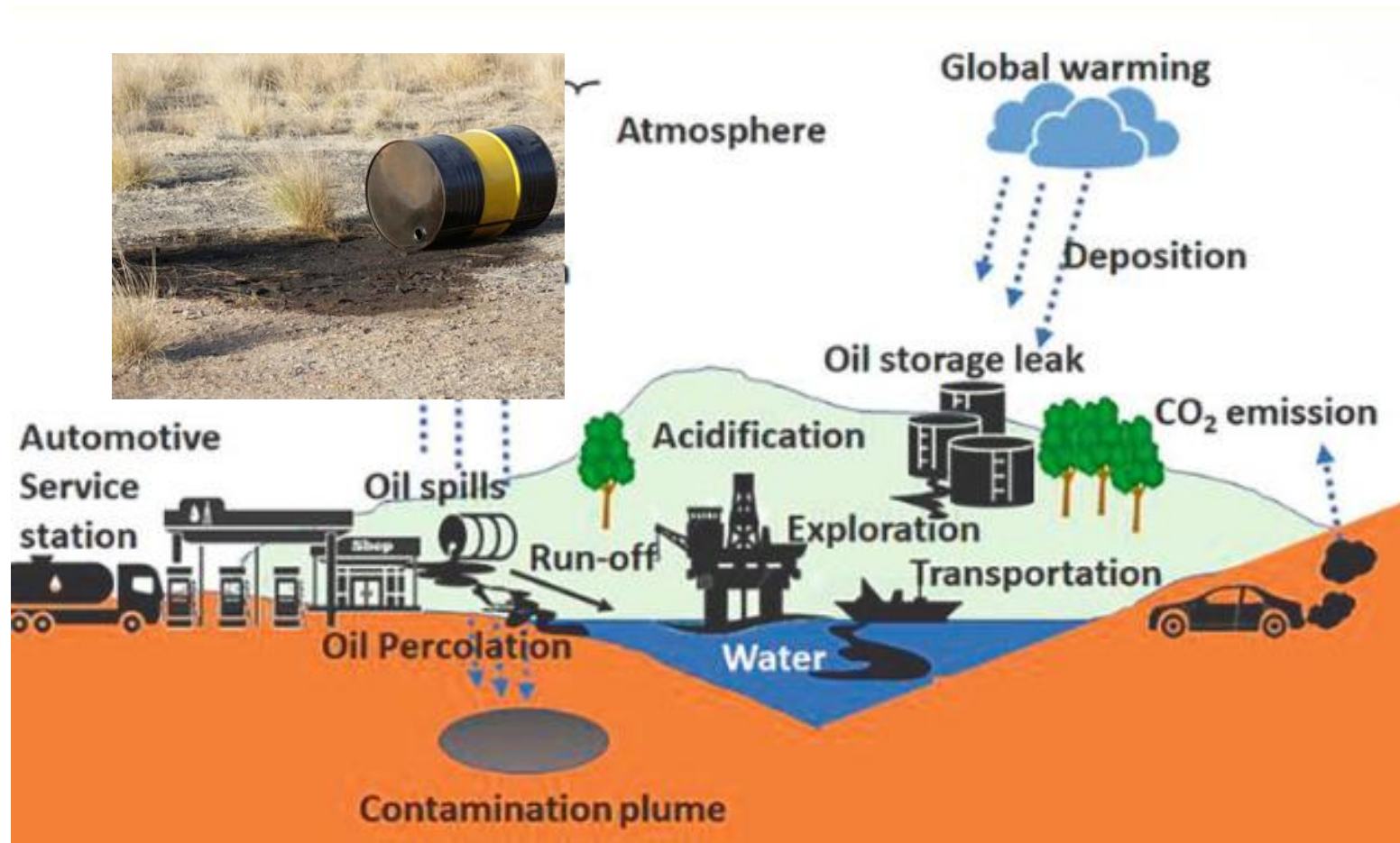
## Tartalom

- Háttér - a fejlesztőmunka indokoltsága
- Bioexplóziós projekt
- Bioexplóziós projekt 1. feladat: A baktériumok életképességének vizsgálata
- Bioexplóziós projekt 1. feladat: A baktériumok életképességének vizsgálata
- Bioexplóziós projekt 3. feladat: benzinnel szennyezett talaj kármentesítése
- Következtetések
- A bioexplózió és az EFEE 2025

A korábbi és jelenlegi civil és katonai tevékenységek eredményeként a mai napig nagyon sok helyen olajszármazékokkal szennyezettek a talajok. Jelenleg közel 2,7-3,0 millió m<sup>3</sup> talaj szennyezett olajszármazékokkal Magyarországon.



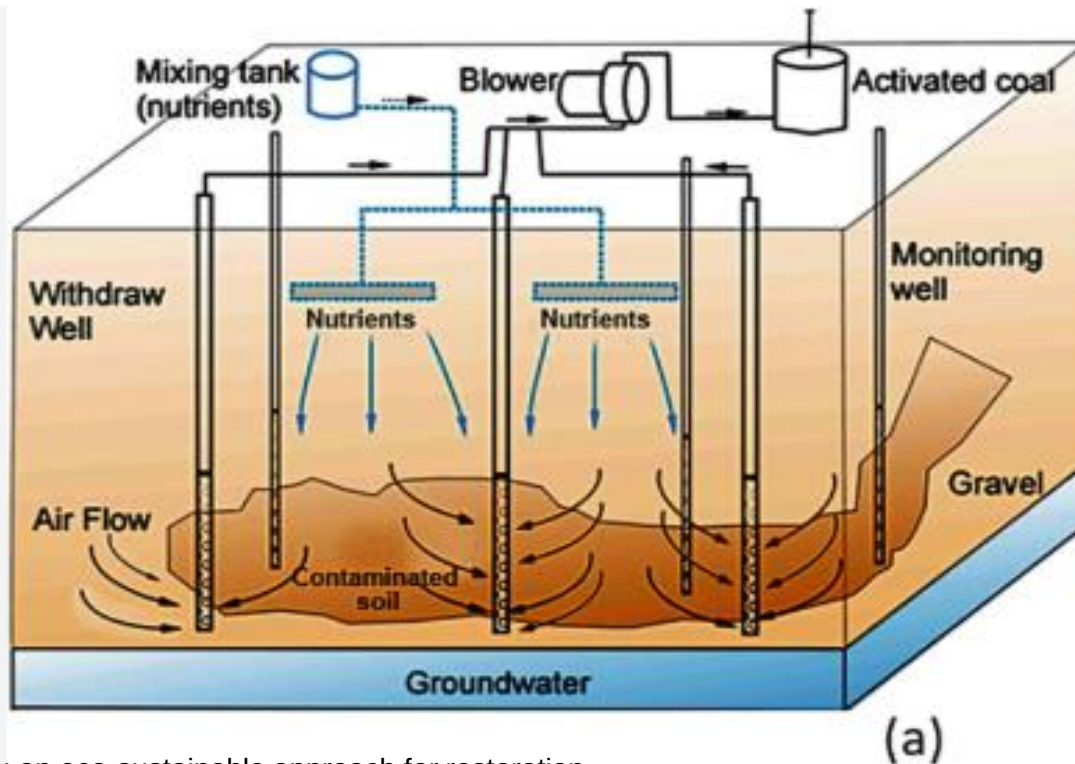
Az olajszennyezés a talajt terméketlenné teheti, mélyebb rétegekbe szivároghva az ott fellelhető vízkészletet is veszélyeztetheti.



A kármentesítésben alkalmazott ismert eljárások:

- talajlevegőztetés,
- talajmosás,
- fitoremediáció,
- termikus eljárások és a
- **bioremediáció**

**A bioremediáció** a biotechnológia egyik ága. Olyan folyamat, amely élő szervezeteket (baktériumokat, mikroorganizmusokat) használ a szennyező, veszélyes anyagok lebontására és kevésbé vagy egyáltalán nem mérgező anyagokká alakítására.



Bioremediation: an eco-sustainable approach for restoration of contaminated sites/SpringerLink

Az ismert tulajdonságú baktériumokkal való talajkezelést elsődlegesen azért tartják környezetbarátnak, mivel a sokféle szénhidrogén vegyület optimális körülmények között ténylegesen lebomlik és veszélytelen anyagokká ( $\text{CO}_2$  és  $\text{H}_2\text{O}$ ) alakul.

A baktériumok előállítása biológusok számára rutinfeladat (az általunk használt baktériumokat a szegedi Bay-Bio Intézet szállította).



A bioremediáció hatékonysága növelhető a szénhidrogénbontó baktériumok optimális életfeltételeinek megteremtésével, azaz a baktériumok szaporodását és terjeszkedését segítő, laza talajszerkezet kialakításával, ami javítja a talaj levegőzöttségét, vízvezetőképességét, azaz a biológiai aktivitását. Ez a szennyezett talaj robbantásos lazításával érhető el.

A bioremediáció és a robbantásos talajlazítás kombinációját **bioexplózió**nak nevezzük.

2023-ban kidolgoztunk egy K+F projektet (partnereink a Bay Zoltán Kft, az Elgoscar Kft, a kelet-Út Kft), mely a **bioexplóziós** technológia kifejlesztését célozta.

A projekt munkaterve három fő feladatra épült:

1. feladat: A baktériumok életképességének vizsgálata (azaz hogyan hat rájuk a robbantás hője és nyomása)
2. feladat: A megfelelő robbantási elrendezés és az optimális robbantási paraméterek meghatározása a kívánt talajlazítás eléréséhez (szennyezetlen területeken).
3. feladat: A szennyezetlen területeken szerzett tapasztalatok és információk adaptálása a szénhidrogén-származékokkal szennyezett területek kármentesítéséhez.

## 1. feladat:

Egyszerű, könnyen megismételhető vizsgálatokat végeztünk a talajba helyezett baktériumok túlélési képességére vonatkozóan az UCM 006 típusú mobil robbantókamrában.



A tesztelendő baktériumok vízzel töltött műanyag tartályokban voltak, amelyeket a robbantókamrában lévő talajba helyeztünk.



Az 1. feladat eredménye:

Robbantás után a robbanókamrában lévő talajban lévő baktériumok össztömegének csökkenése 2,5-5,2% között volt – azaz a baktériumok képesek túlélni a robbantást.

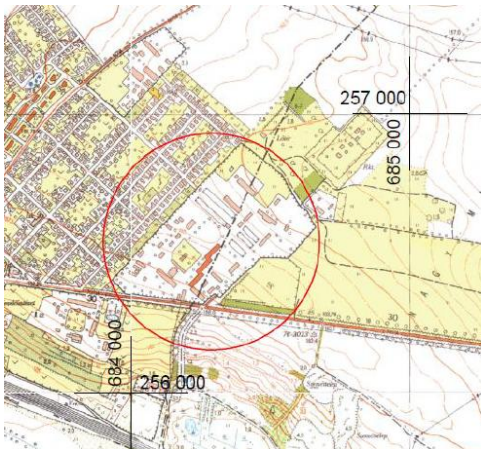
Ez az eredmény igazolja a bioexplóziós kármentesítési folyamat gyakorlati alkalmazhatóságát.

## 2. feladat:

Robbantási kísérletek végzése nem szennyezett terepen, az optimális talajfurat osztások, töltet elrendezések és időzítések vizsgálatára.

A munka helyszíne:

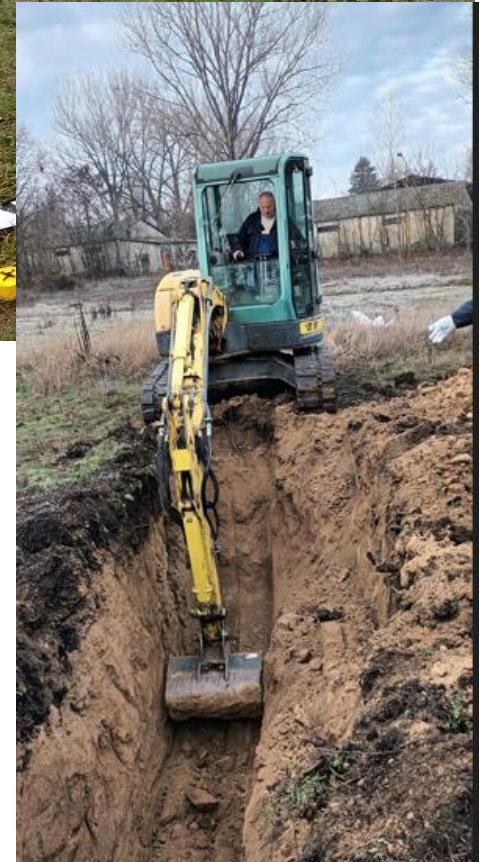
A használaton kívüli aszódi  
Petőfi Sándor laktanyában  
az MH MI által kijelölt terület



*Bioexplóziós projekt 2. feladat: Talajlazítási kísérletek nem szennyezett területen*



*Bioexplóziós projekt 2. feladat: Talajlazítási kísérletek nem szennyezett területen*



IV. Fúrás-robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium  
2025.11.06. Szentendre

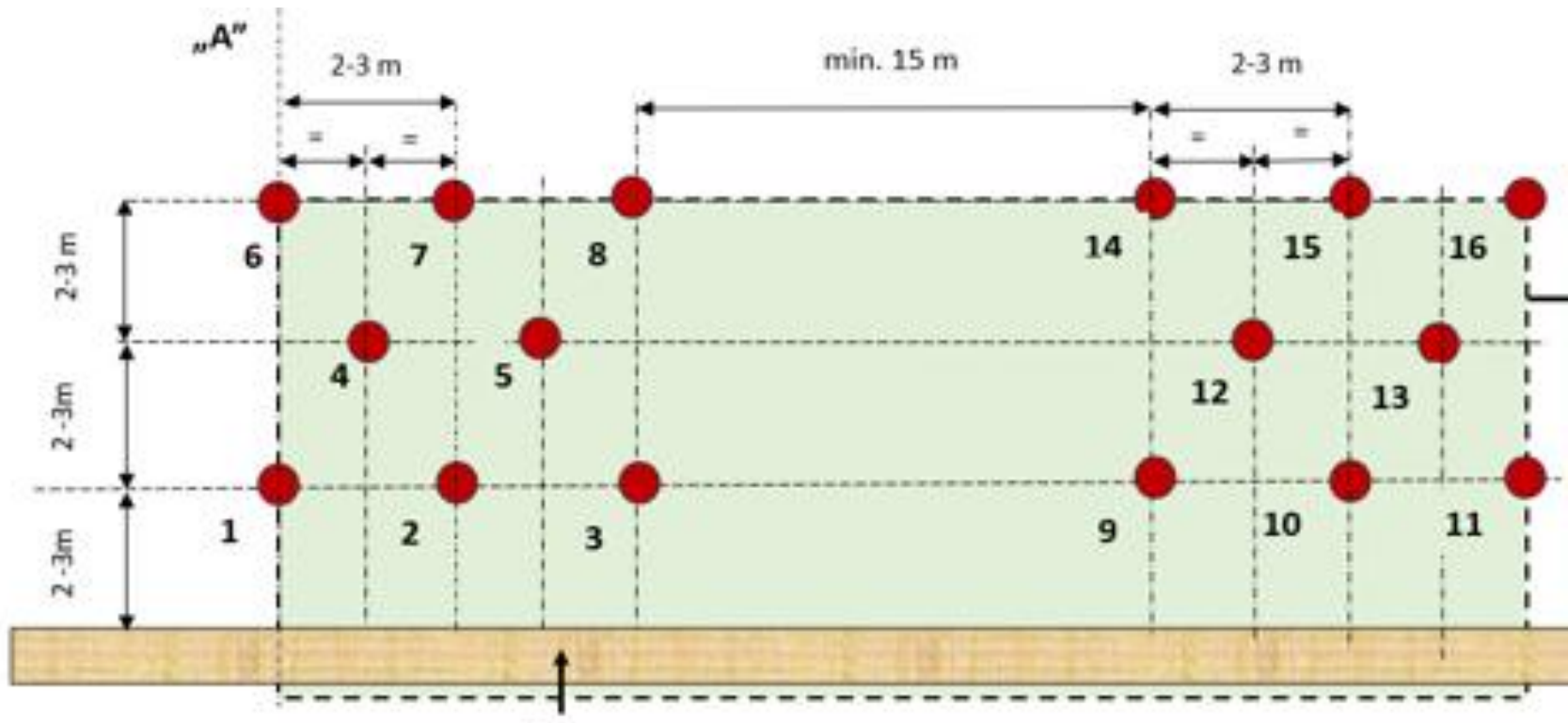
## A munka során kiemelt figyelmet fordítottunk a robbantás szeizmikus hatásainak vizsgálatára



E kísérletek során meghatároztuk a robbantási technológia kulcsfontosságú paramétereit: a furatok optimális elrendezését, a robbanótöltetek elrendezését és a töltetek időzítését.

Példaként bemutatom az Aszódon kidolgozott talajlazítási technológia robbantási tervét és annak megvalósítását.

## Fúrólyukak elrendezésének kialakítása



Egy művelettel 8 fúrólyukat robbantottunk. A fúrólyukak átmérője 150 mm, mélységük 5-5,5 m



## A robbantási terv megvalósítása





A töltetek PLA házakba vannak csomagolva. A politejsav (PLA) egy biológiailag lebomló, hőre lágyuló anyag, amelyet növényekből állítanak elő.







A robbantott talaj szerkezetét a következő módszerekkel elemeztük és ellenőriztük:

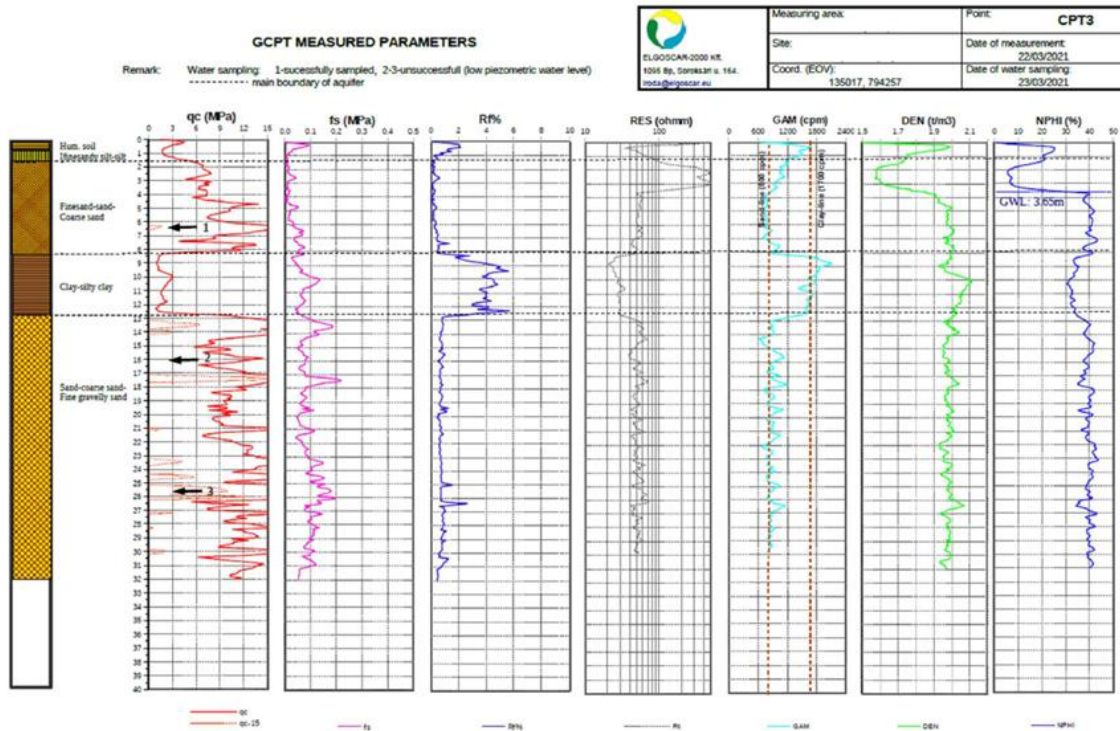
GCTP teszt (geofizikai teszt)

FFD teszt (üzemanyag-fluoreszcencia detektor)

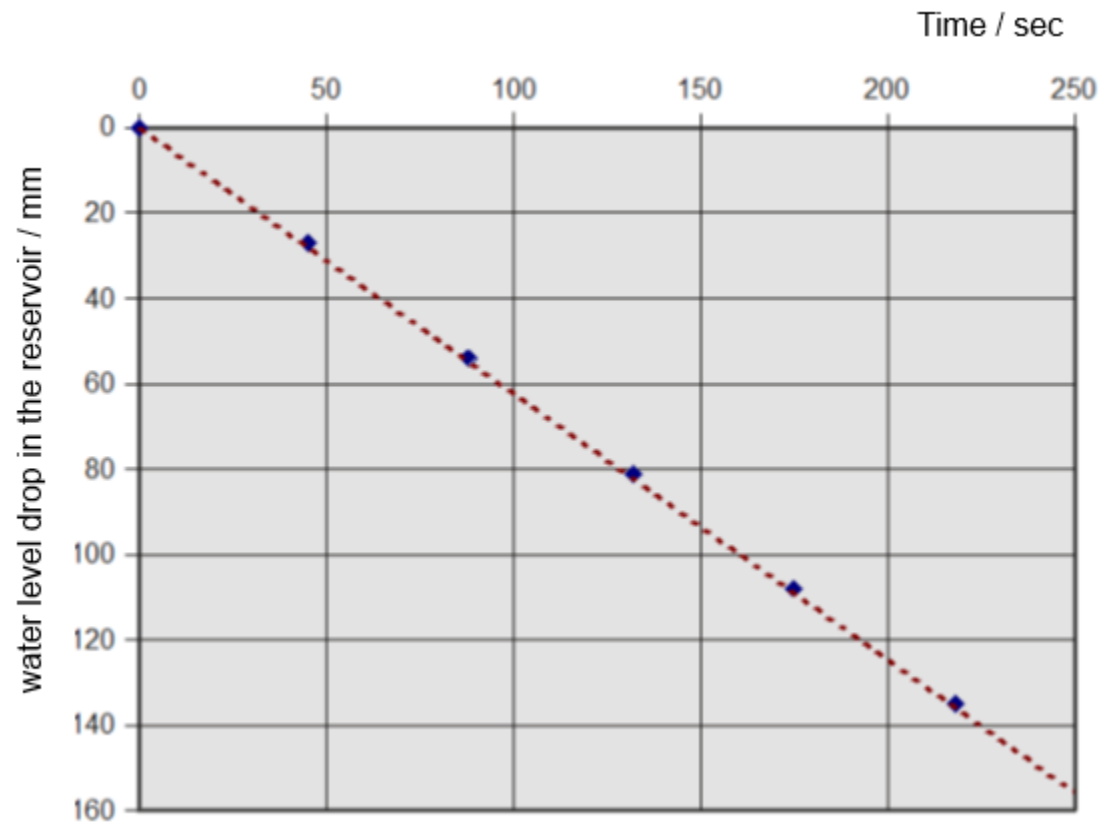
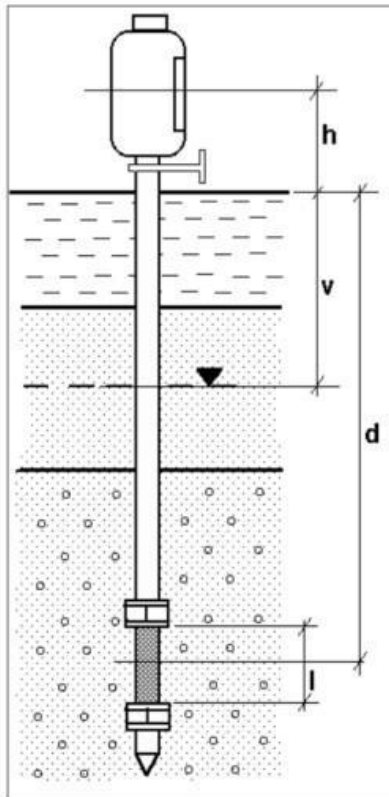
Khafagi teszt

Vizuális ellenőrzés

## GCTP teszt (geofizikai teszt)



## Khafagi teszt



## Vizuális kontroll



## A 2. feladat eredménye:

A tesztek – többek között a Khafagi-teszt – igazolták, hogy a robbantás után a baktériumok számára megfelelő talajszerkezet alakult ki.

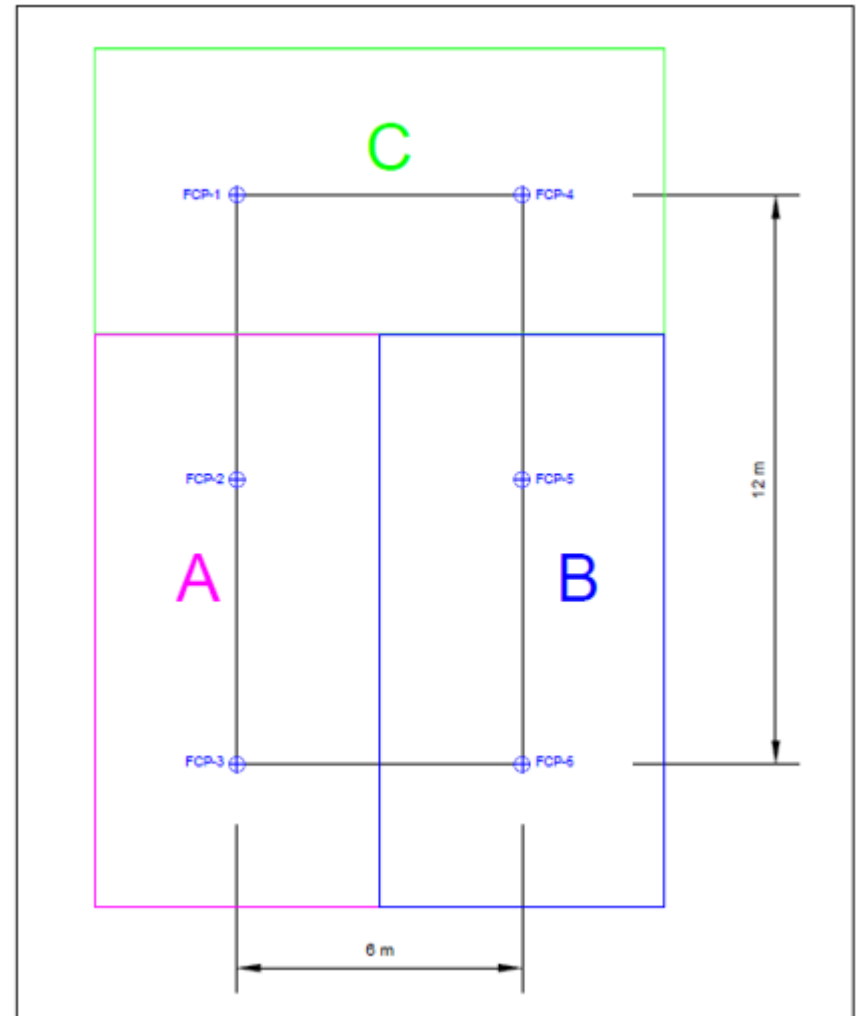
3. feladat: A szennyezetlen területeken szerzett tapasztalatokat és információkat egy benzinnel szennyezett terület kármentesítéséhez adaptáltuk.

Helyszín: a munkát egy sérült benzinvezeték (DN300 mm) közelében végeztük. A kijelölt terület körülbelül 12 m \* 10 m.

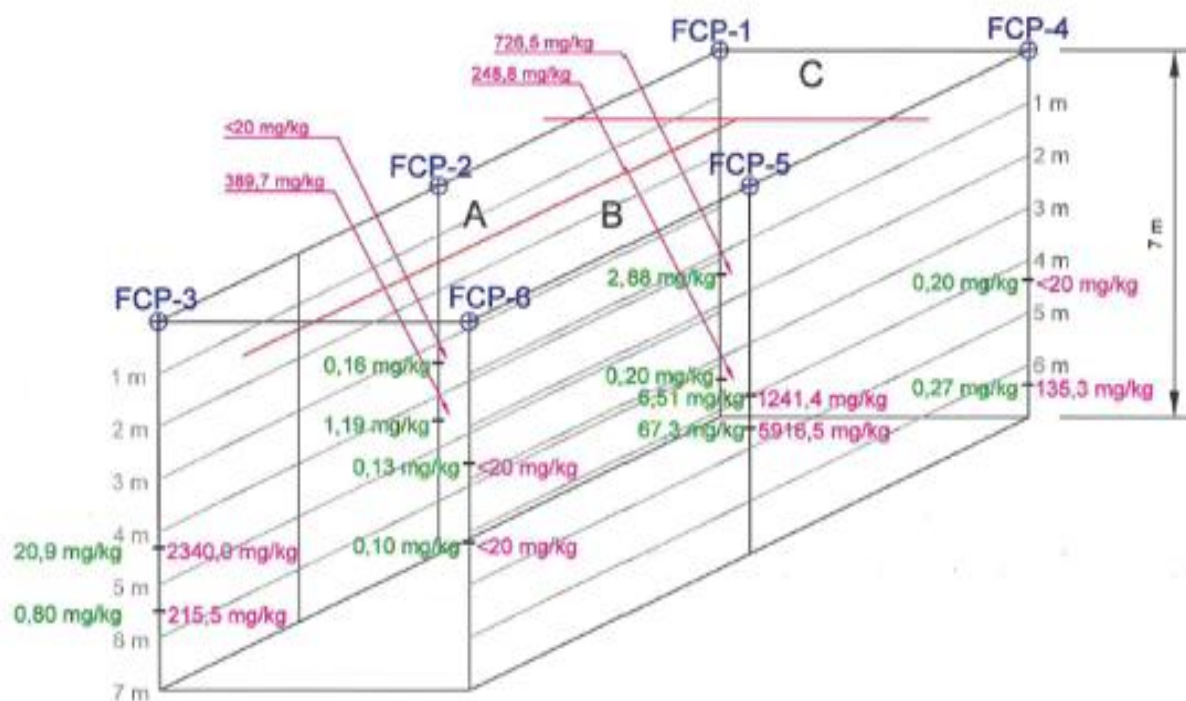


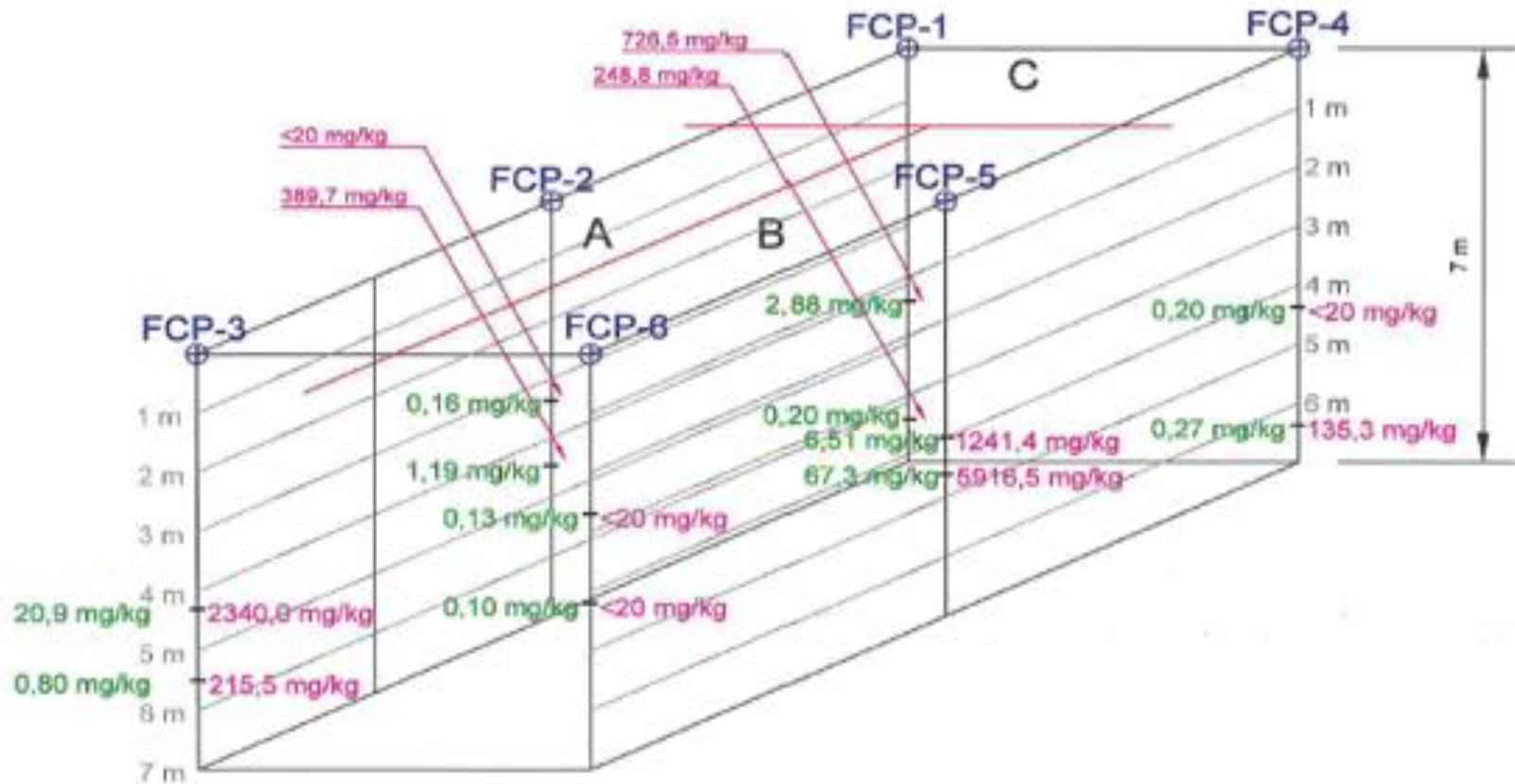


A bioexplózió hatékonyságának elemzéséhez három alzónát (A, B, C) és hat mérési pontot (FCP1-FCP6) jelöltünk ki a teszthelyszínen



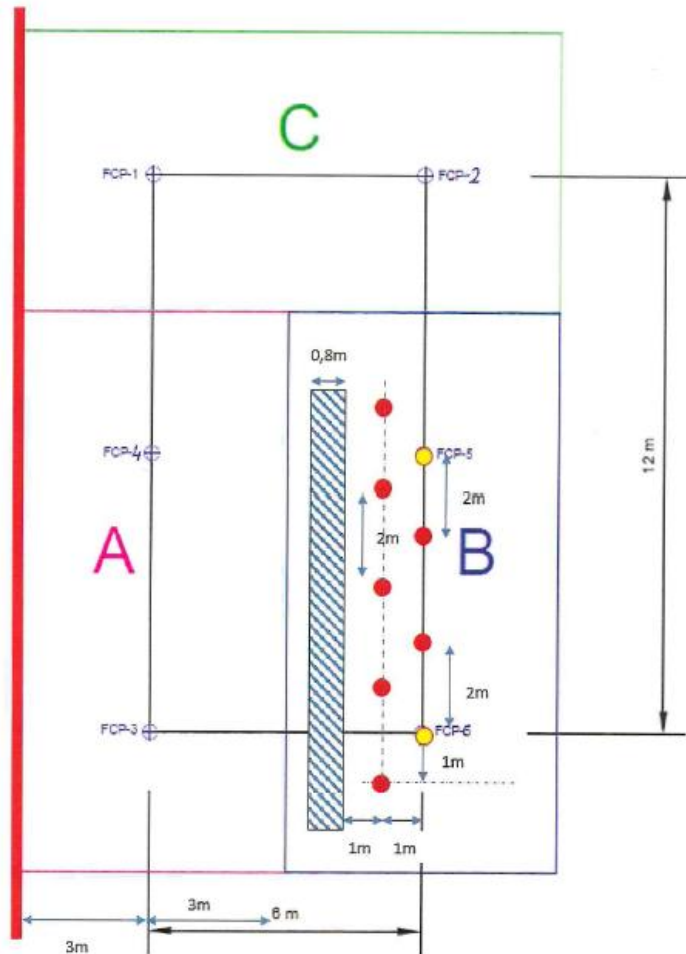
A kijelölt területen együttműködő partnerünk, az ELGOSCAR Kft a talajfelszíntől számított 7 m mélységig feltérképezte a talajszennyezettséget.





**magenta** szín: TPH= összes ásványi szénhidrogén koncentrációja (mg/kg talaj)

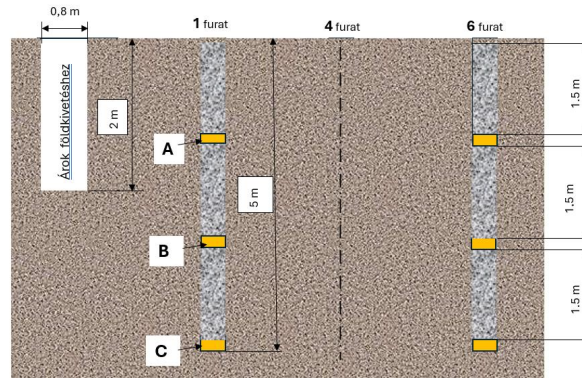
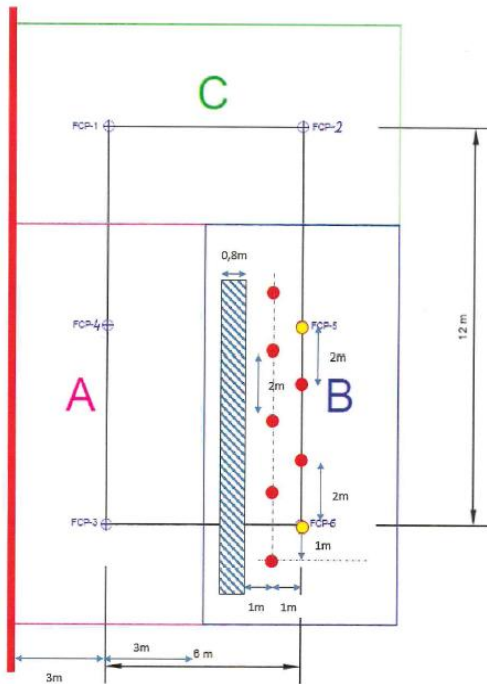
**zöld** szín: PAH=Policiklusos aromás szénhidrogén – policiklusos aromás szénhidrogének koncentrációja (mg/kg talaj)



**„A” alterület:** az FCP-3 és FCP-4 jelű fúrásokba csak együttműködő partnerünk a Bay Zoltán Kft Bay-Bio Intézete által előkészített baktériumokat adagoltuk. (Egyszerűen a talajjal és vízzel összekeverve öntöttük a fúrólyukakba). Itt a kontrollmérés információt nyújt arról, hogy a baktériumok hogyan terjedhetnek a fellazított talajban (a robbantással fellazított talajhoz képest).



**„B” alterület:** ezt a részterületet bioexplózióval kezeltük. A kilenc fúrólyuk elrendezését az ábra piros és sárga színnel jelöli. A fúrólyukakban töltetek elrendezése és tömege megegyezik a nem szennyezett terület esetében alkalmazottal.



Alkalmazott robbanóanyag: Emulex1. A töltetek súlya:  $Q_A$  (felső) =  $Q_B$  (középső) = 0.6 kg and  $Q_C$  (alsó) = 0.8 kg.

Iniciálás: Shock\*Star (Non-Electric) gyutacsok. 8 db 450 ms, 8 db 475 ms, 8 db 500 ms.

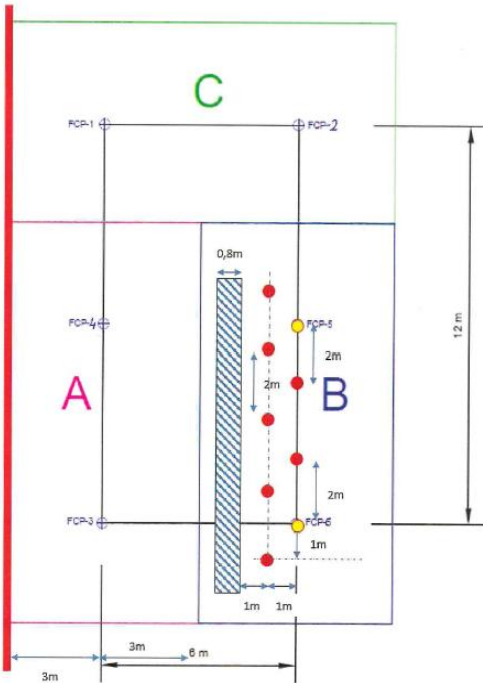
A fojtás anyaga: zúzott kő

The diagram illustrates a building layout with three rooms: A (pink), B (blue), and C (green). A central corridor is 12m wide. Room A is 3m wide and 6m high. Room B is 1m wide and 6m high. Room C is 1m wide and 6m high. The corridor is 12m wide. The layout includes a central corridor with a 0.8m wide section. The corridor is divided into sections of 1m, 1m, 2m, 2m, and 1m. The total height of the corridor is 12m. The layout also shows a central corridor with a 0.8m wide section. The corridor is divided into sections of 1m, 1m, 2m, 2m, and 1m. The total height of the corridor is 12m. The layout also shows a central corridor with a 0.8m wide section. The corridor is divided into sections of 1m, 1m, 2m, 2m, and 1m. The total height of the corridor is 12m.



Iniciálás: Shock\*Star (Non-Electric) gyutacsok. 8 db  
450 ms, 8 db 475 ms, 8 db 500 ms.

A photograph showing a person's hand pouring water from a yellow plastic container into a hole in the ground. The person is wearing a black watch and a black boot. The ground is muddy and uneven, with some grass visible. The hole is filled with water, and the person is standing next to it.



**„C” alterület:** az A és B alterületek kontrolljaként szolgáló terület, amelyet sem baktériummal, sem robbanóanyaggal nem kezeltek. Mérési pontok: FCP-1 és FCP-4.

## Robbantásra előkészített terület



## Robbantás után

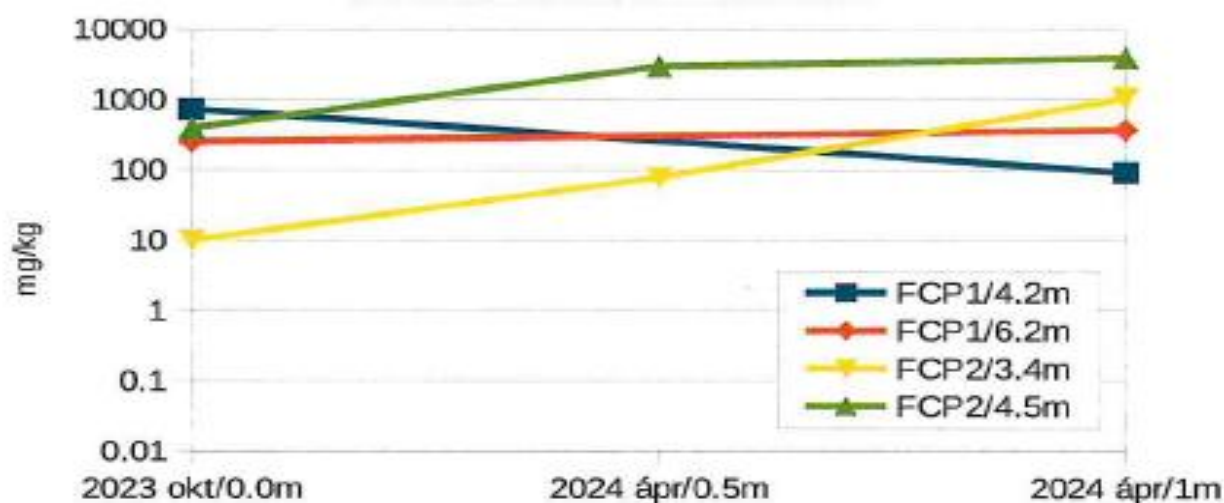


A szennyezett területen 2023 októberében végzett talajlazító robbantás eredményeit a 2024 áprilisában elvégzett ellenőrző mérésekkel elemeztük.

A méréseket az Elgoscár Ltd. végezte, a szennyezett talaj TPH (teljes szénhidrogén) értékeit mérve. A TPH értékeket az FCP1-FCP6 kontrollpontoktól 0,5 m és 1,0 m távolságban, két különböző mélységben mérték.

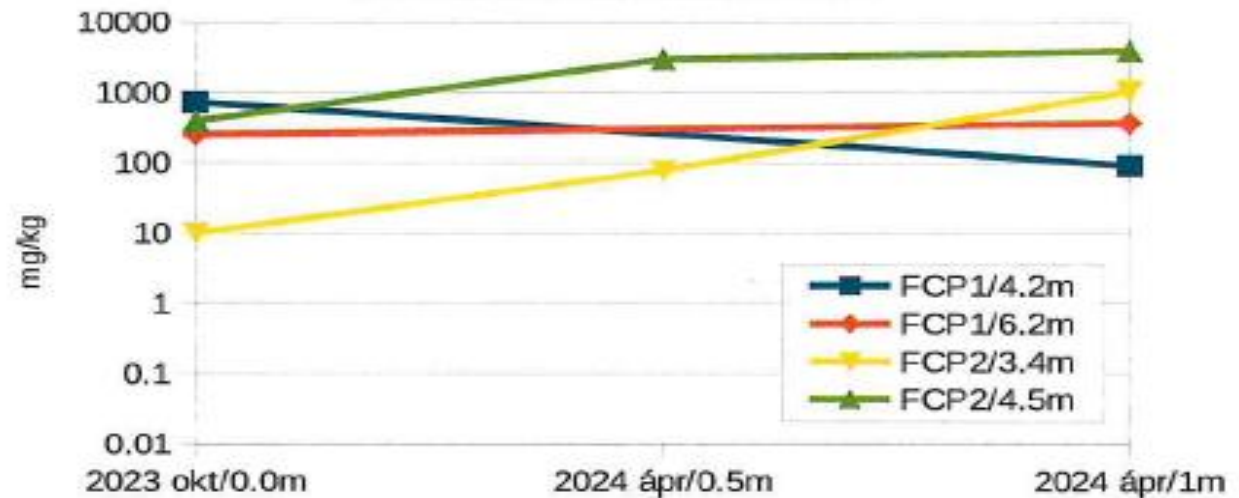
A TPH értékekre, mint a bioexplózió hatékonyságának fő mutatójára összpontosítottunk. TPH=Teljes kőolajszénhidrogén – az összes ásványi szénhidrogén koncentrációja (mg/kg talaj).

A kezeletlen „C” alterületen végzett mérések (mérési pontok: FCP1 és FCP2)



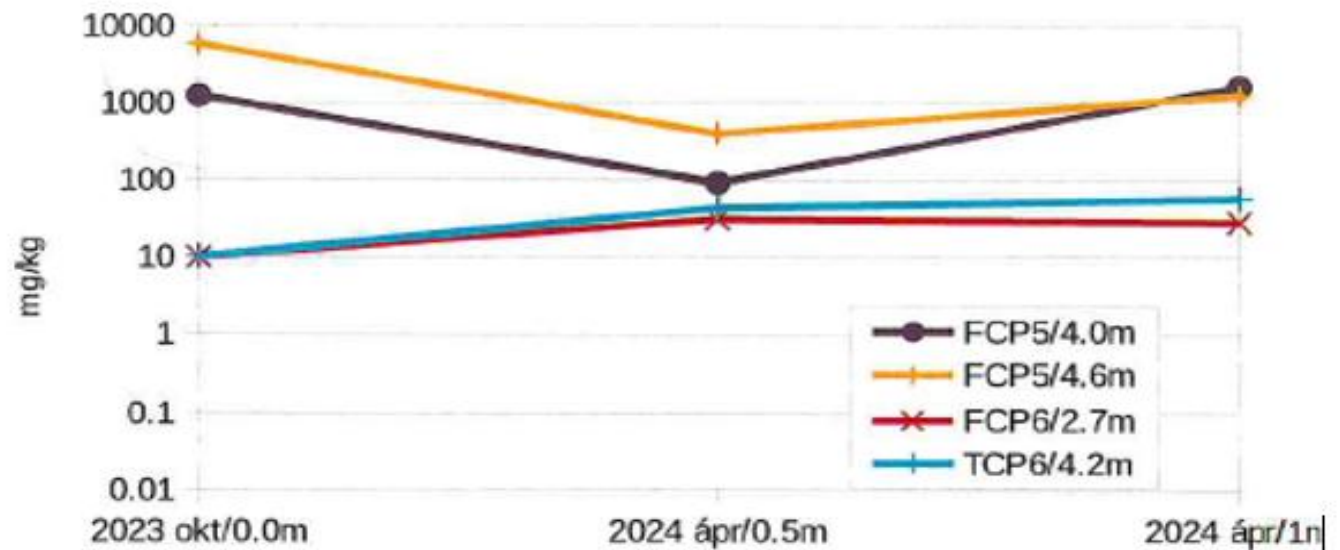
A kezeletlen részterület talajában a kőolajszennyezés 2023 októbertől és 2024 áprilisa között hat hónapon keresztül továbbra is jelentősen terjedt (piros, sárga és zöld vonalak), és egy esetben kismértékben csökkent (kék vonal).

A csak baktériummal kezelt „A” részterületen (robbantásos talajlazítás nélkül) végzett mérések



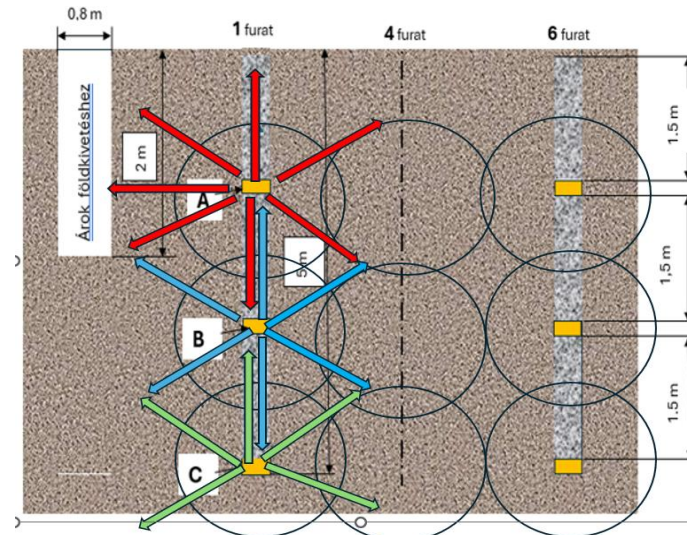
A kőolajszennyezés kismértékben emelkedett 2023 októbere és 2024 áprilisa között a baktériumokkal kezelt területen (barna és kék vonalak). Az FCP4 fúróluk körül nem végeztek méréseket.

## A bioexplózióval kezelt „B” részterületen végzett mérések



Az FCP5 fúrlyuk körül, a bioexplózióval kezelt részterületen végzett mérések során a fúrlyuktól számított 0,5 m távolságban a TPH szennyezettség jelentős csökkenését figyeltük meg, míg 1 m távolságban a szennyezettség szintje gyakorlatilag nem változott.

1. Az „A” és „C” részterületeken a TPH szennyezettség változása nem jelentős. Ez azt mutatja, hogy robbanásszerű talajlazítás nélkül a szénhidrogén szennyeződések lebontó baktériumok nem tudnak terjedni, „mozogni” a talajban.
2. A bioexplózióval kezelt „B” alterületen, a TPH szennyezettség jelentős csökkenését figyeltük meg a mérési ponttól 0,5 m távolságban, míg 1 m távolságban a szennyezettség szintje nem csökkent. Ez azt jelenti, hogy a jelenleg alkalmazott töltetelrendezés talajlazításának mértéke nem éri el az 1 métert. Munkánk folytatásával tovább fogjuk fejleszteni a töltetkialakítást és/vagy a fúróluk elrendezését.



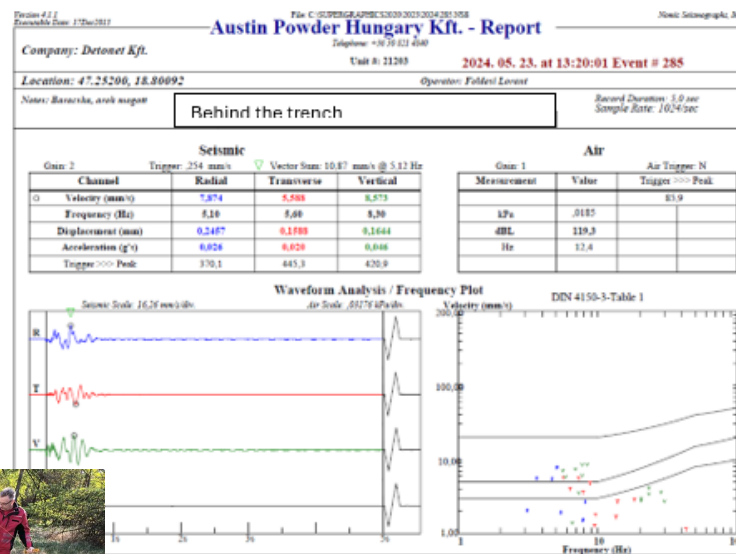
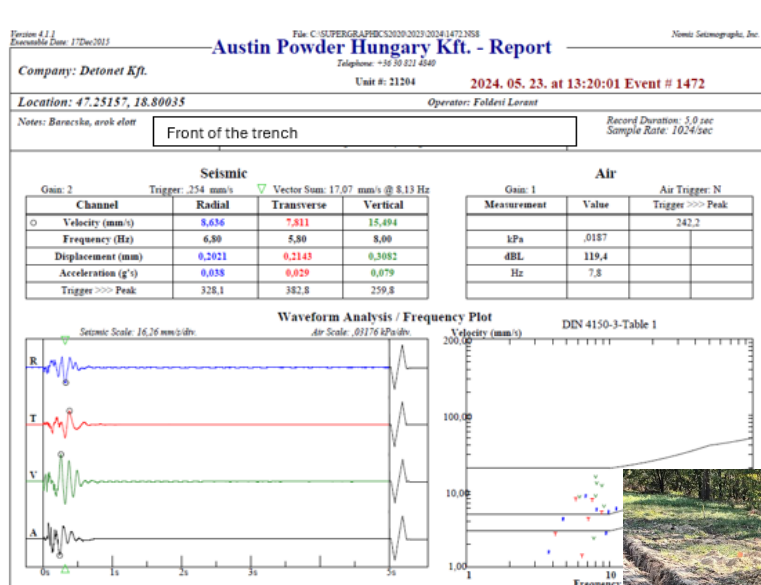
A B jelzésű bioexplóziós területen az FCP 5 pont robbantási paraméterei a bioexplóziós baktérium telepítés technológiájának alapját képezheti a következő összefüggések tekintetében:

- A robbantás megfelelően sikerült, a talaj megfelelően lazult föl, nem hagyott krátert.
- A baktérium kultúrák közül az aerob gázolaj bontó baktériumok szignifikáns növekedést mutattak a kezdő ponttól 0,5m-es távolságban, 4m-es mélységben, ugyanígy az aerob BTEX bontók és az anaerob BTEX bontó baktérium törzsek csíraszama is nőtt.
- A kémiai paraméterek tekintetében a TPH szignifikáns csökkenést mutat ugyanezen pont 4m-es mélységében a kezdőponttól 0,5m-es távolságban.

Ezek a mikrobiológiai és kémiai összefüggések biztató eredményeket mutatnak a bioexplóziós technológia kidolgozásához.

A bioexplózió gyakorlati alkalmazása szempontjából alapvető a szeizmikus hatások vizsgálata a kármentesítendő területeken lévő védendő létesítményekkel kapcsolatban.

Erre vonatkozóan megoldást jelent a már említett védőárok célszerű kialakítása, ezt bizonyítják a védőárok előtt és mögött végzett szeizmikus mérések eredményei.



A fentiek alapján úgy véljük, hogy a bioexplózió hatásos kiegészítője lehet a jelenleg alkalmazott „in situ” kármentesítési technológiáknak mind civil, mind katonai területeken.

A bioexplózió viszont nem pontosan kidolgozott, „polcról levehető” technológia, mert minden talaj és minden szennyezés más.

Egy-egy adott kármentesítési feladat esetén meg kell vizsgálni a talajszerkezetet, a szennyezés fajtáját és a robbantás káros hatásaival szemben védendő létesítményeket. Ezek ismeretében lehet megtervezni és végrehajtani a kármentesítést.

A bioexplózió három fő eleme: a talaj- és szennyezéselemzés, a fúrastechnológia és a robbantástechnológia. Ezen feladatok végrehajtására alkalmas hazai szakmai csapatok rendelkezésre állnak.

# **Bioremediation technology combined with explosive soil treatment (bioexplosion)**

A. Szalay, I. Zádor

*Hungarian Society for Blasting Technology, Budapest, Hungary*

J. Földesi

*Detonet Ltd, Miskolc, Hungary*

I. Diószegi

*CerTrust Ltd, Budapest, Hungary*

P. Habi

*Elgoscscar Ltd, Budapest, Hungary*

B. Fehér

*Division for Biotechnology, Bay Zoltán Nonprofit Ltd for Applied Research, Szeged, Hungary*

EFEE 13th World Conference on explosives and blasting  
20th-23rd September 2025 ICE Kraków Congress Centre



*A bioexplózió és az EFEE 2025*

2025. Szeptember 21.-23., Krakó



## Technical sessions

Monday 22nd September

Presentation Room

|       |                                                                                                                                                                                                                                             |        |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 09:00 | <b>Opening Remarks:</b><br>Chairman of Technical Committee –<br><i>Jari Honkanen</i>                                                                                                                                                        | Room 1 |
| 09:05 | <b>Models of blast vibration.</b><br><i>D.P. Blair</i>                                                                                                                                                                                      | Room 1 |
|       | <b>Prediction of flyrock distances using XGBoost machine learning method.</b><br><i>Y. Ağan &amp; T. Hüdaverdi</i>                                                                                                                          | Room 2 |
| 09:30 | <b>Comparison of international vibration standards for quarry blasting close-in to a residential structure in Michigan, USA.</b><br><i>C. Aimone-Martin, C. Dowding, D. Rudenko, C. Loukides, S. Newman, J. Gjodvad &amp; M. Jern</i>       | Room 1 |
|       | <b>A pathway to detonation of ammonium nitrate due to heat energy.</b><br><i>G. Cavanough, A. Torrance &amp; G. Stenzel</i>                                                                                                                 | Room 2 |
| 10:00 | <b>EFEE Environmental committee vibration standards comparisons - current update.</b><br><i>C. Aimone-Martin, J. F. Gjodvad, M. Jern &amp; T. Moser</i>                                                                                     | Room 1 |
|       | <b>Blasting at 120°C (250°F) in opencast coal mining using thermal insulating blast hole sleeves.</b><br><i>G.J. Stenzel</i>                                                                                                                | Room 2 |
| 10:30 | Coffee                                                                                                                                                                                                                                      |        |
| 11:00 | <b>Effect of blasthole diameter on vibration from signature hole blast monitoring.</b><br><i>R. Yang, J.P.R. Proulx, J. Desrochers &amp; L. Etulle</i>                                                                                      | Room 1 |
|       | <b>Gaseous emissions of hydrogen peroxide emulsion explosives tested in an underground mine.</b><br><i>A. Järvinen, H. Kuutti, M. Rumjantsev, V. Silvonon, T. Rönkkö &amp; T. Halme</i>                                                     | Room 2 |
| 11:30 | <b>Optimising signature hole analysis: evaluating charge quantity and confinement effects on seed waveforms.</b><br><i>T. Moser</i>                                                                                                         | Room 1 |
|       | <b>Perforating gun test series.</b><br><i>J. Tatom, J. Romano &amp; J. Hoffman</i>                                                                                                                                                          | Room 2 |
| 12:00 | <b>A hybrid modelling approach to vibration prediction.</b><br><i>M. Jern &amp; M. Fagerlund</i>                                                                                                                                            | Room 1 |
| 12:00 | Lunch - Sponsored by AECI                                                                                                                                                                                                                   |        |
| 14:00 | <b>Perforating drill holes as additional method of reducing ground vibrations level.</b><br><i>A. Brzozowski</i>                                                                                                                            | Room 1 |
|       | <b>Benefits of Shell GTL fluids reducing toxic emissions in emulsions explosives.</b><br><i>M. Rivera-Torrente, N. Petropoulos, C. Rodriguez-San Miguel, J. Russell, M. Perryman, R. Hunt T. Wilkinson, A. Pienimäki &amp; V. Klippmark</i> | Room 2 |

|        |                                                                                                                                                                             |                     |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 14:30  | <b>Compliance of blast vibration standards: the predominant role of weather and seismic activity in residential crack displacement.</b><br><i>R. Gómez &amp; J. Gjodvad</i> | Room 1              |
|        | <b>Improving airblast predictability with composite wave modelling.</b><br><i>A.S. Romphf &amp; C.K. McKenzie</i>                                                           | Room 2              |
| 15:00  | <b>The critical importance of the bottom 30 centimeters of the blasthole in close-in construction blasting.</b><br><i>J. Wallace</i>                                        | Room 1              |
|        | <b>Bioremediation technology combined with explosive soil treatment (bioexplosion).</b><br><i>A. Szalay, I. Zádor, J. Földesi, I. Diószegi, B. Fehér &amp; P. Habi</i>      | Room 2              |
| 15:30  | Coffee                                                                                                                                                                      |                     |
| 16:00  | <b>Challenges and restrictions of drilling and blasting in the Arctic Circle.</b><br><i>A. Gagnon &amp; A. Pina</i>                                                         | Room 1              |
|        | <b>Numerical simulations for enhanced precision and safety in structural blasting.</b><br><i>A. Gerat &amp; C. Rapps</i>                                                    | Room 2              |
| 16:30  | <b>Investigation of sheared boreholes in the Kiirunavaara Mine.</b><br><i>H.C. Vikum Sri Mendis, N. Petropoulos &amp; C.R. San Miguel</i>                                   | Room 1              |
|        | <b>Precision demolition: executing large-scale multi-structure power plant implosions.</b><br><i>A. Konya, R. Gilbert &amp; C. Moles</i>                                    | Room 2              |
| 17:00  | <b>Effect of detonation propagation and blast confinement on vibration and VOD in hard rock.</b><br><i>T. Hänninen &amp; M. Aarnio</i>                                      | Room 1              |
| 17:30  | Adjourn                                                                                                                                                                     |                     |
| 19:30- | Networking Dinner                                                                                                                                                           | Stara               |
| 00:00  | - Sponsored by Nitroerg                                                                                                                                                     | Zajezdnia<br>Krakow |

## Key

- **Blast Vibration and Seismology**  
Session Chairs: *Jari Honkanen and Kristen Kolden*
- **Health and Safety in Drilling and Blasting**  
Session Chairs: *Espen Hugaas*
- **Sustainability and Environmental Topics in Drilling and Blasting**  
Session Chairs: *Ricardo Chavez*
- **Blasting Work Experiences**  
Session Chairs: *Nathan Rouse*
- **Demolition Blasting**  
Session Chairs: *John Wolstenholme*

## Technical sessions

Tuesday 23rd September

Presentation Room

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 08:30 |  Snowy 2.0 pumped-hydro project - Manica upstream surge shaft.<br>R. Domotor & M. Parkinson                                                                                                             | Room 1 |
|       |  An empirical study on the estimation of detonation pressure by separation distance of electronic detonators using the underwater explosion impact.<br>H. Kim, S. Kim, J. Choi, Y. Lee, S. Oh & B. Choi | Room 2 |
| 09:00 |  Paper or electronic records - ways to improve blast documentation and record-keeping.<br>T.A. Davidsavor, R.E. Burnham, J.K. Ratliff & C. Aimore-Martin                                                | Room 1 |
|       |  Wireless blasting solutions in European mining operations.<br>J.A. Kreivi & J.S.C. Manjissen                                                                                                           | Room 2 |
| 09:30 |  The influence of mine water on blast design - Paper 2.<br>T.N. Little                                                                                                                                  | Room 1 |
|       |  Development of gasless lead-free time-delay compositions for electric and non-electric detonators.<br>M. Gerlich, W. Trzcinski & M. Hara                                                               | Room 2 |
| 10:00 |  A methodology to define drill and blast designs for drawbells at the Chuquicamata underground mine.<br>A. Berg, P. Ariagada, R. Cortés, N. Jamett, J. Henriquez, H. Cortés & D. Morales                | Room 1 |
|       |  HMX based electronic initiation system for blasting in extremely reactive ground.<br>K.M. Dufresne                                                                                                     | Room 2 |
| 10:30 | Coffee                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        |
| 11:00 |  Impact of using water gel explosives (Aguagels) compared to heavy ANFO in open-pit mining operations.<br>E. Núñez Recabal, R. Gil Greene, L. Manríquez & E. Tobar                                      | Room 1 |
|       |  Eliminating the TNT risk for opencast boosters.<br>G.J. Stenzel & R.P.G. Nel                                                                                                                           | Room 2 |
| 11:30 |  Electronic initiation system applied in tunnel construction: focusing on the contour holes and decking mode.<br>S. Kara, M. Laing, S.J. Lee, Y. Park & N. Hwang                                      | Room 1 |
|       |  The Shock-Wave Laboratory at the TU Bergakademie Freiberg. T. Schlothauer, K. Keller, E. Kroke, G. Heide & M. Kilo                                                                                   | Room 2 |
| 12:00 |  Influence of empty guideholes in single-blasthole experiments for tunnel blasting.<br>C. Rodríguez San Miguel, C. Yi, N. Petropoulos & D. Johansson                                                  | Room 1 |
|       |  Pioneering transformation of explosive practices in Indonesia: overcoming geological heterogeneity with dual salt emulsion technology.<br>M. Arbi & H. Prasetya                                      | Room 2 |
| 12:00 | Lunch                                                                                                                                                                                                                                                                                    |        |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |        |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 14:00 |  Development of Scaled Damage Criteria for Blasting.<br>J. Alvarez                                                                                                                                                  | Room 1 |
|       |  Health, safety and environmental considerations in use of HPE explosives.<br>T. Halme                                                                                                                              | Room 2 |
| 14:30 |  Optimisation of blast design in complex geological environments via advanced digitalisation.<br>S. Taoum, E. Coarita, O. Riahi & G. Lokou                                                                          | Room 1 |
|       |  Prilled hydrogen peroxide mining explosive.<br>M. Araoz                                                                                                                                                            | Room 2 |
| 15:00 |  Impedance-based energy optimisation for improved fragmentation and NOx management.<br>J. Navarro, L. Martínez, P. Vergara, P. Couceiro, F. Tapia, J. Blázquez, P. Ravanal, C. Astorga, J. Madrid & M. Galleguillos | Room 1 |
|       |  Findings on the development of efficient methods for neutralising improvised explosive devices.<br>R. Laszlo, E. Ghicior, C. Jitea, B. Simon & A. Nicola                                                           | Room 2 |
| 15:30 | Coffee                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |
| 16:00 |  Techniques for quarrying dimension stones through the controlled use of explosives.<br>M. Cardu, C. Todaro & J. Seccatore                                                                                          | Room 1 |
|       |  Optimising sublevel cave for sustainable mining.<br>M. Lovitt                                                                                                                                                      | Room 2 |
| 16:30 |  AI-integrated ore body movement modelling for enhanced blast outcomes.<br>R. Sahu                                                                                                                                  | Room 1 |
| 17:00 |  Advanced edge blasting techniques and digital simulation to reduce material spillage and optimise mining efficiency.<br>G.S. Huerta Valer, B. Diallo & E. Thibault                                                 | Room 1 |
| 17:30 | Conference Closes                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |

### Key

-  **Blasting Work Experiences**  
Session Chair: Mateusz Pytlak
-  **Innovation and Technical Development**  
Session Chair: Thomas Moser and Jörg Rennert
-  **Drill and Blast Design Methods and Modelling**  
Session Chair: Travis Davidsavor and Andrzej Biessikowski
-  **Explosive Detection for Security**  
Session Chair: Igor Kopal
-  **New Applications and Training**  
Session Chair: Igor Kopal

- 1. Blast vibration and seismology 8*
- 2. Blasting work experiences 10*
- 3. Demolition blasting 3*
- 4. Drill and blast design methods and modelling 7*
- 5. Explosive detection for security 1*
- 6. Health and safety in drilling and blasting 5*
- 7. Innovation and technical development 9*
- 8. New applications and training 1*
- 9. Sustainability and environmental topics in drilling and blasting 3*

*Az EFEE küldetése: a robbantási és robbanóanyag-ipari munkakörnyezet oktatása, egységesítése és fejlesztése. Ez magában foglalja a képzések szabványosításának és harmonizációjának előmozdítását, a biztonság, az egészség, a környezetvédelem és a védelem biztosítását minden robbanóanyagokkal kapcsolatos technológiában, valamint az együttműködés előmozdítását a nemzeti szövetségekkel, szabályozó hatóságokkal és a kapcsolódó ágazatokkal.*

Köszönöm a figyelmet!