



ÖKOPROJECT EGER

Környezetvédelmi Szolgáltató és Kereskedelmi Kft.



3300 Eger, Szvorényi u. 10.

Tel: 36 / 411-103, 36 / 516-815, 36/516-816; Fax: 36 / 517-316

Email: okopro@okopro.t-online.hu

Web: www.okoproject.hu

PROTOTÍPUS FEJLESZTÉS AZ ÖKOPROJECT EGER KFT-NÉL (AZONOSÍTÓ: GINOP-2.1.7.-15-2016-00797)

PROJEKT EREDMÉNYEKET ÖSSZEFOGLALÓ DOKUMENTÁCIÓ

2023. MÁJUS

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|--|-----------|
| 1. AZ ÖKOPROJECT EGER KFT. BEMUTATÁSA | 3 |
| 2. AZ ELVÉGZETT PROTOTÍPUS FEJLESZTÉSI KÍSÉRLET BEMUTATÁSA | 7 |
| 3. SPECIÁLIS LABORATÓRIUMI KÍSÉRLETEK BEMUTATÁSA | 10 |
| 3.1. Speciális labor 1 | 10 |
| 3.1.1. A BTEX szennyezés felszámolására alkalmas mikrokultúra kidolgozása, kitenyésztése..... | 10 |
| 3.1.2. A VOCl szennyezés felszámolására alkalmas mikrokultúra kidolgozása, kitenyésztése..... | 11 |
| 3.2. Speciális labor 2 | 12 |
| 4. A FELHASZNÁLT ALAPANYAGOK..... | 14 |
| 4.1. Permeox Plus ® | 14 |
| 4.2. Klozur..... | 16 |
| 4.3. Mikrobiológiai oltóanyag | 16 |
| 5. A HELYSZÍNI KÍSÉRLETEK BEMUTATÁSA..... | 17 |
| 5.1. Kísérleti helyszín: Zalaegerszeg..... | 17 |
| 3.2. Kísérleti helyszín: Tiszavasvári | 26 |
| 5.3. Kísérleti helyszín: Bodaszőlő..... | 30 |
| 6. ÖSSZEFOGLALÁS | 36 |
| MELLÉKLETEK | 38 |

1. AZ ÖKOPROJECT EGER KFT. BEMUTATÁSA

Az ÖKOPROJECT EGER Környezetvédelmi Szolgáltató és Kereskedelmi Kft. 1993-ban alakult Ökoproject Környezetvédelmi Kft. néven, 2000-ben névváltozás történt.

Az ügyvezetők, Fekete Zsolt okl. vízépítő mérnök, környezetvédelmi szakértő és Trusiewicz-Fekete Wanda okl. környezetvédelmi mérnök Lengyelországban, a Wroclawi Műszaki Egyetemen végeztek, több mint 50 éves szakmai tapasztalattal rendelkeznek, ebből több mint 30 évet a környezeti kármentesítés tervezési, kivitelezési, üzemeltetési és kapcsolódó munkáinak tárgyában töltötték el.

Cégünk a Környezetvédelmi Szolgáltatók és Gyártók Szövetségének tagja.

Legfontosabb cégg adatok:

| | |
|------------------|--|
| Teljes név: | Ökoproject Eger Környezetvédelmi Szolgáltató és Kereskedelmi Kft. |
| Rövidített név: | Ökoproject Eger Kft. |
| Székhely: | 3300 Eger, Szvorényi u. 10. |
| Céggjegyzékszám: | 10-09-024267 |
| Adószám: | 12515886-2-10 |
| Főtevékenység: | '7112' Mérnöki tevékenység, műszaki tanácsadás |
| Telefon: | +36 36 411 103; +36 30 965 5381 |
| Email: | okopro@okopro.t-online.hu |
| Web: | www.okoproject.hu |

Az ÖKOPROJECT EGER Kft. fővállalkozói mérnökiroda egyik fő tevékenysége a jellemzően szénhidrogénnel (pl. benzin, gázolaj, oldószer, fáradt olaj), olajipari termékekkel szennyezett területek környezeti kármentesítése, megtisztítása.

ÖKOPROJECT EGER Kft. mérnökiroda az alábbi környezetvédelmi feladatok elvégzésére vállalkozik:

- ✓ környezetvédelmi állapotfelmérés,
- ✓ környezetvédelmi tervezések: felülvizsgálat, hatástanulmány, tényfeltárás, műszaki beavatkozási tervek készítése
- ✓ szakvélemény készítés
- ✓ kárelhárítási tervek készítése
- ✓ talaj- és talajvíz-szennyeződés meghatározása, ellenőrzése, megszüntetése
- ✓ in situ talaj- és talajvíz tisztítás; TPH, BTEX, PAH és VOCI szennyeződések felszámolása

- ✓ talajprizmás tisztítás a helyszínen; TPH, BTEX, PAH és VOCl szennyeződések felszámolása
- ✓ kármentesítési munkák kivitelezése, üzemeltetés
- ✓ hulladékok elhelyezése, ártalmatlanítása, hasznosítása
- ✓ monitoring, utómonitorig rendszerek tervezése, kivitelezése, üzemeltetése
- ✓ komposztálás
- ✓ talaj bioremediáció
- ✓ rekultiváció
- ✓ környezetvédelmi problémák komplex megoldása
- ✓ benzin, gázolaj, oldószer típusú szénhidrogénnel, nehéz fémekkel szennyezett talajok, talajvíz tisztítása
- ✓ klórozott szénhidrogénnel szennyezett talajok, talajvíz tisztítása
- ✓ víz-szennyvíztisztítás, iszapkezelés, vízminőség-védelem területeken szakértés, szaktanácsadás
- ✓ ipari létesítmények egyedi és/vagy típus olajfogó műtárgyainak tervezése és telepítése
- ✓ műszaki felújítás, környezetvédelmi előírások betartásával, meglévő épületek átalakítása

Az ÖKOPROJECT EGER Kft. mérnöki iroda, a környezetvédelem szakterületen komplex feladatmegoldáshoz állandó alvállalkozókkal

- ✓ geotechnikai, kútfúró, geológus, hidrogeológus szakgárdával,
- ✓ akkreditált analitikai laboratóriummal,
- ✓ erősáramú és vezérléstechnikában gyakorlott szakemberekkel, vízgépészekkel
- ✓ veszélyes hulladék szállító és kezelő szakcégekkel
- ✓ földmunkára szakosodott cégekkel
- ✓ vasútépítő szakemberekkel

műszaki feladatok megbízható elvégzését biztosítja az ország egész területén.

Az alvállalkozók szakmai színvonal tekintetében szintén országos elismertségnek örvendenek.

Cégünk speciális feladatok megoldására egyéb szakterületekről is a legmegfelelőbb szakembereket foglalkoztatja, ezzel a „bedolgozó” vállalkozási módszerrel jelentős munkákat optimális költségszinten tud elvégezni.

Az ÖKOPROJECT EGER Kft.:

- ✓ **Környezetvédelmi felülvizsgálat** keretében meghatározza, hogy az adott tevékenység során a Megrendelőnél jelentkezik-e talajban és a talajvízben környezetszennyezés. Programot dolgoz ki a tevékenység környezetszennyezést kizáró módon történő folytatására.
- ✓ Azokon a területeken, ahol a környezetszennyezés ténye meghatározásra kerül, a **környezeti tényfeltárási** munka keretében részletes felmérés történik, mely során lehatárolására kerül a környezeti szennyeződés földtani közegben (talajban) és a felszín alatti vízben (talajvízben). A tényfeltárási záró-dokumentációban kockázatelemzésre alapozva javaslat születik a környezeti kármentesítés határértékére vonatkozóan és a műszaki megoldásra.
- ✓ A feltárt és lehatárolt szennyeződés kármentesítésére **műszaki beavatkozási tervet** készít. E tervezési fázisban a környezeti kármentesítés technológiája, berendezései, időtartama kerülnek meghatározásra.
- ✓ A műszaki beavatkozási kármentesítési szakaszban vállalja a **kármentesítési rendszer kiépítését, üzemeltetését és monitoringját.**
- ✓ A megtisztított területeken vállalja az **utómonitoring,** tervezését, kivitelezését és üzemeltetését végül a **kúteltömedékelések** engedélyes terveinek elkészítését, a kúteltömedékelések kivitelezését.

Az ÖKOPROJECT EGER Kft. 2000-2022. közötti működési időszakának legjelentősebb megrendelői:

- OMV Hungária Kft.
- Honvédelmi Minisztérium
- MÁV Zrt.
- Nitrokémia Zrt.
- KNYKK Zrt. (korábban Vértes Volán Zrt.)
- ÉNYKK Zrt. (korábban Vasi Volán Zrt.)
- Dynea Hungary Kft. (Zalaegerszeg)
- WAMSLER SE (Salgótarján)
- Dunafin Zrt. (Dunaújváros)
- Zalakerámia Zrt. (Romhány)

Fekete Zsolt ügyvezető, okleveles vízépítő mérnök tervezői és szakértői jogosultságai (kamarai azonosító: 10-0263):

- Vízgyógyászati építmények építési-szerelési munkáinak felelős műszaki vezetése (MV-VZ)
- Tervezői engedély
 - VZ-TEL Települési víziközmű tervezése
 - VZ-TER Területi vízgyógyászati építmények tervezése
 - VZ-VKG Vízkészlet gyógyászati építmények tervezése
- Környezetvédelmi szakértői engedélyek:
 - SZKV-1.1. Hulladékgyógyászati szakértő
 - SZKV-1.3. Víz- és földtani közeg védelem
 - SZVV-3.9. Vízfeltárás, kútfúrás, vízföldtani, vízbázis-védelem
 - SZVV-3.10. Vízanalitika, vízminőség-védelem, vízminőségi kárelhárítás

Az Ökoproject Eger Kft. mellékelt cégismertetőjében a több mint 20 éves tevékenység során elvégzett munkák részletes referencia listája megtalálható.

2. AZ ELVÉGZETT PROTOTÍPUS FEJLESZTÉSI KÍSÉRLET BEMUTATÁSA

Az **ÖKOPROJECT EGER Környezetvédelmi Szolgáltató és Kereskedelmi Kft.** 2017-ben nyerte el a Magyarország Kormánya által kiadott felhívásban meghirdetett prototípus-, termék-, technológia- és szolgáltatásfejlesztési pályázatot. A projekt kezdő dátuma 2017. október 15. volt.

A GINOP 2.1.7.-15-2016-00797 azonosító számú, „Prototípus fejlesztés az Ökoproject Eger Kft-nél” tárgyú projekt vezetője az Ökoproject Eger Kft ügyvezetője, Fekete Zsolt László volt.

A projekt keretén belül a cég a **VÁ-RE Clean** fantázianevű berendezés segítségével az illékony szénhidrogének (benzin, kerozin, oldószerek) talajvízből történő eltávolítását tűzte ki célul egy kombinált eljárással. A fejlesztés a környezetvédelmi szolgáltatás területén kerül felhasználásra az ipar (vegyipar, járműipar, élelmiszeripar, olajipar, gyógyszeripar, bútort-, festékgyártás stb.), katonai létesítmények, stb. által okozott szennyezések felszámolása hatékonyságának növelésére. Természetesen a berendezés, a technológia alkalmas nem illékony (gázolaj, fáradt olaj, stb.) szénhidrogének által okozott szennyeződések felszámolására is. A rendelkezésre álló technológiák hasonló hatékonysággal tudják ezeket a szennyeződések felszámolni, így a VÁ-RE berendezés-technológia alkalmazásának ez esetben újdonság tartalmi szintje alacsonyabb.

A GINOP projekt keretében elvégzett kísérletek azt is igazolták, hogy a kipróbált adalékanyagok közül az ár-érték figyelembe vétele mellett a legelőnyösebb az itt alkalmazott mikrobiológiai oltóanyag használata. Az illékony szénhidrogének mikrobiológiai oltókultúrával történő lebontása a korábban használatos technológiákkal való összehasonlításban jobb határfokot biztosít a szennyeződés felszámolását illetően, így a vákuum technika és az itt alkalmazott speciális mikrobiológiai rásegítés a berendezés-eljárás újszerűségét növeli.

Az eljárás leírása röviden: a szennyezett közegből a szennyezett talajvíz vákuum rendszerrel kitermelésre kerül. A vízkitermelés határfoka ezzel a módszerrel jóval meghaladja az egyéb vízkitermelési (pl. szivattyú) módok hatékonyságát. Emellett az illékony szénhidrogén vízből történő kiválását elősegíti. Az illékony szénhidrogéntől (TPH, BTEX, VOCI) tisztító rendszeren keresztül megszabadított talajvíz visszaforgatásra kerül a szennyezett közegbe, vegyszer és/vagy mikrobiológiai oltóanyag bevezetésével, melynek köszönhetően a szennyezett közeg és a kezelést biztosító vegyi és/vagy mikrobiológiai oltóanyag rövid időn belül maradéktalanul találkozik egymással, ami a szennyeződés viszonylag gyors degradációját eredményezi.

A projekt előkészítő fázisában, a terepi kísérleteket megelőzően az egyes elemek alkalmazhatósága laboratóriumban lett kikísérletezve.

Kétféle speciális laborkísérlet valósult meg, melyekkel igyekeztünk választ kapni arra a kérdésre, hogy a csak a vákuum-berendezéssel kitermelt víz milyen szennyezőanyag koncentráció csökkenést eredményez. A Progressio Kft. kísérletsorozatát végzett szénhidrogén/víz elegyek vákuumban történő megoszlásának vizsgálatára.

Az ELTE Mikrobiológiai Tanszéke a VOCl illetve illékony TPH+BTEX szennyezés felszámolására alkalmas mikrobiológiai oltóanyag előállítását tesztelte.

A helyszíni kísérletek 3 kísérleti helyszínen valósultak meg a projekt időtartama alatt, ahol a VOCl, TPH és BTEX szennyező eltávolításának lehetőségeit vizsgáltuk a tervek és a laboratóriumi kísérleti eredmények alapján kialakított VÁ-RE tisztító rendszer alkalmazásával.

A projekt kísérleti helyszínek:

- 1) Zalaegerszeg: vegyipari tevékenység, majd oldószer raktározás során a környezetbe kijutott szennyeződés (illékony klórozott alifás szénhidrogének - VOCl)
- 2) Tiszavasvári: gyógyszergyár területén a felszín alatti közegbe jutott, rendkívül összetett szennyeződéssel terhelt terület, ahol többek között ezek voltak a szennyezőanyagok: illékony klórozott alifás szénhidrogének (VOCl), illékony alifás szénhidrogének (TPH), illékony aromás szénhidrogének (BTEX)
- 3) Hajdúböszörmény-Bodaszőlő: volt orosz katonai objektum, hadi üzemanyag-tároló terület, mely jelenleg is részben ilyen funkcióval bír. A tárolás következtében a környezetbe kikerülő benzin, gázolaj, kerozin magas szennyezettséget eredményezett a talajvízben. A területen különösen mély talajvízállás, -8-9 m mellett került kipróbálásra az eljárás

A kísérletek lefolytatásához szükséges eszközöket alvállalkozó biztosította, alkalmassá téve azokat a kísérleti célok megvalósítására, amelyet alvállalkozói munka keretében összeszereltek, beüzemeltek. A talajvíz kinyeréséhez és visszajuttatásához különböző átmérőjű kutakat alakítottunk ki a pályázatban nevesített alvállalkozó kútfúró szakembereinek munkájának igénybevételével. A kitermelt víz mikrobiológiai elemzését követően helyspecifikus „baktérium-koktél” kifejlesztése valósult meg, amelyet nagy mennyiségben adagoltunk a kísérleti területeken. Emellett környezetbarát oxidáló szerek adagolásával is vizsgáltuk a kitermelt, szennyezett víz megtisztulását. A kezelt vizet folyamatosan monitoroztuk, az abból vett mintákat akkreditált laboratóriumban bevizsgáltattuk. A zalaegerszegi

telephelyen folyamatvizsgáló távadó rendszer is működött, melynek segítségével távoli eléréssel tudtuk ellenőrizni a beavatkozás szempontjából fontos paramétereket, mint pl. vízszint, redoxpotenciál, pH.

Összességében a projekt időtartama alatt minden kísérleti helyszínen a tervezett kísérleteket elvégeztük.

A zalaegerszegi területen - ahol a megvalósult kísérleti rendszer és működtetése leginkább modellezte az üzemi körülményeket, - a projekt kezdetén és végén végzett laboratóriumi vizsgálatok alapján (9 hónap alatt) kb. 30%-os szennyezőanyag-koncentráció csökkenés történt a kezelés hatására.

Megjegyezzük, hogy egy ilyen terület hagyományos módon történő megtisztításának az időigénye kb. 5-6 év.

A területspecifikus oltóanyag előállítása bár idő- és munkaigényes, ugyanakkor lehetőséget teremt a hatékony kármentesítésre, a megfelelő biostimulációs kezeléssel (pl.: szén-, nitrogén-forrás, elektron donorok és akceptorok kijuttatásával) kiegészítve, pedig a kármentesítés időtartama lényegesen lerövidíthető.

A tiszavasvári területen a vegyszertartályos kísérletek alapján a vákuum, az oldószer és a mikrobiológia együttes használata esetén teljesen megszűnt a szennyeződés a reaktor tartályokban.

A bodaszőlői területen a koronavírusos pandémiás helyzet miatt a kísérleteket nem tudtuk teljes egészében a tervezettek szerint realizálni, de a sajátos helyszínen szerzett tapasztalatokat a jövőben a rendszer üzemszerű kiépítése és működtetése során tudjuk majd kamatoztatni. A területen különösen mélyen, ~9 méter mélyen található az egyébként is csekély mennyiségű talajvíz. A probléma megoldásához speciális megoldást alkalmaztunk, a vákuumtechnikát, oly módon, hogy alkalmassá vált az ilyen mélységben elhelyezkedő talajvíz kitermelésére is, amelyet ez ideáig ilyen célból - tudomásunk szerint - Magyarországon nem használtak. (A vákuumtechnika gyakorlati alkalmazása 7-8 méter mélységig lehetséges, az általunk tervezett és eredményesen kipróbált rásegítő rendszer hiányában). A kísérlet azt igazolta, hogy a vákuum technikával az általunk alkalmazott és Magyarországon még nem használt speciális rásegítésének köszönhetően a mélyebb rétegekből is kitermelhető a szénhidrogénnel szennyezett felszín alatti víz. E módszer biztonságos alkalmazásához még további üzemi szintű kísérletek elvégzése szükséges.

A projekt fizikai befejezésének időpontja: 2021. február 28.

A záró beszámolót az Irányító Hatóság 2023. március 8-án hagyta jóvá.

A zalaegerszegi és bodaszőlői kísérleti helyszíneken már felmerült megrendelői igény a kísérletek továbbfolytatására.

3. SPECIÁLIS LABORATÓRIUMI KÍSÉRLETEK BEMUTATÁSA

3.1. Speciális labor 1

Szolgáltató: ELTE Mikrobiológiai Tanszék (mikroba izolálás, szelekció, laboratóriumi bontási kísérletek), FERMENTIA Mikrobiológiai Kft. (a szelektált mikroorganizmusok léptéknövelt előállítás)

Feladat: Az illékony szénhidrogének semlegesítésére alkalmas, helyspecifikus, bioaugmentációs mikrobiológiai oltóanyag kifejlesztése (BTEX, VOCl).

A különböző szennyezőanyagok biológiai lebontásának az egyik leghatékonyabb megoldása a szennyezett területről származó és az adott szennyezéshez és környezeti feltételekhez (fizikai, kémiai paraméterekhez) adaptálódott, a területen jelenlévő szénhidrogén szennyezés bontására képes őshonos baktériumközösség alkalmazása, azaz egy a terület specifikus oltóanyag előállítása és használata.

A területre szelektált, specifikus mikrobiális oltóanyagok nagy előnye, hogy az adott területről származó és oda visszajutatott mikroorganizmusok minden esetben jelentősebb szennyezőanyag csökkenést eredményezhetnek, szemben az allochton, azaz a területen nem őshonos mikroorganizmusokat tartalmazó bioaugmentációs termékekkel, amelyek hatékonysága csökkenhet, illetve a szennyezőanyag lebontása korlátozott lehet a különböző szennyezett területeken.

3.1.1. A BTEX szennyezés felszámolására alkalmas mikrokultúra kidolgozása, kitenyésztése

A feladat célja, hogy a talajvízmintákból benzin származékok hasznosítására képes baktériumtörzsek tenyésztése valósuljon meg. Ehhez a szennyezett mintákból elsősorban a BTEX vegyületek lebontására képes baktériumok izolálására volt szükség.

A módszer rövid leírása

A területspecifikus mikrobiális oltóanyag fejlesztése során, a területről származó szennyezett talaj -és talajvízminták felhasználásával a szennyezőanyag bontására képes mikroorganizmusok és mikrobiális közösségek izolálása történik, majd beazonosítást követően további laboratóriumi tesztekben vizsgálják a mikrobák bontási képességét és az együttes alkalmazásuk lehetőségét. Végül a leghatékonyabb bontó törzsekből álló oltóanyag gyártásának léptéknövelése zajlik. Az így előállított oltóanyaggal a terület kezelhető.

A laboratóriumi vizsgálatok során a talajvízmintákban jelenlévő szénhidrogén szennyezőanyagok lebontására képes mikroorganizmusokból dúsító tenyészeteket, illetve mikrokozmoszokat (ökoszisztéma szelekciós rendszereket) állítottak össze. A

tenyésztés BTEX és TPH tartalmú szelektív táptalajokon, a szennyezőanyag(ok) bontására képes baktérium törzsek azonosítása pedig a 16S riboszómális RNS génje alapján történt. Az azonosítást követően a biztonságosan alkalmazható mikroorganizmusokat BTEX és TPH bontásra külön - külön tesztelték, a szennyezőanyag koncentráció értékeinek változásait, azaz a szennyezőanyag bontásának képességét gázkromatográfiás (GC/GC-MS) mérésrel követték nyomon. Az oltóanyag létrehozása során nem elhanyagolható szempont az egyes baktériumok egymás melletti életképessége. Így az azonosított, szennyezőanyag lebontására képes baktériumok esetében vizsgálták azok egymásra gyakorolt hatását (antagonizmus vs. szinergizmus).

Az eredmény

A talajvízmintákból származó izolátumok közül összesen 14 baktériumtörzs esetében találtak szénhidrogénbontó képességet. Az izolátumok TPH és BTEX bontás szempontjából biztató eredményt mutattak, két baktérium esetében pedig kiemelkedően jó szénhidrogén lebontás volt megfigyelhető. Ezen két baktériumtörzs izolátumok növekedésük során nem gyakorolnak gátló hatást sem egymásra, sem a tesztmikroorganizmusokra, azaz nem volt kimutatható antagonisták hatásuk. A fent nevezett tulajdonságok (kiemelkedően jó szénhidrogén bontás, egymás melletti túlélés, növekedés) alapján a két baktériumtörzs alkalmasnak bizonyult területspecifikus, helyszíni paraméterekhez adaptált bioaugmentációs mikrobiális oltóanyag létrehozására.

3.1.2. A VOCl szennyezés felszámolására alkalmas mikrokultúra kidolgozása, kitenyésztése

A feladat célja, egy területspecifikus, a klórozott szénhidrogének teljes, eténig történő lebontására (deklorinációra) képes oltókultúra létrehozása a szennyezett területről származó talajvízminták felhasználásával (tesztelés és 5 liter térfogatnyi oltókultúra előállítás).

Baktériumtörzs: klórozott szénhidrogének teljes, eténig történő lebontására *Dehalococcoides* nemzetség tagjai képesek, melyek szigorúan anaerob (oxigénmentes) körülmények között, kevert kultúrákban növekednek. A *Dehalococcoides*-ek oxigén érzékenysége miatt a fejlesztési munka során különleges, anaerob mikrobiológiai és biotechnológiai technikákat kellett alkalmazni.

A szennyezett területre specifikus mikrobiális oltóanyag előállítása során, a szennyezett talaj és/vagy talajvízminták felhasználásával dúsítótenyészeteket, illetve mikrokozmoszokat (ökoszisztéma szelekciós rendszereket) állítottak össze a szennyezőanyag bontására képes jelenlevő, különböző mikroorganizmusok és mikrobiális közösségek izolálása, tenyésztése céljából.

A szennyezett talajvízminták előzetes vizsgálata alapján (fizikai, kémiai, mikrobiológiai) két kútból származó talajvízminta (ZG1 és ZG2) alkalmasnak bizonyult a deklorinációra képes tenyészetek létrehozására. A két kút talajvizében jelenlevő mikroba közösségek felhasználásával 2-2 párhuzamosban (ZG1-1, ZG1-2, ZG2-1, ZG2-2), illetve azok 1:1 arányú kompozit mintájával összesen hat darab dúsító tenyészet (mikrokozmosz) került összeállításra (ZG1-1, ZG1-2, ZG2-1, ZG2-2, és ezek 1:1 arányú keveréke: ZGK, ZGK2). A fejlesztési és a gyártási folyamat során a szennyezőanyag koncentráció értékeinek változásait, azaz a szennyezőanyag bontásának képességét gázkromatográfiás (GC/GC-MS) méréssel, míg a mikrobiális közösségek összetételét, változását molekuláris biológiai (PCR, real-time PCR technika, bázissorrend elemzések, közösségszerkezet vizsgáló módszerek) módszerekkel követik nyomon. Az összeállított mikrokozmoszokban a *Dehalococcoides* nemzetség jelenléte, illetve az aktivitásukhoz kötődő klórozott etének lebontása is kimutatható volt, azaz a tenyészetek képesek klórozott szénhidrogének teljes deklorinációjára.

A klórozott etének teljes deklorinációjára képes tenyészetek létrehozásával egy jól működő és a helyszíni paraméterekhez adaptált bioaugmentációs oltóanyagot sikerült létrehozni. Összeségében az a megállapítás született, hogy a létrehozott tenyészetek alkalmasnak, 100 liter térfogatban történő oltóanyag előállítására.

Az ELTE és a Fermentia Kft. szakemberei a területspecifikus oltóanyag léptéknövelt előállítását követően a hatékony helyszíni alkalmazhatóságához szükséges szakmai támogatást is biztosították. A megfelelő biostimulációs kezelésekhez (pl.: anaerobizálás, szén-, nitrogén-forrás, elektron donorok és akceptorok kijuttatása) laboratóriumi előkísérletek alapján szakmai javaslatot és az anaerob módon történő kijuttatáshoz helyszíni kiszállást biztosítottak. A megfelelő terepi előkészítést és a szakszerű oltóanyag kijuttatás követően ez a lebontást végző mikrobaközösség hosszú ideig nem igényel további beavatkozást, táplálást.

3.2. Speciális labor 2

Szolgáltató: PROGRESSIO Mérnöki Iroda Kft. laboratóriuma

Feladat: A talajvízben található az illékony szénhidrogének körébe tartozó vegyületcsaládok (TPH, BTEX és VOCl) eltávolításának vizsgálata, mely vegyületek eltávolítása rendkívül fontos a természet megóvása szempontjából.

Feladatok részleteiben:

- talajvízben lévő illékony szénhidrogének meghatározása;
- illékony szénhidrogének talajvízben maradó részének kimutatása különböző nagyságú vákuum (50, 100, 200, 500, 1000 mbar) mellett;

- illékony szénhidrogének talajvízben maradó részének kimutatása különböző hőmérsékletek 20, 30, 40, 50 °C) mellett;
- illékony szénhidrogének talajvízben maradó részének kimutatása különböző időtartam függvényében (5, 10, 15, 20 perc) mellett;
- illékony szénhidrogének talajvízben maradó részének kimutatása levegőátisztítás/fújatás hatására;
- technológiai paraméterek kimérése, a vákuum és a hőmérséklet együttesen optimális mértékének kidolgozása, a tartózkodási idők megállapítása.

Az „illékony szénhidrogének talajvízben maradó részének kimutatása különböző nagyságú vákuum/hőmérsékletek mellett” részfolyamatok során az Ökoproject Eger Kft. által a rendelkezésükre bocsájtott és/vagy a Progressio Kft. által összeállított modell-talajvizeket különböző nagyságú vákuumban, eltérő hőmérsékleten tartották és GC-MS módszerrel meghatározták a talajvízben maradó illékony szénhidrogének mennyiségét.

1. táblázat: Néhány fontosabb kísérleti eredmény (Spec. labor 2)

| Szennyezőanyag/ kísérleti paraméterek | 20°C | | 30°C | |
|---|--------------|-------------|--------------|------------|
| | 1000 mbar | 50 mbar | 1000 mbar | 50 mbar |
| Benzol | 207,00 µg/l | 51,95 µg/l | 207,00 µg/l | 14,65 µg/l |
| Toluol | 733,01 µg/l | 196,07 µg/l | 733,01 µg/l | 47,94 µg/l |
| - | 1000 mbar | 300 mbar | 1000 mbar | 300 mbar |
| TPH | 1612,00 µg/l | 109,00 µg/l | 1993,00 µg/l | 86,00 µg/l |
| - | 1000 mbar | 200 mbar | 1000 mbar | 200 mbar |
| Triklór-etilén | 808,00 µg/l | 240,00 µg/l | 186,50 µg/l | 32,10 µg/l |
| Tetraklór-etilén | 687,00 µg/l | 105,00 µg/l | 83,30 µg/l | 2,40 µg/l |

Az 1. táblázat adatai alapján látszik, hogy a kísérlet sikeres volt: minden vizsgált szennyezett talajvíz esetében szennyezőanyag koncentrációcsökkenés volt megfigyelhető mind a nyomás csökkentése (vákuum közeli állapot), mind a hőmérséklet emelkedése során.

A részletes és szélesebb körű vizsgálati eredmények külön, a Progressio Kft. által készített dokumentációban található.

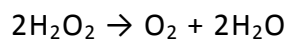
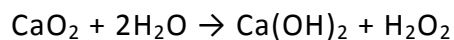
A vizsgálatok alapján kijelenthető, hogy a **vákuumkompresszor** berendezéssel történő talajvíz-kitermelés **már magában is lecsökkenti** a kitermelt vízben található **illékony szénhidrogének koncentrációját**. A tisztítás hatásfoka alacsony nyomáson (azaz vákuum növelésekor), és a hőmérséklet növekedésével arányosan növekszik.

4. A FELHASZNÁLT ALAPANYAGOK

4.1. *Permeox Plus*®

A *Permeox Plus* egy kalcium-peroxid tartalmú vegyület, melyet úgy terveztek, hogy a talajban és a talajvízben lévő TPH és BTEX szennyeződés megtisztítására alkalmas legyen. A vegyület fő összetevője, a kalcium peroxid magas oxigén tartalommal és oxigén-kibocsátási értékkel rendelkezik, ezért hosszú időn át tartó oxigén kibocsátásra képes.

A Permeox Plus hatásmechanizmusát az alábbi reakcióegyenlet mutatja:



A Permeox Plus használata során keletkezett melléktermékek:

Miután az aktív oxigén kibocsátódott, a fennmaradó anyag mész, hasonlóan a gyepongondozásban használt anyagokhoz. Ez nem káros és nem mutat semmilyen oldódási fázisban problémát, mivel a talajvízbe vagy kezelendő talajba közvetlenül fecskendezzük be.

Továbbá, a *Permeox Plus* alkalmazásával kiküszöböljük a magnézium szint ellenőrzésének szükségességét.

Szállítás, tárolás:

Szállítása hajóval, majd közúton történik, vastag falú, 11,3 kg-os műanyag vödörben. Tárolni száraz, hűvös helyen, szorosan lezárva kell. Reagál a nedvességgel. Hőtől és gyújtóforrástól, azaz gőz csövektől, hőszugárzóktól, forró szellőzőnyílásoktól vagy hegesztési szikráktól távol tartandó.

Kezelése:

Védőfelszerelés használata ajánlott. Ha a szellőzés elégtelen, megfelelő légzőkészüléket kell használni. Megfelelő elszívást kell biztosítani azokon a helyeken, ahol por képződik. Biztosítani kell, hogy szemmosó helyek és biztonsági zuhanyok legyenek a munkahelyek közelében. Szem-/ arcvédelem: a por, fröccsenő víz, köd vagy permet kitettséggel, viseljen vegyvédelmi szemüveget vagy arcvédőt. Bőr- és testvédelem: Hosszú ujjú ruha; gumi vagy műanyag csizma. Kézvédelem: gumi / latex / neoprén vagy más megfelelő kémiai ellenálló védőkesztyű használata; mossa le a kesztyűk külsejét vízzel és szappannal, mielőtt újra felveszi. Rendszeresen ellenőrizze, nincs-e szivárgás.

Esettanulmány:

A Permox Plus-t sikeresen használták olajszármazékokkal szennyezett talaj és talajvíz tisztítására, melyekről esettanulmány is készült.

A munkaterülethez hasonló geológiai adottságokkal bíró és hasonló szennyezettségű talaj és talajvíz tisztítását végezte az ORIN cég.

Az esettanulmány legfontosabb megállapításai:

A tisztított terület jellemzői:

Geológiai tényezők-agyagos iszap köztes homoklencsékkel

A talajvíz sebessége – változó (10^{-4} és 10^{-6} cm/s között)

A tisztított terület mérete– 41,200 ft³ (= kb. 1165 m³)

Szennyezőanyagok –

1,400 ppb benzol a talajban (=1400 mg/kg)

500 ppb toluol a talajban (=500 mg/kg)

300 ppb etil-benzol a talajban (=300 mg/kg)

700 ppb xilol a talajban (=700 mg/kg)

A kármentesítés módszere:

A tisztításra felhasznált kemikália - PermeOx Plus

Felhasználási technológia – Kémiai befecskendezés több közvetlen injektáló ponton

Az alkalmazás összefoglalója

A vegyületet úgy tervezték, hogy a talaj és talajvíz BTEX összetevőinek hatékony megtisztítására alkalmas legyen.

40 közvetlen injektálási ponton 25 gallon (kb. 95 liter) PermeOx Plus-t adagoltak 1-5 gallon/perc (kb. 4-20 l/perc) közti sebességgel.

A korábbi UST mederben két állandó pontot is hasznosítottak ezen a helyszínen. Mindkét állandó pontba 300 gallon (kb. 1140 liter) 15%-os PermeOx Plus került beinjektálásra 5-15 gallon/perc (kb. 20-60 l/perc) sebességgel. Az oxidáló hatás bizonyítékát megfigyelhettük a befecskendezés alatt a főbb talajvíz paraméterek változásakor, mint például a DO, redoxpotenciál, pH és vezetőképesség az érintett területen lévő monitoring kutakban.

A vegyületet vizuálisan is érzékelhettük az alsó és oldalsó lejtős kutakban.

Hatékonyság

A benzin koncentráció három hónap alatt 1 400 µg/l-ről 1,8 µg/l-re csökkent a terület legjelentősebben szennyezett részein is. A talajvíz monitoring kutak vizsgálati eredményeiben is jelentős szennyezőanyag csökkenés volt tapasztalható.

Az ismertetett esettanulmányban – ahol a Permeox Plus oltóanyag eredményesen alkalmazásra került – bemutatott kiindulási paraméterek sok lényeges pontos hasonlóak, megegyeznek a jelen kármentesítés paramétereivel, ezek: geológiai adottságok, vízvezető képesség, a szennyezett terület nagysága, a szennyezett közeg mennyisége, a szennyezőanyag fajtája.

A kísérlet során felhasznált PermeOx Plus mennyisége 167 vödör, azaz 1887,1 kg.

4.2. Klozur

A Klozur az egyetlen forgalmazott termék mely lúgos aktivált Klozur® Persulfate-ból és PermeOx® Ultra mesterséges kalcium-peroxidból áll, egyesítve a két termék erősségét, a szennyező források és szennyeződési csóvák kezelésére.

A Klozur használható kombinált módszerként a BTEX, MTBE, PAH vagy gázolaj szennyeződések kezelése, vagy peszticidek, illetve klórozott szénhidrogének degradációja során.

Előnyei:

- erős szulfát és hidroxil gyököket generál
- gyors in situ kémiai oxidáció
- kiterjesztett oxigén felszabadulás akár egy évig
- továbbfejlesztett aerob bioremediáció a szennyeződési csóva kezelésében
- nem szükséges vegyszer a keveréséhez

A kísérlet során felhasználásra tervezett Klozur mennyisége 6125 kg, azaz 245 db 25 kg-os zsák.

4.3. Mikrobiológiai oltóanyag

A prototípus fejlesztés keretén belül tervezett mikrobiológiai kísérletek végzése, melynek feladta VOCl és BTEX szennyezés felszámolására alkalmas mikrobiális oltóanyag kidolgozása, kitenyésztése. Hatékony, a szennyezett terület fizikai-kémiai viszonyaihoz, valamint a szennyezés rezisztens és nehezen vagy nem bontható komponenseinek bontásához adaptált oltókultúra kifejlesztése laboratóriumi mikro- és mezokozmoszokban (baktérium tenyészetek, megfelelő tápforrások, nyomelemek, vitaminok stb. adagolásával) történt.

Elvárt eredmény: az adott szennyezéshez és környezeti feltételekhez (fizikai, kémiai paraméterekhez) adaptálódott, a területen jelenlévő szénhidrogén szennyezés bontására képes mikrobiális oltóanyag előállítás.

5. A HELYSZÍNI KÍSÉRLETEK BEMUTATÁSA

5.1. Kísérleti helyszín: Zalaegerszeg

A prototípus fejlesztés keretén belül az egyik kísérleti helyszín a Dynea Hungary Kft. Zalaegerszeg, Báthory u. 2. sz. alatti volt telephelye.

A Dynea Hungary Kft. (3700 Kazincbarcika, Bólyai tér 1.) Zalaegerszeg, Báthory u. 2. sz. alatti volt telephelyén végzett gazdasági tevékenység során a klórozott alifás szénhidrogének (VOCl) tárolására szolgáló tartályok környezetében, pontosabban nem meghatározható oldószer elfolyás történt.

A Dynea Hungary Kft. működése során klórozott szénhidrogént sohasem használt.

A szennyeződés jellemzően a területen végzett bértárolás következménye, melyet 1995 előtt az Erdőkémia Zrt., 1995-1997 között a Dynea Hungary Kft. folytatott.

A területen a Strabag Zrt. aszfaltkeverő üzemet működtetett 1997-ig.

A területen először 2002-ben, majd 2004-ben volt környezetvédelmi állapotfelmérés. A talajvízben jelentős klórozott szénhidrogén szennyeződést tártak fel. A szennyeződés két víztartó réteget érintett. A felszínhez legközelebbi víztartó réteg kármentesítésére a környezetvédelmi hatóság kötelezést adott ki, mely 2007-2012. között valósult meg.

A 2. víztartó réteg aktualizáló tényfeltárására hatósági kötelezés alapján 2010. október – 2011. április között került sor.

Megállapítást nyert, hogy a jelentős mértékű klórozott szénhidrogén szennyeződés a 2. víztartó rétegben továbbra is jelen van, sőt a szomszédos gyárterület nagy részén is megtalálható.

A helyszíni kísérleti tervdokumentációt a Vas Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság 36800/59-23/2018. számú levelével tudomásul vette.

A kísérlet megvalósításának fő munkafázisai

I. Kútfúrás – 2019. február-március

A projekt keretén belül a telephelyen létesített kutak:

- 35 db vákuum kút
 - Talpmélység: 8,5 m
 - Csövezés: +0,5 m – -8,5 m Ø50 mm acél vákuum lándzsa
 - 7,5 m – -8,5 m Ø50 mm perforált vákuum cső
 - Szűrőzés: -7,5 m – -8,5 m között
 - A vákuum kutak egymástól való távolsága 1,0 m

- 7 db szikkasztó kút (PSZ1 – PSZ7)
 - Talpmélység: 4,0 – 7,0 m
 - Csövezés: Ø160 mm – Ø300 mm PVC
- 8 db monitoring kút (PM1 – PM8)
 - Talpmélység: 6,0 – 12,5 m
 - Csövezés: Ø110 mm – Ø125 mm PVC

II. A tisztító rendszer elemeinek beszerzése, helyszínre szállítása – 2019. március

III. A tisztító rendszer üzembe helyezése – 2019. április

A tisztító rendszer az alábbi elemekből állt:

vákuum vízkivételi rendszer

- Típusa: HÜDIG HC 467
- Vízszállító szivattyú
 - Típusa: Hydropower (merülő szivattyú)
 - Kapacitása: $V_{\max} = 122 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Emelőmagasság: 21 m
- Vákuum szivattyú
 - Típusa: HC 988/16
 - Kapacitása: $V_{\max} = 105 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Szívó nyomás: -0,99 bar
- Motor max. energia felvétel: $P_{\max} = 6,7 \text{ kW}$

cseppleválasztó tartály (1 db)

- Térfogata: 200 l

levegő oldali aktív szén szűrő (1 db)

- Szűrőtérfogata: 200 l
- Töltettérfogat: 140 l
- Aktív szén szűrőtöltet: Silcarbon SC40; szemcseméret: 4 mm; térfogatsúly: $450 \text{ kg}/\text{m}^3$; aktív felület: $1100 \text{ m}^2/\text{g}$

vákuum kutakat és a kollektort összekötő csövezeték

- Anyaga: műanyag
- Hossza: 1,5 m
- Átmérője: 50 mm

vákuum lándzsákat összekötő kollektor cső

- Anyaga: horganyzott acél
- Hossza: 5 m
- Átmérője: 108 mm

reaktortartály (egyedi gyártású)

- Térfogata: 25 m³

vegyszertartályok (egyedi gyártású)

oltóanyagtartály (egyedi gyártású)

indukciós vízmérő óra

elektromos vezérlés (konténerben elhelyezve)

folyamatvizsgáló távadó rendszer (konténerben elhelyezve)

IV. Próbaüzem – 2019. április

A tisztító rendszer üzembe helyezését követően 1 hónapos próbaüzemet tartottunk, mely időszak alatt napi rendszerességgel ellenőriztük a működést.

A próbaüzem ideje alatt a vízkitermelés a prognosztizált 2-3 m³/h mennyiség kb. ötszöröse, 10-12 m³/h volt. A kitermelt talajvizet a szikkasztó rendszer nem tudta elnyelni, ezért időzítő kapcsolóval szabályoztuk a vízkitermelést és a szikkasztó kutak mellett szikkasztó árkokat alakítottunk ki. Megkezdődött a környezetkímélő oxidálószer adagolása (biztonsági adatlappal rendelkezik).

V. Üzemeltetés – 2019. május-július

Az üzemeltetés kezdetén 6 m³/h, majd 2,5-3 m³/h vízkitermeléssel működött a vákuum talajvíz kitermelő rendszer. A visszaszikkasztott vízhez mikrobiológiai oltóanyag került beadagolásra.

VI. Monitoring – 2019. márciustól

A monitoring vizsgálati eredményeket a 2. táblázat tartalmazza.

A vizsgálati eredményekből számított „D” kármentesítési határérték felett számított átlagkoncentrációkat bemutató táblázat a 3. táblázat.

A kísérleti kezdetén és végén vett minták laboratóriumi eredményeinek százalékos alakulása a 4. táblázat.

A táblázatok alapján egyértelműen látszik, hogy az összes VOCl szennyező anyag jelentősen lecsökkent (2015 µg/l → 1346 µg/l).

2. táblázat: A monitoring és szikkasztó kutak vizsgálati eredményei

| Kút jele | Dátum | µg/l | | | | | |
|----------------|------------|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-----------|------------------|
| | | tetraklór- etilén | triklór- etilén | diklór- etilének | diklór- etánok | VOCl össz | Vinil- klorid |
| "B" határérték | | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 1,00 | 40,0 | 0,5 |
| "D" határérték | | 150,0 | 150,0 | 100,0 | 15,00 | 300,0 | |
| PM1 | 2019.03.05 | 2,6 | <1,0 | nd | nd | 2,6 | <0,1 |
| | 2019.04.08 | 1,6 | <1,0 | 1,3 | nd | 2,9 | 0,2 |
| | 2019.04.29 | <1,0 | <1,0 | nd | nd | nd | <0,1 |
| | 2019.05.20 | 4,1 | <1,0 | 3,1 | nd | 7,2 | <0,1 |
| | 2019.08.08 | <1,0 | <1,0 | nd | nd | nd | <0,1 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | nd | nd | nd | <0,1 |
| | 2019.12.05 | <1,0 | <1,0 | nd | nd | nd | <0,1 |
| PM2 | 2019.03.05 | 775,0 | 165,0 | 2 137,4 | nd | 3 077,4 | 779,0 |
| | 2019.04.08 | 726,0 | 148,0 | 123,0 | nd | 997,0 | 0,3 |
| | 2019.04.29 | 291,0 | 118,0 | 684,6 | nd | 1 093,6 | 4,9 |
| | 2019.05.20 | <1,0 | <1,0 | 1 641,5 | nd | 1 641,5 | 55,8 |
| | 2019.08.08 | 1,7 | 1,1 | 498,3 | nd | 501,1 | 156,0 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | 23,3 | nd | 23,3 | 8,2 |
| | 2019.12.05 | 2,3 | 1,4 | 182,3 | nd | 186,0 | 44,5 |
| PM3 | 2019.03.06 | 2 970,0 | 173,0 | 686,9 | nd | 3 829,9 | 177,0 |
| | 2019.04.02 | 4 310,0 | 681,0 | 1 160,9 | nd | 6 151,9 | 291,0 |
| | 2019.04.08 | 743,0 | 250,0 | 1 513,4 | nd | 2 506,4 | 728,0 |
| | 2019.04.29 | 5,4 | <1,0 | 494,6 | nd | 500,0 | 651,0 |
| | 2019.05.20 | 12 200,0 | 380,0 | 1 576,8 | nd | 14 156,80 | 1 070,0 |
| | 2019.08.08 | 1 980,0 | 767,0 | 2 821,9 | nd | 5 568,9 | 391,0 |
| | 2019.09.25 | 5,0 | 4,4 | 1 295,6 | nd | 1 305,0 | 193,0 |
| | 2019.12.05 | 643,0 | 283,0 | 1 548,5 | nd | 2 474,5 | 467,0 |
| PM4 | 2019.03.06 | 17,7 | 1,3 | 7,3 | nd | 26,3 | 1,9 |
| | 2019.04.08 | <1,0 | <1,0 | 2,1 | nd | 2,1 | 0,3 |
| | 2019.04.29 | 16,9 | 2,1 | 41,0 | nd | 60,0 | 15,7 |
| | 2019.05.20 | 2,5 | 1,5 | 13,9 | nd | 17,9 | 2,8 |
| | 2019.08.08 | 13,1 | 2,0 | 4,9 | nd | 20,0 | 1,0 |
| | 2019.09.25 | 1,5 | <1,0 | nd | nd | 1,5 | 0,9 |
| | 2019.12.05 | 2,2 | 1,5 | 5,7 | nd | 9,4 | 1,1 |

| Kút jele | Dátum | µg/l | | | | | |
|----------------|------------|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-----------|------------------|
| | | tetraklór- etilén | triklór- etilén | diklór- etilének | diklór- etánok | VOCl össz | Vinil- klorid |
| "B" határérték | | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 1,00 | 40,0 | 0,5 |
| "D" határérték | | 150,0 | 150,0 | 100,0 | 15,00 | 300,0 | |
| PM5 | 2019.03.06 | <1,0 | <1,0 | 9,8 | nd | 9,8 | 30,7 |
| | 2019.04.08 | 3,2 | <1,0 | 7,5 | nd | 10,7 | 19,3 |
| | 2019.04.29 | 25,6 | 4,7 | 198,3 | nd | 228,6 | 24,8 |
| | 2019.05.20 | 81,3 | 149,0 | 7 609,6 | nd | 7 839,9 | 484,0 |
| | 2019.08.08 | 1,3 | 2,1 | 4 724,2 | nd | 4 727,6 | 621,0 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | 1 114,7 | nd | 1 114,7 | 242,0 |
| | 2019.12.05 | <1,0 | 1,2 | 921,9 | nd | 923,1 | 45,2 |
| PM6 | 2019.03.06 | 153,0 | 4,2 | 24,4 | nd | 181,6 | 24,5 |
| | 2019.04.02 | 47,1 | 34,1 | 562,9 | nd | 644,1 | 346,0 |
| | 2019.04.08 | 118,0 | 53,5 | 18 297,2 | nd | 18 468,7 | 810,0 |
| | 2019.04.29 | 104,0 | 42,8 | 1 239,6 | nd | 1 386,4 | 155,0 |
| | 2019.05.20 | 8,4 | 36,5 | 1 642,3 | nd | 1 687,2 | 331,0 |
| | 2019.08.08 | 3,2 | 5,8 | 4 163,2 | nd | 4 172,2 | 1 840,0 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | 26,9 | nd | 26,9 | 46,7 |
| | 2019.12.05 | <1,0 | <1,0 | 363,6 | nd | 365,6 | 170,0 |
| PM7 | 2019.03.04 | <1,0 | <1,0 | 855,5 | nd | 855,5 | 311,0 |
| | 2019.04.08 | 79,6 | 10,4 | 719,0 | nd | 809,0 | 264,0 |
| | 2019.04.29 | 100,0 | 37,0 | 461,1 | nd | 598,1 | 27,4 |
| | 2019.05.20 | <1,0 | 15,0 | 1 166,3 | nd | 1 181,3 | 74,0 |
| | 2019.08.08 | 6,8 | <1,0 | 1 054,5 | nd | 1 061,3 | 91,9 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | 680,7 | nd | 680,7 | 79,1 |
| | 2019.12.05 | 2,1 | 3,4 | 237,4 | nd | 242,9 | 12,9 |
| PM8 | 2019.03.06 | <1,0 | <1,0 | 36,0 | nd | 36,0 | 1,4 |
| | 2019.04.08 | 16,1 | 2,5 | 174,0 | nd | 192,6 | 4,1 |
| | 2019.04.29 | 248,0 | 73,6 | 924,0 | nd | 1 245,6 | 80,3 |
| | 2019.05.20 | <1,0 | 5,2 | 1 797,2 | nd | 1 802,4 | 97,3 |
| | 2019.08.08 | 32,9 | 2,0 | 1 637,8 | nd | 1 672,7 | 373,0 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | 1 605,6 | nd | 1 605,6 | 295,0 |
| | 2019.12.05 | <1,0 | 2,3 | 1 619,4 | nd | 1 621,7 | 307,0 |

PROJEKT EREDMÉNYEKET ÖSSZEFOGLALÓ DOKUMENTÁCIÓ

| Kút jele | Dátum | µg/l | | | | | |
|----------------|------------|----------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-----------|------------------|
| | | tetraklór- etilén | triklór- etilén | diklór- etilének | diklór- etánok | VOCl össz | Vinil- klorid |
| "B" határérték | | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 1,00 | 40,0 | 0,5 |
| "D" határérték | | 150,0 | 150,0 | 100,0 | 15,00 | 300,0 | |
| PSZ1 | 2019.03.06 | 1,4 | <1,0 | nd | nd | 1,4 | 60,9 |
| | 2019.04.08 | 76,1 | 6,6 | 114,0 | nd | 196,7 | 17,4 |
| | 2019.04.29 | 420,0 | 125,0 | 1 424,9 | nd | 1 969,9 | 35,0 |
| | 2019.05.20 | 5,7 | 113,0 | 1 817,4 | nd | 1 936,1 | 101,0 |
| | 2019.08.08 | <1,0 | <1,0 | 249,4 | nd | 249,4 | 238,0 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | nd | nd | nd | 0,9 |
| | 2019.12.05 | <1,0 | <1,0 | 3,7 | nd | 3,7 | 1,5 |
| PSZ2 | 2019.03.05 | 1,4 | 1,5 | 2,2 | nd | 5,1 | <0,1 |
| | 2019.04.08 | 66,7 | 31,0 | 190,3 | nd | 288,0 | 41,4 |
| | 2019.04.29 | 44,8 | 18,5 | 318,5 | nd | 381,80 | 13,4 |
| | 2019.05.20 | 142,0 | 51,0 | 649,5 | nd | 843,3 | 52,4 |
| | 2019.08.08 | <1,0 | <1,0 | 1 206,5 | 1,20 | 1 207,0 | 117,0 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | 175,9 | nd | 175,9 | 78,5 |
| | 2019.12.05 | <1,0 | 1,3 | 74,1 | nd | 75,4 | 39,5 |
| PSZ3 | 2019.03.05 | <1,0 | <1,0 | 3,2 | nd | 3,2 | 3,7 |
| | 2019.04.08 | 22,2 | 36,6 | 32,8 | nd | 91,6 | 3,2 |
| | 2019.04.29 | 413,0 | 124,0 | 1 374,5 | nd | 1 911,5 | 65,7 |
| | 2019.05.20 | <1,0 | 9,0 | 1 650,9 | nd | 1 658,9 | 105,0 |
| | 2019.08.08 | <1,0 | <1,0 | 393,4 | nd | 393,4 | 464,0 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,00 | 6,1 | nd | 6,1 | 5,3 |
| | 2019.12.05 | <1,0 | <1,0 | 10,3 | nd | 10,3 | 5,3 |
| PSZ4 | 2019.03.04 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | nd | nd | <0,1 |
| | 2019.04.08 | 21,2 | 1,3 | 14,3 | nd | 36,8 | 2,1 |
| | 2019.04.29 | 148,0 | 39,4 | 575,8 | nd | 763,2 | 26,0 |
| | 2019.05.20 | 14,1 | 83,3 | 854,9 | nd | 952,3 | 39,7 |
| | 2019.08.08 | <1,0 | <1,0 | 807,2 | nd | 807,2 | 317,0 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | 193,4 | nd | 193,4 | 79,8 |
| | 2019.12.05 | <1,0 | <1,0 | 79,1 | nd | 79,1 | 17,8 |
| PSZ5 | 2019.03.06 | 3,4 | 3,6 | 3,2 | nd | 10,2 | <0,1 |
| | 2019.04.08 | 93,9 | 7,9 | 74,2 | nd | 176,0 | 1,9 |
| | 2019.04.29 | 368,0 | 117,0 | 1273,4 | nd | 1758,4 | 51,9 |
| | 2019.05.20 | 274,0 | 138,0 | 1418,6 | nd | 1830,6 | 95,2 |

PROJEKT EREDMÉNYEKET ÖSSZEFOGLALÓ DOKUMENTÁCIÓ

| Kút jele | Dátum | µg/l | | | | | |
|----------------|------------|------------------|----------------|-----------------|---------------|-----------|--------------|
| | | tetraklór-etilén | triklór-etilén | diklór-etilének | diklór-etánok | VOCI össz | Vinil-klorid |
| "B" határérték | | 10,0 | 10,0 | 10,0 | 1,0 | 40,0 | 0,5 |
| "D" határérték | | 150,0 | 150,0 | 100,0 | 15,0 | 300,0 | |
| PSZ5 | 2019.08.08 | <1,0 | <1,0 | 213,7 | nd | 213,7 | 284,0 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | nd | nd | nd | <0,1 |
| | 2019.12.05 | <1,0 | <1,0 | 3,3 | nd | 3,3 | <0,1 |
| PSZ6 | 2019.03.06 | <1,0 | 2,3 | <1,0 | nd | 2,3 | <0,1 |
| | 2019.04.08 | 124,0 | 10,4 | 94,0 | nd | 228,4 | 3,4 |
| | 2019.04.29 | 411,0 | 124,0 | 1363,5 | nd | 1898,5 | 57,7 |
| | 2019.05.20 | 103,0 | 48,5 | 851,3 | nd | 1002,8 | 58,2 |
| | 2019.08.08 | 1,3 | 1,4 | 78,2 | nd | 80,9 | 59,0 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | 1,8 | nd | 1,8 | 8,0 |
| | 2019.12.05 | <1,0 | <1,0 | 54,5 | nd | 54,5 | 66,5 |
| PSZ7 | 2019.03.04 | <1,0 | <1,0 | <1,00 | nd | nd | <0,1 |
| | 2019.04.08 | 46,3 | 3,7 | 32,2 | nd | 82,2 | 1,6 |
| | 2019.04.29 | 406,0 | 122,0 | 1 313,5 | nd | 1 841,5 | 60,6 |
| | 2019.05.20 | 189,0 | 122,0 | 1 668,0 | nd | 1 979,0 | 93,8 |
| | 2019.08.08 | <1,0 | <1,0 | 487,5 | nd | 487,5 | 213,0 |
| | 2019.09.25 | <1,0 | <1,0 | 32,9 | nd | 32,9 | 101,0 |
| | 2019.12.05 | <1,0 | <1,0 | 162,1 | nd | 162,1 | 133,0 |

Jelmagyarázat:

nd – szennyeződés nem detektálható

- „B” szennyezettségi határérték feletti koncentráció

- „D” kármentesítési határérték feletti koncentráció

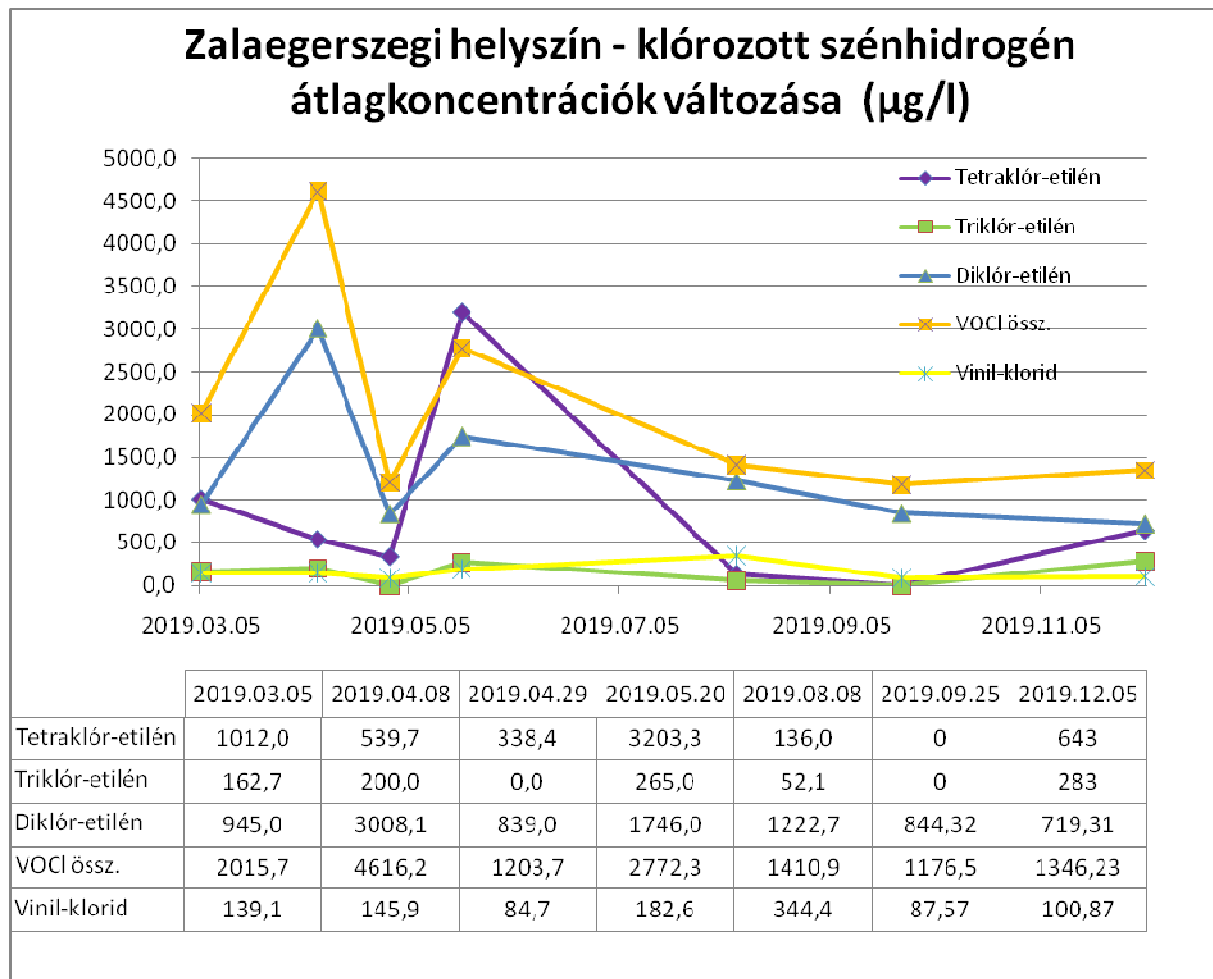
3. táblázat: „D” kármentesítési határérték feletti számított átlagkoncentrációk

| Szennyezőanyag | Számított "D" határérték feletti átlagkoncentráció (µg/l) | | | | | | |
|------------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 2019.03.05 | 2019.04.08 | 2019.04.29 | 2019.05.20 | 2019.08.08 | 2019.09.25 | 2019.12.05 |
| Tetraklór-etilén | 1 012,00 | 539,67 | 338,38 | 3 203,25 | 136,02 | - | 643,00 |
| Triklór-etilén | 162,67 | 200,00 | - | 265,00 | 52,09 | - | 283,00 |
| Diklór-etilének | 944,95 | 3 008,13 | 839,02 | 1 746,02 | 1 222,73 | 844,32 | 719,31 |
| Összes VOCl | 2 015,70 | 4 616,22 | 1 203,73 | 2 772,29 | 1 410,90 | 1 176,50 | 1 346,23 |
| Vinil-klorid | 139,60 | 145,92 | 84,66 | 182,55 | 344,39 | 87,57 | 100,87 |

4. táblázat: „D” kármentesítési határérték feletti számított átlagkoncentrációk százalékos csökkenése a projekt kezdetén és végén (2019.03.05. és 2019.12.05. között)

| Szennyezőanyagok | 2019.03.05 | 2019.12.05 | Százalékos csökkenés |
|------------------|------------|------------|----------------------|
| Tetraklór-etilén | 1 012,00 | 643,00 | -36,5 |
| Triklór-etilén | 162,67 | 283,00 | +74,0 |
| Diklór-etilének | 944,95 | 719,31 | -23,9 |
| Összes VOCl | 2 015,70 | 1 346,23 | -33,2 |
| Vinil-klorid | 139,60 | 100,87 | -27,5 |

1. ábra: Klórozott szénhidrogén átlagkoncentrációk változása



Az 1. ábrán mutatjuk be a projekt során vett talajvíz minták klórozott szénhidrogén (VOCl) koncentrációváltozásait. A triklór-etilén koncentrációt kivéve minden esetben szennyezőanyag koncentráció csökkenést tapasztaltunk a kísérlet hatására.

A triklór-etilén koncentrációjának növekedése visszavezethető arra a tényre, miszerint a tetraklór-etilén bomlásából először triklór-etilén keletkezik.

A vákuumkísérlet sikeresen befejeződött a területen, melynek eredményei alapján a területen végzett kármentesítést vezető cég a vákuumrendszer további üzemeltetését kérelmezte. Ennek megfelelően a vákuumos kitermelés és mikrobiológiai anyag adagolása folytatódik.

3.2. Kísérleti helyszín: Tiszavasvári

Az egyik kísérleti helyszín a Tiszavasvári Alkaloida Gyár telephelyén belül az ún. SZU-II kármentesítési terület. Az Alkaloida Vegyészeti Gyár 1927-es alapítása óta üzemel. Kezdetben a zöld máktokból morfint állítottak elő. A gyár fő tevékenysége a gyógyszerhatóanyagok, intermedierek, kész gyógyszerek gyártása és értékesítése a hazai és külföldi piacon. A gyár területén feltárt szennyeződések összetettek: a klórozott alifás és aromás szénhidrogének mellett egyéb ipari termékekből származó szennyeződések is jelen vannak a területen.

A kísérlet megvalósításának fő munkafázisai

I. Kútfúrás – 2019. július

A projekt keretén belül a telephelyen létesített kutak:

- 20 db vákuum kút
 - Talpmélység: 5,0 m
 - Csövezés: +0,0 m – -4,0 m Ø50 mm acél vákuum lándzsa
-4,0 m – -5,0 m Ø50 mm perforált vákuum cső
 - Szűrőzés: -4,0 m – -5,0 m között
 - A vákuum kutak egymástól való távolsága 1,0 m

II. A tisztító rendszer elemeinek beszerzése, helyszínre szállítása – 2019. augusztus

III. A tisztító rendszer üzembe helyezése – 2019. szeptember

A tisztító rendszer az alábbi elemekből állt:

vákuum aggregát (beépített vákuum kompresszor szivattyú és vízszállító szivattyú)

- Típusa: HÜDIG HC 467
- Vízszállító szivattyú adatai:
 - Típusa: Hydropower (merülő szivattyú)
 - Kapacitása: $V_{\max} = 122 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Emelőmagasság: 21 m
- Vákuum szivattyú
 - Típusa: HC 988/16
 - Kapacitása: $V_{\max} = 105 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Szívó nyomás: -0,99 bar
- Motor max. energia felvétel: $P_{\max} = 6,7 \text{ kW}$

cseppleválasztó tartály (1 db)

- Térfogata: 200 l

levegő oldali aktív szén szűrő (1 db)

- Szűrőtérfogata: 200 l
- Töltettérfogat: 140 l
- Aktív szén szűrőtöltet: Silcarbon SC40; szemcseméret: 4 mm; térfogatsúly: 450 kg/m³; aktív felület: 1100 m²/g

vákuum kutakat és a kollektort összekötő csővezeték

- Anyaga: műanyag
- Hossza: 1,5 m
- Átmérője: 50 mm

vákuum lánczsákát összekötő kollektor cső

- Anyaga: horganyzott acél
- Hossza: 5 m
- Átmérője: 108 mm

vízmérő óra

- Típusa: B METERS

elektromos vezérlés

Észlelő furatok

2 db észlelő furat

- Talpmélység: 5,0 m
- Szűrőzés: -4,0 m – -5,0 m
- Csővezés: +1,0 m – -5,05 m Ø63 mm PVC

IV. Üzemeltetés – 2019. szeptember - december

A kitermelt talajvíz a vákuumkutakon keresztül a kollektor (gyűjtő) csöveken keresztül jutott a vákuumkompresszorba, ahonnan egy vízszállító szivattyúból jut a KPE vezetékbe. A KPE vezeték segítségével a víz áthaladt egy aktív szenes szűrőn keresztül, majd azon áthaladva egy újabb KPE vezetékbe került, amely a IV/1 és IV/2 kutakba vezetett. A víz elszikkasztása ezen kutak segítségével történt.

A kísérlet során 3 db 1 m³-es IBC tartályt megtöltöttünk a kitermelt, szennyezett talajvízzel, majd különböző anyagokat adtunk az 1 m³ vízmennyiséghez. A folyamatos vízminőségi vizsgálatoknak köszönhetően megfigyeltük a különböző anyagok tisztítási hatásfokát.

Felhasznált anyagok:

1. tartály: a Peroxychem Ltd. Permeox Plus nevű készítménye
2. tartály: mikrobiológiai anyag
3. tartály: kontrolltartály (kezeletlen víz)

V. Monitoring – 2019. szeptembertől

Az 5. táblázatban mutatjuk be a kísérlet folyamán vett vízminták laboratóriumi vizsgálati eredményeit.

5. táblázat: Tiszavasvári (2. kísérleti helyszín) vizsgálati eredmények

| Szennyező-anyag | „B” határ- érték [µg/l] | µg/l | | | | |
|---------------------|----------------------------------|--------------------|---------------------------------|--|---|--------------------|
| | | Vákuum rendszer | Tartály 1 (víz + Permeox) | Tartály 2 (víz + mikro- biológia) | Tartály 3 (kontroll= kezeletlen víz) | Vákuum rendszer |
| | | 2019. 09.18. | 2019. 11.06. | | | 2019. 12.18. |
| Tetraklór-etilén | 10,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 1,4 | <1,0 |
| 1,1,2-triklór-etán | 30,0 | 37,2 | <1,0 | <1,0 | 33,4 | 13,9 |
| Triklór-etilén | 10,0 | 3,0 | <1,0 | <1,0 | 5,4 | 149,0 |
| Diklór-etilének | 10,0 | 16,4 | <1,0 | <1,0 | 57,9 | 358,6 |
| Diklór-etánok | 1,0 | 10 300,0 | 0,4 | 0,6 | 3 350,0 | 19 200,8 |
| Összes VOCl | 40,0 | 10 360,8 | 0,4 | 0,6 | 3 451,2 | 19 734,7 |
| Vinil-klorid | 0,5 | 5,2 | <0,1 | <0,1 | 19,1 | 508,0 |
| TPH | 100,0 | 406,0 | <50,0 | 56,0 | <50,0 | <50,0 |
| Benzol | 1,0 | 36,2 | 1,0 | 1,3 | 17,4 | 70,0 |
| Toluol | 20,0 | 119,0 | 7,0 | 7,0 | 109,0 | 214,0 |
| Etil-benzol | 20,0 | 10,0 | 2,0 | 2,0 | 10,0 | 19,0 |
| Xilol | 20,0 | 56,0 | 9,0 | 8,0 | 62,0 | 91,0 |
| Egyéb-alkilbenzolok | 20,0 | 109,0 | <15,0 | <15,0 | 73,0 | 77,0 |

Jelmagyarázat: - „B” szennyezettségi határérték feletti koncentráció

Megállapítások:**1. A vákuumgép üzemeltetése**

A vákuumrendszerből két alkalommal vettünk mintát: a vákuumkompresszor beindításakor, 2019 szeptemberében (üzemeltetésének kezdete) és kikapcsolásakor, 2019 decemberében. A vákuumgép közel három hónapos üzemelése során a VOCl, azaz klórozott szénhidrogének és a BTEX (benzinszármazékok) koncentrációja megnőtt, a TPH koncentráció kimutathatósági szint alá csökkent. Ennek oka, hogy a vákuumgép segítségével olyan víztömegeket mozgattunk meg, amelyek szennyezettebbek voltak. A kísérlet folytatása esetén a szennyezőanyagok koncentrációjának csökkenése prognosztizálható.

2. A tartálykísérlet

A 3 tartályba 1-1 m³ szennyezett talajvizet helyeztünk el. Az 1. tartályba PermeOx anyagot adagoltunk folyamatos oxigén ellátás mellett. A 2. tartályba a kifejlesztett mikrobiológiai anyagot tettünk, amelyhez folyamatosan oxigént adtunk. A 3. tartályba nem adagoltunk semmit, megfigyelve azt, hogy milyen hatással van a szennyezőanyagokra a tartályban tárolás.

Az 1. és 2. tartály esetében minden szennyezőanyag „B” szennyezettségi határérték alá csökkent – a benzol a „B” határérték közelében. A 3. tartályban található kezeletlen víz szennyezettsége lecsökkent a kísérlet végére, de jelentős mennyiségű szennyeződés maradt benne.

A tartálykísérlet alapján kijelenthető, hogy a VÁ-RE System PermeOx és a kifejlesztett mikrobiológiai oltóanyag felhasználásával is alkalmas a terület nagy VOCl és egyéb szénhidrogén-származékokkal szennyezett területek teljeskörű megtisztítására.

5.3. Kísérleti helyszín: Bodaszőlő (0132/3 hrsz.)

A prototípus fejlesztés keretén belül az egyik kísérleti helyszín Az Észak-Alföldi Üzemanyagtároló Kft. (új tulajdonos: Boda Tartálpark Kft.) Hajdúböszörmény – Bodaszőlőn található üzemanyag-tároló telepe, ahol az 1990-es évek elejéig a szovjet csapatok üzemanyag-tárolást végeztek. Összesen 28.000 m³ kapacitású (7 db 2000 m³-es és 14 db 1000 m³-es) részben földbe süllyesztett, álló üzemanyag-tároló tartályok, valamint a hozzájuk kapcsolódó technológiai berendezések találhatóak a területen.

2002-ben és 2005-ben a területen tényfeltárást végeztek, amely szerint a területen jelentős mennyiségű TPH, BTEX, PAH szennyeződés van a talajban, a talajvízben pedig TPH, BTEX, PAH (naftalinok nélkül) és naftalinok találhatóak.

A felúszó fázisú szénhidrogén becsült mennyisége: 100 m³.

A helyszíni kísérleti terület a telephely É-i része, az F-6 monitoring kút és T-2 termelő kút környéke. Ez a terület a „D” kármentesítési határérték felett szennyezett terület legészakibb része, a talajvízáramlás felvízi oldala.

A kísérlet megvalósításának fő munkafázisai

I. Kútfúrás – 2019. augusztus - szeptember

A projekt keretén belül a telephelyen létesített kutak:

- 5 db vákuum kút
 - Talpmélység: 10 m
 - Csövezés: -1,0 m – -9,0 m Ø50 mm acél vákuum lándzsa
 - -9,0 m – -10,0 m Ø50 mm szűrőzött vákuum cső
 - Szűrőzés: -9,0 m – -10,0 m között
 - Az acél lándzsák és a szűrőzött vákuum csövek között lábszelep
 - A vákuum kutak egymástól való távolsága 1,0 m
- 10 db szikkasztó kút
 - Talpmélység: 9,0 m
 - Szűrőzés: -4,0 m – -9,0 m
 - Csövezés: +0,5 m – -9,0 m Ø160 mm PVC

II. A tisztító rendszer elemeinek beszerzése, helyszínre szállítása – 2020. május

III. A tisztító rendszer üzembe helyezése – 2020. június

A tisztító rendszer az alábbi elemekből állt:

vákuum aggregát (beépített vákuum kompresszor szivattyú és vízszállító szivattyú)

- Típusa: HÜDIG HC 467
- Vízszállító szivattyú adatai:
 - Típusa: Hydropower (merülő szivattyú)
 - Kapacitása: $V_{\max} = 122 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Emelőmagasság: 21 m
- Vákuum szivattyú
 - Típusa: HC 988/16
 - Kapacitása: $V_{\max} = 105 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Szívó nyomás: -0,99 bar
- Motor max. energia felvétel: $P_{\max} = 6,7 \text{ kW}$

cseppleválasztó tartály (1 db)

- Térfogata: 200 l

levegő oldali aktív szén szűrő (1 db)

- Szűrőtérfogata: 200 l
- Töltettérfogat: 140 l
- Aktív szén szűrőtöltet: Silcarbon SC40; szemcseméret: 4 mm; térfogatsúly: $450 \text{ kg}/\text{m}^3$; aktív felület: $1100 \text{ m}^2/\text{g}$

vákuum kutakat és a kollektort összekötő csővezeték

- Anyaga: műanyag
- Hossza: 1,5 m
- Átmérője: 50 mm

vákuum láncsákat összekötő kollektor cső

- Anyaga: horganyzott acél
- Hossza: 5 m
- Átmérője: 108 mm

indukciós vízmérő óra

ülepítő – homok-és olajfogó-kiegyenlítő tartály (1 db)

- Tartály térfogata: $V = 6 \text{ m}^3$
- Hasznos térfogat: $V_h = 5 \text{ m}^3$
- Mérete: 3000 x 2000 x 1000 mm
- Átemelő szivattyú típusa: Grudfos SP1-9A; $Q_{\max} = 1 \text{ m}^3/\text{h}$; $H_{\max} = 35 \text{ m}$

sztrippelő – konténerben elhelyezve

- Torony átmérő: 600 mm
- Torony magassága: $H = 4,3 \text{ m}$
- Szellőztető ventilátor: $Q_{\text{lev}} = 370-900 \text{ m}^3/\text{h}$; $\Delta P_{\text{stat}} = 1,2 \text{ kPa}$

átemelő tartály (1 db) – konténerben elhelyezve

- Hasznos térfogat: $V_h = 2,3 \text{ m}^3$
- Méretek: 1600 x 1000 x 1500 mm
- Átemelő szivattyú típusa: Grudfos SP1-9A; $Q_{\max} = 1 \text{ m}^3/\text{h}$; $H_{\max} = 35 \text{ m}$

nyomás alatti aktív szén szűrők (2 db) – konténerben elhelyezve

- Szűrő átmérő: 800 mm
- Szűrő térfogat: 1000 liter
- Töltet térfogat: 750 liter
- Aktív szén szűrőtöltet: Silcarbon SC40; szemcseméret: 4 mm; térfogatsúly: $450 \text{ kg}/\text{m}^3$; aktív felület: $1100 \text{ m}^2/\text{g}$

vegyszer előkészítő tartályok (2 db) – konténerben elhelyezve

- Tartályok térfogata: $V = 1 \text{ m}^3$
- Sav- és lúgálló vegyszeradagoló szivattyú típusa: Perdollo RXM 3/20; $Q_{\max} = 10,8 \text{ m}^3/\text{h}$; $H_{\max} = 9 \text{ m}$

aktív szén utószűrő és vegyszer bekeverő osztott tartály (1 db)

- Tartály térfogata: $V = 3 \text{ m}^3$
- Hasznos térfogat: $V_h = 2 \text{ m}^3$
- Méretek: 2000 x 1000 x 1500 mm
- Szűrési felület: 2 m^2
- Aktív szén szűrőtöltet: Silcarbon SC40; szemcseméret: 4 mm; térfogatsúly: $450 \text{ kg}/\text{m}^3$; aktív felület: $1100 \text{ m}^2/\text{g}$
- Átemelő szivattyú típusa: Grudfos SP1-9A; $Q_{\max} = 1 \text{ m}^3/\text{h}$; $H_{\max} = 35 \text{ m}$

elektromos vezérlés – konténerben elhelyezve

IV. Üzemeltetés – 2020. június - július

V. Monitoring – 2020. júniustól

Az üzembe helyezés napja 2020. június 12. volt, ekkor történt az első mintavétel. A fenti, 6. táblázatban összesítettük a vizsgálati eredményeket.

A mintákat a vákuumgépbe befolyó (kezeletlen) talajvízből, a vákuumgépből elfolyó (kezelt vízből) képeztük, ezen felül egy vákuum kút (V10) és egy szikkasztó kút vizét (SZ10) is megvizsgáltattuk akkreditált laboratóriummal.

6. táblázat: A bodaszőlői (3. kísérleti helyszín) vizsgálati eredményei

| Minta jele | Dátum | µg/l | | | | | | | |
|----------------|------------|----------|----------|--------|-------------|----------|---------------------|------------|------------|
| | | TPH | Benzol | Toluol | Etil-benzol | Xilolok | Egyéb alkilbenzolok | Naftalinok | Összes PAH |
| "B" határérték | | 100,00 | 1,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 20,00 | 2,00 | 2,00 |
| "D" határérték | | 6 000,00 | 18,00 | 720,00 | 850,00 | 100,00 | 960,00 | 380,00 | 160,00 |
| Befolyó | 2020.06.12 | 1 340,00 | 2 320,00 | 2,00 | <1,0 | 223,00 | 147,00 | 22,51 | 0,09 |
| | 2020.06.19 | 3 780,00 | 4 050,00 | 49,00 | 188,00 | 1 240,00 | 1 460,00 | 34,84 | 1,73 |
| Elfolyó | 2020.06.12 | <50,00 | <0,20 | <1,00 | <1,00 | <2,00 | <15,00 | <0,03 | <0,02 |
| | 2020.06.19 | <50,00 | <0,20 | <1,00 | <1,00 | <2,00 | <15,00 | <0,03 | <0,02 |
| V10 | 2019.09.05 | 2 880,00 | 1 310,00 | 12,00 | 192,00 | 52,00 | 171,00 | nv | nv |
| | 2020.06.12 | 4 370,00 | 1 130,00 | 8,00 | 1,00 | 192,00 | 335,00 | 158,50 | 4,93 |
| | 2020.06.19 | 8 750,00 | 9 270,00 | 69,00 | 1 420,00 | 497,00 | 758,00 | 227,40 | 5,50 |
| | 2020.07.24 | 4 660,00 | 4 650,00 | 54,00 | 911,00 | 374,00 | 588,00 | nv | nv |
| SZ10 | 2020.07.24 | nv | <0,20 | <1,00 | <1,00 | 3,00 | <15,00 | nv | nv |

Jelmagyarázat:

nv – nem vizsgált

■ - „B” szennyezettségi határérték feletti koncentráció

■ - „D” kármentesítési határérték feletti koncentráció

Megállapítások:

A befolyó és elfolyó vízmintákat megfigyelve jól látható, hogy a befolyóban található igen változatos és nagymértékű szennyeződés a tisztítási folyamat végére megtisztul, a szennyezőanyagok koncentrációi „B” határérték alá csökkentek.

A V10 jelű vákuumkútban a koncentrációk növekednek, amelynek oka, hogy – a többi kísérleti területen tapasztaltakhoz hasonlóan - a vákuumnak köszönhetően a mélyebb, távolabbi területekről érkező szennyezettebb vizet is meg tudtuk mozdtítani. Az SZ10 szikkasztó kút szennyeződésmentessége megerősíti a VÁ-RE Clean rendszer eredményességét, hiszen az elfolyó vizet ezeken a kutakon keresztül szikkasztjuk el.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az ÖKOPROJECT EGER Környezetvédelmi Szolgáltató és Kereskedelmi Kft. 2017-ben nyerte el a Magyarország Kormánya által kiadott felhívásban meghirdetett prototípus-, termék-, technológia- és szolgáltatásfejlesztési pályázatot.

A „Prototípus fejlesztés az Ökoproject Eger Kft-nél” tárgyú projekt 2017. október – 2021. február között valósult meg.

A projekt előkészítő fázisában kétféle speciális laborkísérlettel igyekeztünk választ kapni arra a kérdésre, hogy a csak a vákuum-berendezéssel kitermelt víz milyen szennyezőanyag koncentráció csökkenést eredményez, továbbá illékony szénhidrogén szennyezés felszámolására alkalmas mikrobiológiai oltóanyag előállítása, tesztelése történt.

A helyszíni kísérletek 3 kísérleti helyszínen valósultak meg a projekt időtartama alatt, ahol a VOCl, TPH és BTEX szennyező eltávolításának lehetőségeit vizsgáltuk a tervek és a laboratóriumi kísérleti eredmények alapján kialakított VÁ-RE tisztító rendszer alkalmazásával.

A zalaegerszegi területen a kísérlet ideje alatt (9 hónap) 30 %-os szennyeződéscsökkenést figyeltünk meg a VÁ-RE System és a speciális oltóanyagok együttes használatának eredményeként. A területen elért sikerek eredményeként újabb megbízást kaptunk a VÁ-RE System alkalmazására.

A tiszavasvári tartálykísérlet – mely során 3 tartályban különböző tisztítási folyamatokat modelleztünk – vizsgálati eredményei alapján, kijelenthető, hogy a VÁ-RE System, a PermeOx és a kifejlesztett mikrobiológiai oltóanyag felhasználásával külön-külön is alkalmas a nagy VOCl és egyéb szénhidrogén-származékokkal szennyezett területek teljeskörű megtisztítására.

A bodaszőlői kísérleti helyszínen az 5 vákuumkúton keresztül kitermelt szennyezett talajvíz a tisztítási folyamat végére megtisztult, a szennyezőanyagok koncentrációi „B” határérték alá csökkentek. A területen a nehézkes vízkivétel miatt speciális földmunkákat végeztünk.

A kísérletek azt mutatják, hogy a VÁ-RE System alkalmazásával a kármentesítéshez szükséges idő messze menően lecsökken a korábban alkalmazott kármentesítési technikához viszonyítva. A feladat méretei miatt a konténerben a berendezésnek csak bizonyos elemei helyezhetők el, ami nem befolyásolja a berendezés/rendszer alkalmazásának lehetőségét vagy az alkalmazás által elérhető hatékonyságot.

A kísérleti területek összehasonlító elemzése alapján megállítható, hogy a BTEX szennyeződés önmagában véve csak a vákuumozás hatására jobb hatásokkal számolódik fel üzemi körülmények között, mint a VOCl szennyeződés, ennek pontosításához további vizsgálatok szükségesek.

Eger, 2023. május 4.

ÖKOPROJECT EGER KFT
3300 Eger, Szvorényi út 10.
Adószám: 12515886-2-10



.....
Fekete Zsolt
okleveles vízépítő mérnök
környezetvédelmi szakértő
ügyvezető


























MELLÉKLETEK

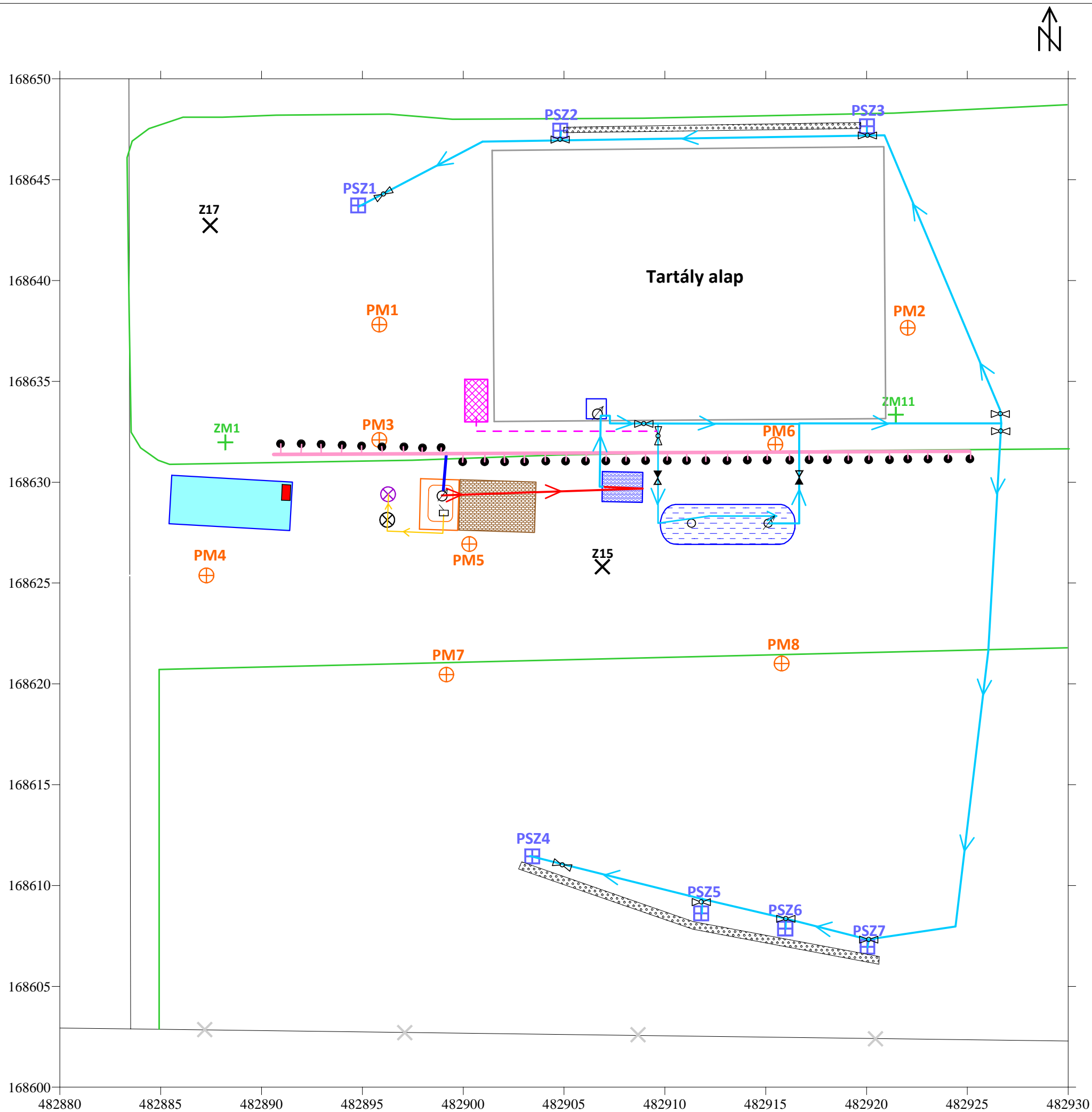
I. TÉRKÉPEK, RAJZOK


1. Az 1. kísérleti helyszín (Zalaegerszeg) részletes helyszínrajza
2. A 2. kísérleti helyszín (Tiszavasvári) részletes helyszínrajza
3. A 3. kísérleti helyszín (Bodaszőlő) részletes helyszínrajza

II. FOTÓDOKUMENTÁCIÓ

JELMAGYARÁZAT:

- | | | | | | | | |
|---|------------------------|---|--------------------------|--|-------------------------------------|---|---------------------------------|
|  | Konténer |  | Vízgyűjtő tartály |  | Vákuum kútsor |  | PSZ2 Szikkasztó kutak |
|  | Vákuum kompresszor ház |  | Reaktor tartály (25 m3) |  | Vákuum kutakat összekötő csővezeték |  | PM3 Monitoring kutak |
|  | Raktár épület |  | Cseppeválasztó |  | Vízgyűjtő vezeték |  | Egyéb a területen meglévő kutak |
|  | Szűrőtartály |  | Aktív szénos levegőszűrő |  | Szennyezett víz vezeték |  | Szabályozó csapok |
|  | Vegyszertartály |  | Vezérlés |  | Tisztított víz vezeték |  | Visszacsapó szelep |
| | | | |  | Szennyezett levegő vezeték |  | Vákuum kompresszor szivattyú |
| | | | |  | Kavicolt drénárok dréncsővel |  | Vízszállító szivattyú |
| | | | |  | Mikrobiológiai oltóanyag vezeték | | |



| | | | | |
|---|---|--|-------------------------|--|
|  | ÖKOPROJECT EGER | | | |
| | Környezetvédelmi Szolgáltató és Kereskedelmi Kft. | | | |
| | 3300 Eger, Szvorényi út 10. | | | |
| | Tel: 36/411-103, 516-815, 516-816; Fax: 36/517-316; okopro@okopro.t-online.hu | | | |
| Munka megnevezése: | | PROTOTÍPUS FEJLESZTÉS AZ ÖKOPROJECT EGER KFT-NÉL GINOP-2.1.7.-15-2016-00797 | | |
| Felelős tervező: Fekete Zsolt | Ugyvezető: Fekete Zsolt | Témafelelős: Hágerné Zsipi Vanda | Rajz címe: | A zalaegerszegi kísérleti terület részletes helyszínrajza |
| Rajz szerkesztő: Hágerné Zsipi Vanda | Megrendelő: | Méretarány: 1:200 | Rajzsám: I/1. | Dátum: 2023. április |

Jelmagyarázat:

• • • • Vákuum kutak



Vákuum gépház



Cseppleválasztó



Aktív szenes levegőszűrő



Kísérelti tartályok



Csapok



Elektromos vezérlés

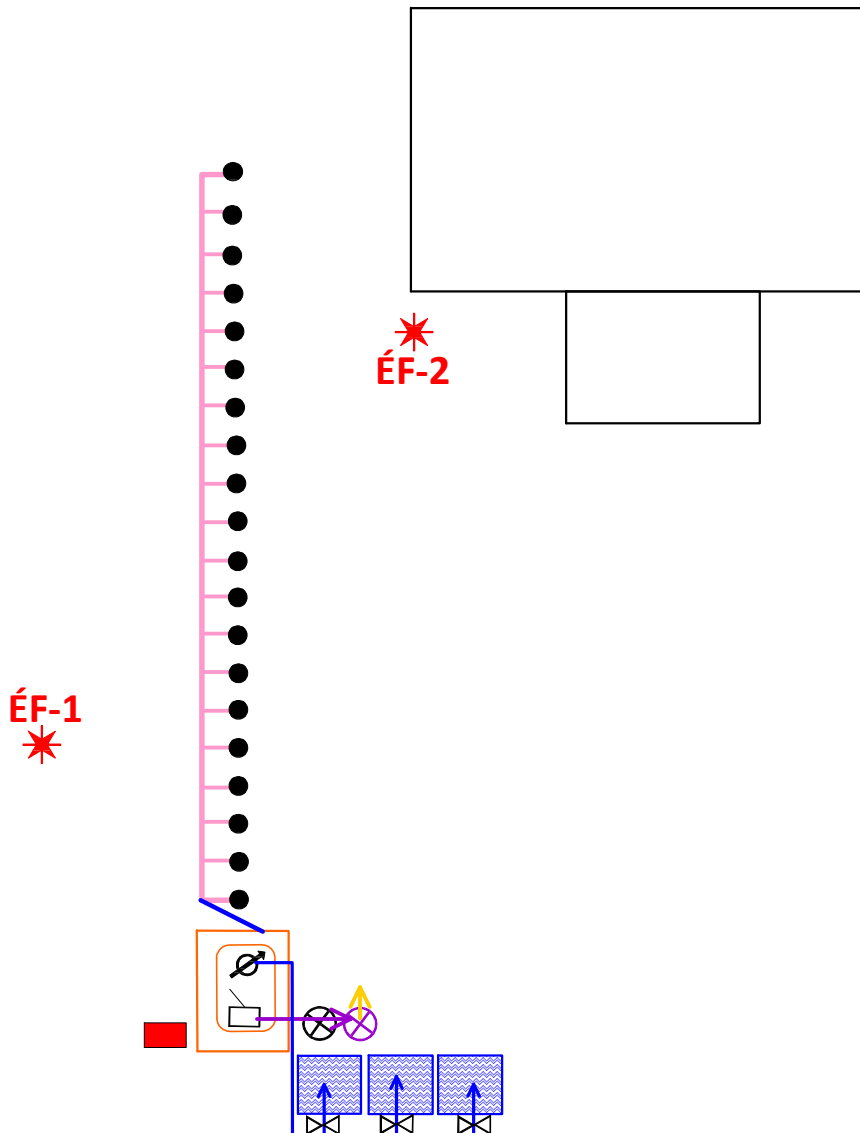
— Vákuum kutakat összekötő csővezeték

— Szennyezett víz vezeték

— Szennyezett levegő vezeték

— Tisztított levegő vezeték

* Észlelő furatok



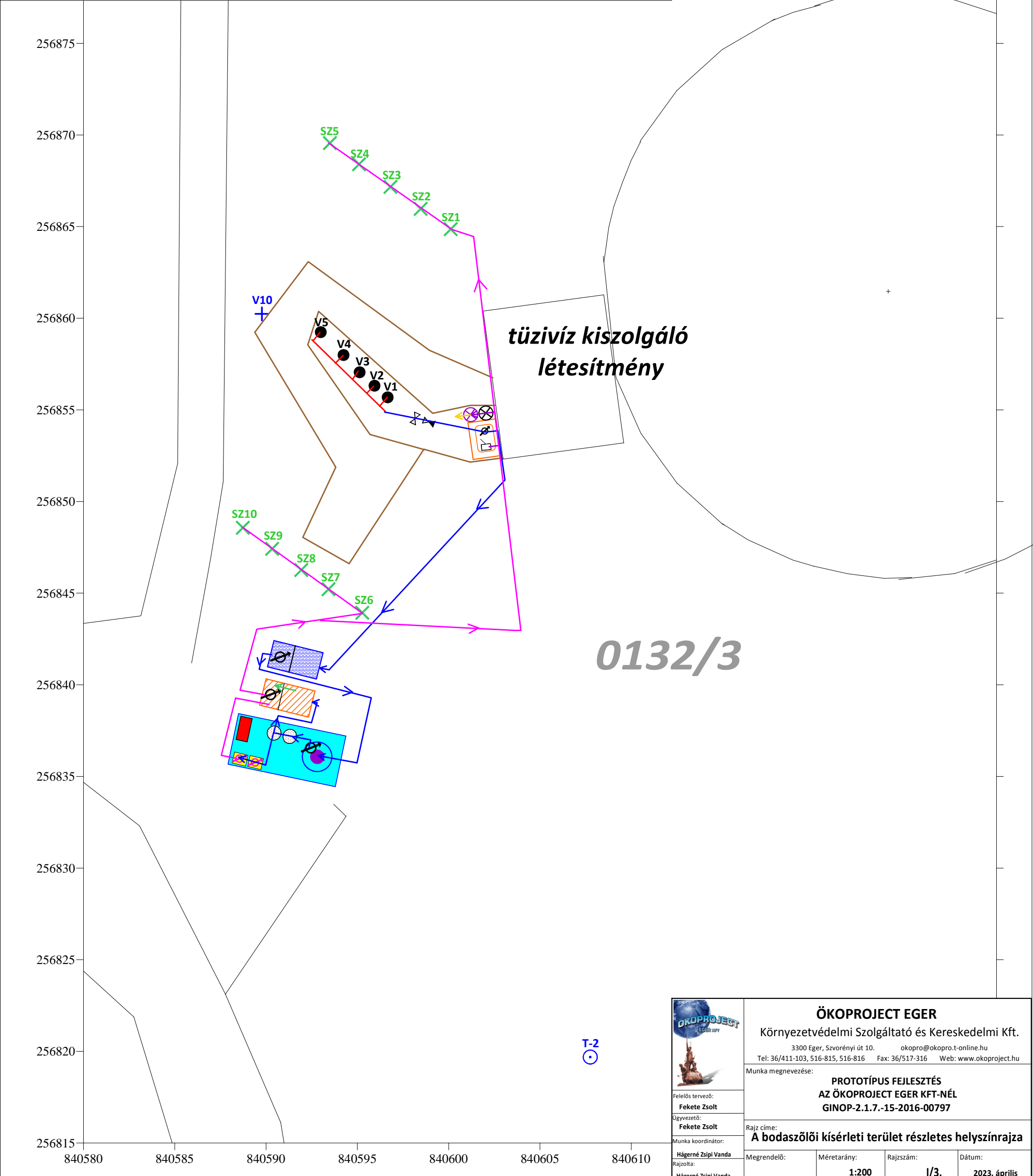
| | | | | |
|--|---|-------------|-------------|--------------------------------|
| | ÖKOPROJECT EGER Környezetvédelmi Szolgáltató és Kereskedelmi Kft. 3300 Eger, Szvorényi út 10. Tel: 36/411-103, 516-815, 516-816; Fax: 36/517-316; okopro@okopro.t-online.hu | | | |
| | Munka megnevezése: PROTOTÍPUS FEJLESZTÉS AZ ÖKOPROJECT EGER KFT-NÉL GINOP-2.1.7.-15-2016-00797 | | | |
| Felelős tervező: Fekete Zsolt | Rajz címe: A tiszavasvári kísérleti terület részletes helyszínrajza | | | |
| Ügyvezető: Fekete Zsolt | Megrendelő: | Méretarány: | Rajzsám: | Dátum: 2023. április |
| Témafelelős: Hágerné Zsipi Vanda | Rajzserkesztő: Hágerné Zsipi Vanda | | I/2. | |

Jelmagyarázat:

- • • • Vákuum kutak
-  Vákuum gépház
-  Talajvíz tisztító berendezés elemei konténerben elhelyezve
- × SZ-1 Kiépített szikkasztó kutak
-  Vákuum kutakat összekötő csövezeték
-  Szennyezett víz vezeték
-  Tisztított víz vezeték
-  Szennyezett levegő vezeték
-  Tisztított levegő vezeték
-  Vegyszerrel kevert víz vezeték
- ⊗ Cseppleválasztó
- ⊗ Aktív szénese levegőszűrő
-  Ülepítő-, olajfogó-, kiegyenlítő tartály
-  Sztrippelő
-  Átemelő tartály
-  Nyomás alatti AC szűrők
-  Utószűrő/vegyszer bekeverő tartály
-  Vegyszertartályok
-  Vezérlés
-  Átemelő szivattyú
-  Vegyszeradagoló szivattyú
-  Csapok
- v10+ Mintavételi kút



F-6



| | | | |
|--|-------------|-----------|---------------|
| ÖKOPROJECT EGER | | | |
| Környezetvédelmi Szolgáltató és Kereskedelmi Kft. | | | |
| 3300 Eger, Szvorényi út 10. okopro@okopro.t-online.hu | | | |
| Tel: 36/411-103, 516-815, 516-816 Fax: 36/517-316 Web: www.okoproject.hu | | | |
| Munka megnevezése: | | | |
| PROTOTÍPUS FEJLESZTÉS AZ ÖKOPROJECT EGER KFT-NÉL GINOP-2.1.7.-15-2016-00797 | | | |
| Rajz címe: | | | |
| A bodaszőlői kísérleti terület részletes helyszínrajza | | | |
| Megrendelő: | Méretarány: | Rajzszám: | Dátum: |
| | 1:200 | I/3. | 2023. április |

Felelős tervező:
Fekete Zsolt

Ügyvezető:
Fekete Zsolt

Munka koordinátor:
Hágerné Zsipi Vanda

Rajzolta:
Hágerné Zsipi Vanda

1. kísérleti helyszín: Zalaegerszeg





II. melléklet FOTÓDOKUMENTÁCIÓ



II. melléklet FOTÓDOKUMENTÁCIÓ





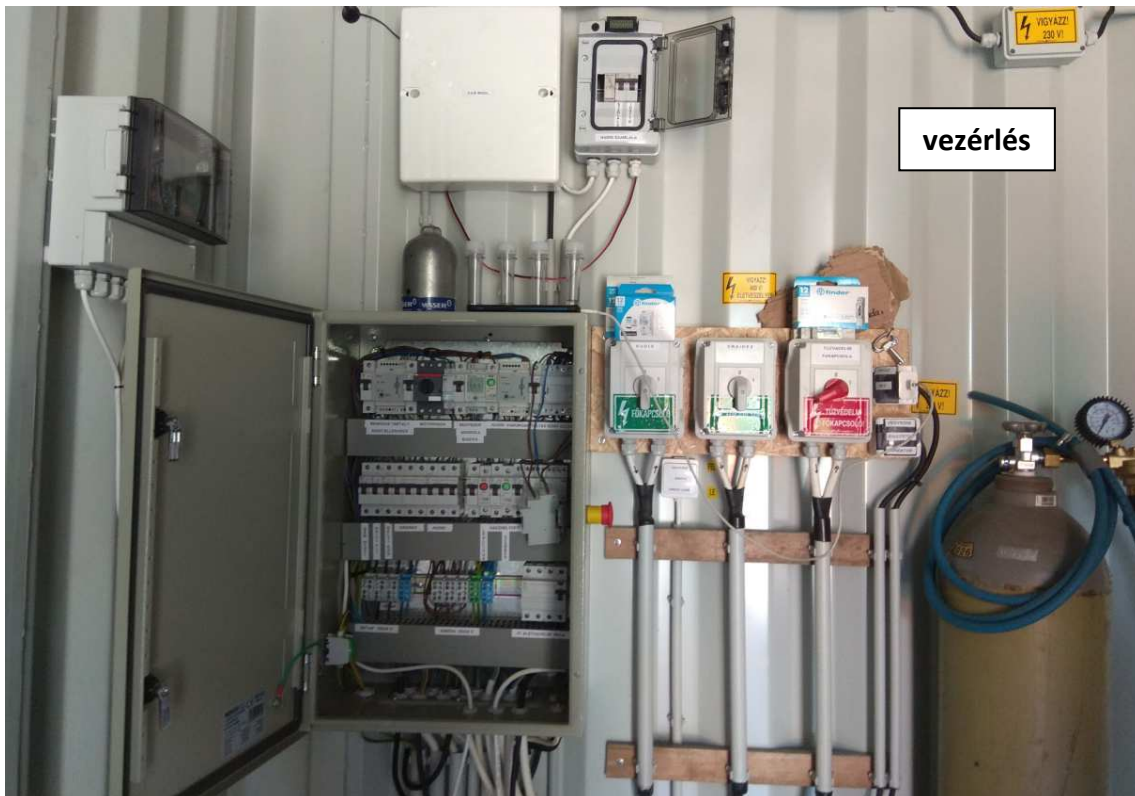
vegyszer tartályok



mikrobiológiai oltóanyag



folyamatvizsgáló távadó
rendszer elektródája és
vezetékei egy kútban



vezérlés

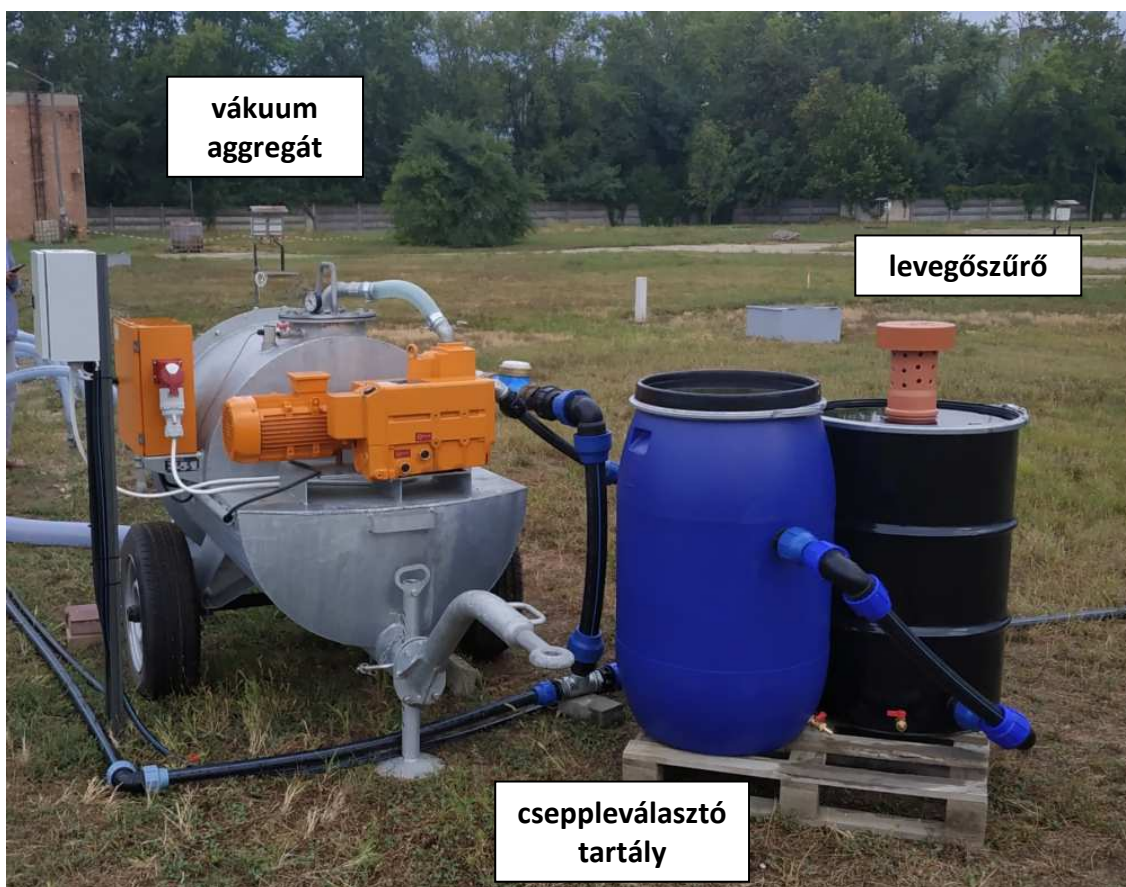


szikkasztó kutak
és drénárok

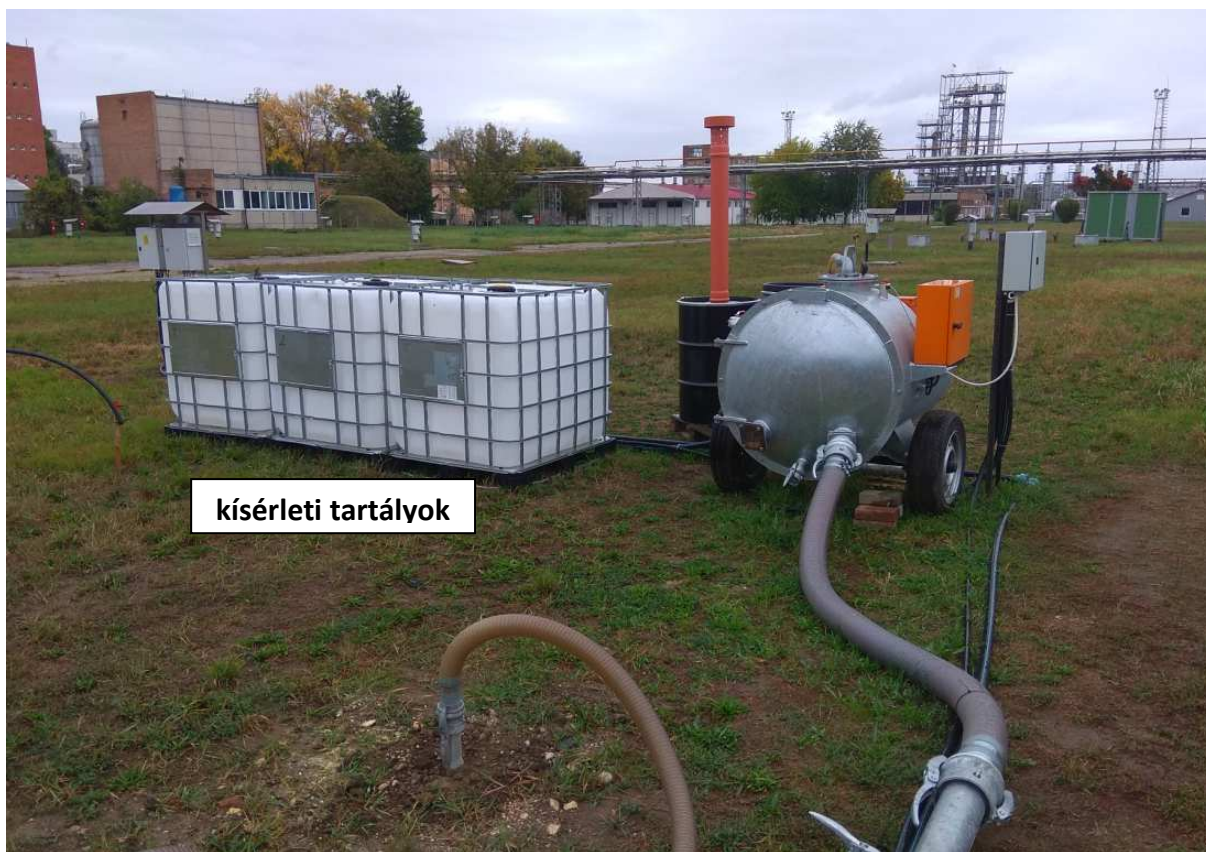


monitoring kút

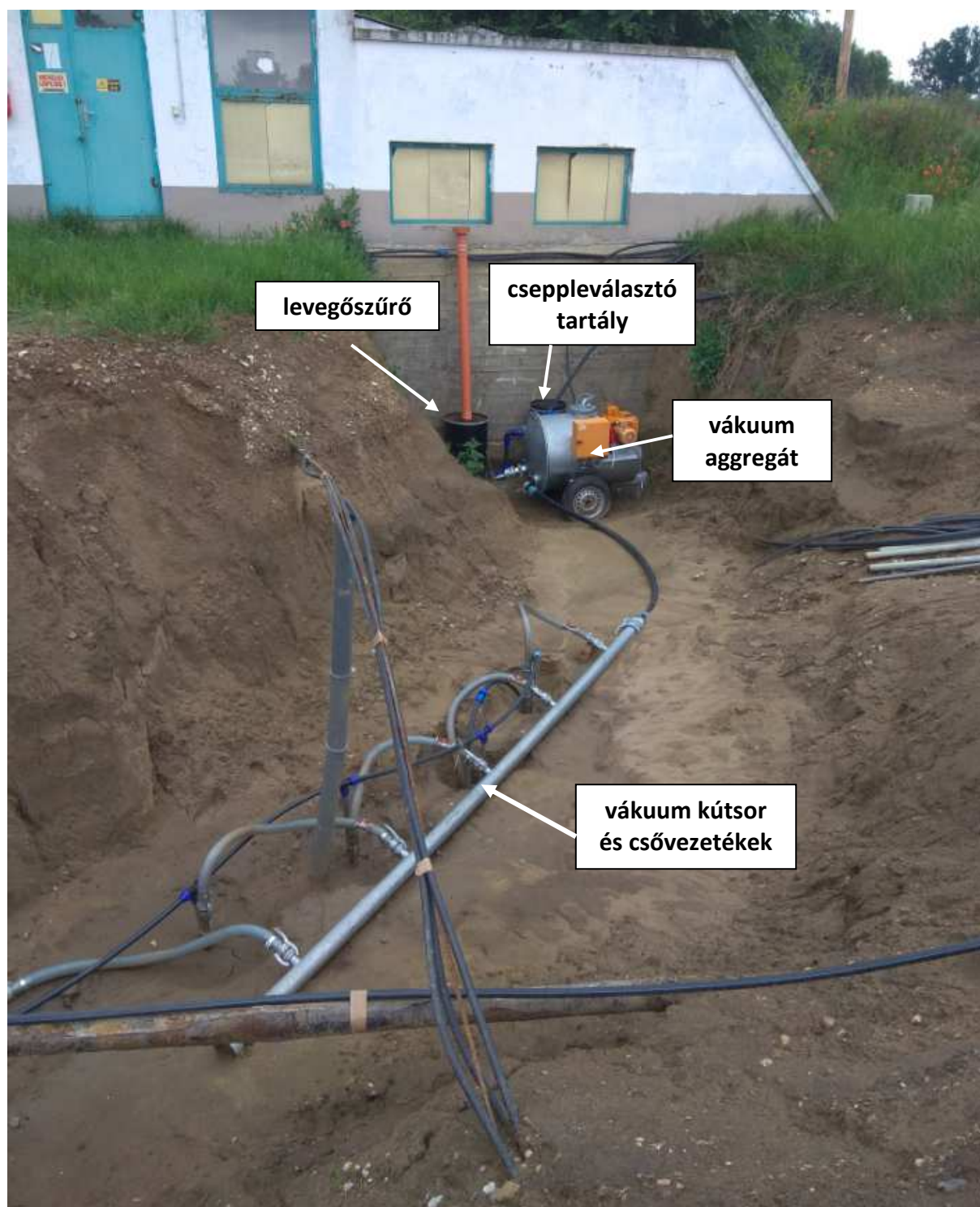
2. kísérleti helyszín: Tiszavasvári



II. melléklet FOTÓDOKUMENTÁCIÓ



3. kísérleti helyszín: Bodaszőlő





szikkasztó kutak



szikkasztó kutak

