



**ÓBUDAI EGYETEM**

Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar  
Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet

**Fúrógéppel történő magminta, és bolygatott talajminta  
közötti minőségi különbség vizsgálata**

**Examination of the quality difference between a core sample  
with a drilling machine and a disturbed soil sample**

**OE-RKK  
2021.**

Hallgató neve: **Flanek Máté**  
Hallgató törzskönyvi száma: T2518/FI12904/R



## ÓBUDAI EGYETEM

Rejtő Sándor Könnyűipari és  
Környezetmérnöki Kar Környezetmérnöki és  
Természettudományi Intézet

### SZAKDOLGOZAT KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve: Flanek Máté

Neptun Kód: G1QX59

Tagozat: levelező

Telefon:

30- 851- 1106

Levelezési cím:

mateus994@gmail.com

Szakdolgozat címe magyarul:

Fúrógéppel történő magminta, és bolygatott talajminta közötti minőségi különbség vizsgálata

Szakdolgozat címe angolul:

Examination of the quality difference between a core sample with a drilling machine and a disturbed soil sample

Intézményi konzulens:

Dr. Biczó Imre László

Külső konzulens:

Török Tamás (Geológus, Környezetvédelmi és vízügyi tervező)

Kérjük, hogy az adatokat nyomtatott nagy betűkkel írja!

Alk.	Dátum	Tartalom	Alíráás
1	2021. 02. 08.	A dolgozat végleges vázlat pontjainak megbeszélése.	<i>A. Biczó</i>
2	2021. 03. 28.	Anyag és módszer kidolgozása, terület kiválasztása.	<i>A. Biczó</i>
3	2021. 04. 25.	Eredmények megvitatása.	<i>A. Biczó</i>
4	2021. 05. 20.	A dolgozat véglegesítése.	<i>A. Biczó</i>

A Konzultációs naplót összesen 4 alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.

A hallgató a „Szakdolgozat” tantárgy aláírási követelményét teljesítette.

*Dr. Biczó Imre László*

Intézményi konzulens

Budapest, 2021. V. 20.

V/6.sz.melléklet



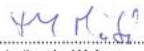
ÓBUDAI EGYETEM

Rejtő Sándor Könyvüipari és Környezetmérnöki Kar

## HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott **Flanek Máté** hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2021.04.28.

  
.....  
hallgató aláírása



Óbudai Egyetem  
Rejtő Sándor Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar  
Környezetmérnöki és Természettudományi Intézet

### SZAKDOLGOZATFELADATLAP

**Szakedolgozat száma:** SZD2103051.0019675

**Törzskönyvi száma:** T2518/FI12904/R

**Neptun kódja:** G1QX59

**Szak:** Környezetmérnök levelező Bsc

**Specializáció:** Zöld energia specializáció

**A dolgozat címe:** Fúrógéppel történő magminta, és bolygatott talajminta közötti minőségi különbség vizsgálata.

**A dolgozat címe angolul:** Examination of the quality difference between a core sample with a drilling machine and a disturbed soil sample

**A feladat részletezése:**

A szakdolgozatában fúrógéppel történő magmintavétel, illetve bolygatott mintavétel közötti különbségről írjon.

Célja, hogy a két mintavétel közül kiderüljön melyik a reprezentatívabb.

Térjen ki egy speciális fúrógép bemutatására.

Ismertesse a talajmintavételi eljárásokat, és köztük lévő különbségeket.

A mintákat akkreditált analitikai laboratóriumban vizsgálta meg.

Az eredményeket értékelje.

A kapott eredmények alapján tegyen javaslatot a reprezentatívabb mintavétel alkalmazására.

**Intézményi konzulens neve:** Dr. Biczó Imre László

**A kiadott téma elévülési határideje:** 2023. július 5.

**Beadási határidő:** 2021. 05. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021.04.08.



*Bodó László*  
Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2021. 05. 15.

*Dr. Biczó Imre*  
belső konzulens

.....  
külső konzulens

## Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS.....	5
1.1 Környezet, illetve talajvédelem múltban és napjainkban.....	5
1.2 Célkitűzések.....	6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	7
2.1 Környezetvédelmi szabályozások.....	7
2.2 Talaj lehetséges szennyeződési formái.....	8
2.2.1 Az olaj mozgása a talajban.....	11
2.3 Kárelhárítási technológiák.....	13
2.4 Katonai repülőtéri szennyezések jellemzése.....	15
2.5 Környezetfizikai mintavételezés bemutatása.....	19
2.6 Talajtérképezési és mintavételi módszertan kialakítása.....	21
2.7 Modell alapú talajmintavétel.....	22
3. HIPOTÉZISEK.....	23
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	24
4.1 Fúrógép működési elve.....	24
4.2 Fúrógép bemutatása.....	26
4.2.1 Technikai adatok.....	27
4.2.2 Tartozékok, szerszámok, kiegészítők.....	28
4.2.3 Kezelési felület.....	29
4.3 Kézi magminta vevő bemutatása.....	31
4.3.1 Mintavétel folyamata a kézfúróval.....	31
5. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK.....	33
5.1 Mintavételi terület előzetes felmérései, történelme.....	33
5.2 Mintavétel pontos helye, és ideje, technológiája.....	36
5.2.1 LOG-PLOT.....	58
5.2.2 Laboratóriumi eredmények kiértékelése.....	61
6. ÖSSZEGZÉS.....	71
7. SUMMARY.....	73
8. IRODALOMJEGYZÉK.....	75

## 1.BEVEZETÉS

### 1.1 Környezet, illetve talajvédelem múltban és napjainkban

Őseink, akik gyűjtögető életmódot éltek, ritkán okoztak kárt a környezetben. Később, ahogy teltek az évtizedek, évszázadok, a föld megművelésére való áttérés, majd az ércek bányászata, és a fémkohászat, valamint a közlekedés fejlődése egyre súlyosabb környezetszennyezést indított el az ipari forradalmak során. Az ipari termelés gyors ütemű fejlődése, melyhez soroljuk például James Watt gőzgépét és a széntüzelésű kazánok megjelenését, ezek eredményezték, hogy a városok levegőjét kéntartalmú füst és por szennyeződés borította el. Az első ipari forradalom bölcsője Anglia volt, így a XVIII. századi angliai városokról gyakran láthatunk képeket, ahogy a gyárkémények füstje csúfítja el az eget.

A globalizációnak köszönhetően a modern társadalmakban újszerű környezeti szennyeződések jelentek meg a XX. század közepétől kezdve. Ide tartozik a zajszennyezés, a sugárszennyezés, valamint nagy kárt okoznak a mezőgazdaságban manapság alkalmazott vegyszerek számának növekedése. Általánosan elterjedt már a műtrágyák, rovarölőszerek, gyomirtók használata. Ennek következtében roncsolódik a termőtalaj és átformálódnak a természetes élő közösségek. Talajnak nevezzük azt a komplex rendszert, amely a felszíni, illetve felszínhez közeli kőzetek mállásával, az időjárás és a társult élővilág együttes hatásának eredményeként jött létre. [3]

Az emberi egészségre is hatást gyakorol, hiszen a talajnak szerepe van egyes betegségek terjesztésében, például a rovar- és féregpeték okozta megbetegedések esetében és az ivóvíz mikro- és makroelem-összetételének kialakításában. Ugyanakkor befolyásolja a levegő minőségét, abban jelenlévő por és gázok arányát, mennyiségét, és a klíma alakulását is, melynek fontos részét alkotja a növényzet és a domborzat. Szennyezettsége a hétköznapi emberek egészségét magas szinten befolyásolja.

Röviden összefoglalva a talaj biológiai aktivitása a következőképpen épül fel. Mint természetes hulladékbefogadónak, öntisztulása során a szennyező szerves anyagok szerves anyagokká mineralizálódnak, valamint a patogén mikroorganizmusok elpusztulnak, ez a geociklus. Így szennyezett talajról akkor beszélhetünk, ha a

szennyeződés mértéke meghaladja öntisztuló képességét. Ekkor a természetes alkotórészekon kívül mennyiségileg és/vagy minőségileg olyan anyagokat és élő szervezeteket tartalmaz, amelyek károsítják a talaj biológiai egyensúlyát, tartósan korlátozzák felhasználhatóságát, valamint egészségkárosodást okoznak direkt vagy indirekt módon.

Ezért fontosnak tartom, hogy mindenki elsősorban a saját környezetében figyeljen a károsító magatartás kerülésére. Globális problémák megoldására gyakran kevésnek érezzük magunkat, politikai vagy gazdasági háttérrel sejtünk a döntések háttérében. Ám ez semmiben sem befolyásolja azt, hogy saját magukért, környezetünkben élőkért tudunk felelősséget vállalni.

Bármilyen állami vagy kontinentális intézkedéseket, egyezményeket, szövetségeket hoztak létre az országok vezetői, összességében a romlási folyamatot nem sikerült megállítani. A globális problémákra vonatkozó előrejelzések sorra igazolást nyertek, melyek közé sorolhatjuk a savasodást, üvegház hatást és az ózonlyuk kérdését többek között. [7]

Szerencsére manapság már egyre fontosabb a környezetünk védelme, mert rájött az ember, hogy ha ez így megy tovább, akkor más bolygót kell keresnünk, mert ez a bolygó élhetetlen lesz. Jogilag is büntetik azt, aki szennyezi a környezetet, és utána a szennyezést kármentesítenie kell.

## **1.2 Célkitűzések**

Kutatásomban összehasonlítok két különböző eszközzel végzett talajmintavételi folyamatot, melynek eredményeit elemzem. Ehhez egy AMS Környezeti mintavevő kézfűrőt használok, valamint egy Borro típusú terepjáróra szerelhető geotechnikai fűrógépet. Dolgozatomban áttekintem a témához elengedhetetlen ismereteket. Főbb pontjai a következők:

- Fúrási technológia leírása
- Mintavételi eljárás folyamatának ismertetése
- Kárelhárítási technológiák bemutatása
- Talajszennyeződési formák, és előfordulásuk
- Vizsgálom a Tököli katonai repülőtér speciális jellemzőit.
- A szakszerű talajmintavételezés bemutatása

## 2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1 Környezetvédelmi szabályozások

Dolgozatom elkészítéséhez a kutatásom során többféle eljárást kellett alkalmaznom. Az eredményességhez nagyban hozzájárul, hogy milyen technikát használok egy adott kutatási szakaszban. Célom volt, hogy a lehető legjobban megtaláljam, így fontosnak tartom ezek kiemelését.

Újdonságként a magyar követelményrendszerbe bekerült kettő fajta komplex előírás az Európai Unió környezetjogának közvetítésével. Az egyik a BAT, melyet többek közt az integrált szennyezés-megelőzési és ellenőrzési rendszerben, a levegővédelemben, a hulladékgazdálkodásban alkalmazzák. Másodikat pedig a víz-, illetve talajvédelem egyes speciális területein, főleg agrár környezetvédelemben hasznosítják alkalmazzák, ez a mezőgazdasági tevékenység körében alkalmazott „helyes gazdálkodási gyakorlat”.

Az előírások a következők:

1. Az ipari, (ipari módszerekkel végzett mezőgazdasági), a szolgáltatási és energetikai szektorokban alkalmazható, úgynevezett „elérhető legjobb technika”, illetve elérhető legjobb technikák, más néven: best available technics, vagyis BAT-ok. Ezek a műszaki értelemben vett technológiák mellett az alkalmazott tervezési, szervezési, megvalósítási, működtetési, karbantartási megoldásokra is kiterjednek. Az ágazati szinten összeállított BAT dokumentumokban általában nem egyetlen konkrét technikáról van szó, hanem többről, amelyek közül választani lehet, majd az azt követően megkapott engedély rögzíti a ténylegesen alkalmazásra kerülő technikát.
2. A mezőgazdasági tevékenység körében alkalmazott „helyes gazdálkodási gyakorlat”, valamint a jó mezőgazdasági és környezeti állapot követelményei adják a másik típust. Ezek a technikák növényvédelemtől a trágyázáson át egészen az üzemi terület tisztántartásáig meghatározzák az egyes tevékenységfázisok megengedett és tiltott formáit.



A XX. század végén született egy törvény, az „1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól”, melyet Kvt-nek rövidít a hivatalos szakirodalom. [12] Ennek alapján a BAT jelenti a korszerű technikai színvonalnak, és a fenntartható fejlődésnek megfelelő módszert, üzemeltetési eljárást és berendezést. Ezeket a kibocsátások, környezetterhelések megelőzése vagy rosszabb esetben csak csökkentése, valamint a környezet egészére gyakorolt hatás mérséklése érdekében alkalmazzák. Ezt vesszük alapnak a kibocsátások határértékének és mértékének megállapításához. Így elmondhatóak az alábbiak:

- Legjobbnek azt nevezzük, amely a leghatékonyabb a környezet egészségének magas szintű védelme érdekében.
- Az elérhető technika az, aminek fejlesztési szintje megengedi az érintett ipari ágazatokban történő alkalmazását. Ez elfogadható műszaki és gazdasági feltételek mellett valósul meg, figyelembe véve a költségeket és előnyöket. Független attól, hogy a technikát az országban állítják elő vagy használják, amennyiben az az üzemeltetőnek ésszerű módon hozzáférhető.
- A technika fogalmába beletartozik az alkalmazott technológia és módszer, amelynek alapján a berendezést tervezik, építik, karbantartják, üzemeltetik, valamint a működését szüneteltetik, esetleg véglegesen megszüntetik vagy a környezet helyreállítását végzik. Ilyen formán berendezésnek a technológiát és a létesítményt nevezik. [12]

A Kvt szerint a talajvédelemmel kapcsolatos feladatok a földhasználót terhelik elsősorban, de az államnak és a beruházónak, aki általában a környezethasználó, nekik is vannak e téren kötelezettségeik.

A szakszerű és pontos talajmintavételezés célkitűzéseim között is szerepel, ugyanis számomra kifejezetten fontos, hogy a környezet egészségének magas szintű védelme érdekében a lehető legjobb technikát alkalmazzam.

## **2.2 Talaj lehetséges szennyeződési formái**

A talajt károsító szennyeződéseknek sajnos rengeteg előfordulási módjuk van. Én szakdolgozatomban a szénhidrogént választottam, valamint felmértem annak

mennyiségét. Az eredmények elemzése előtt röviden összefoglalom, hogy miért káros a szénhidrogén szennyezés, valamint a talajban történő mozgását bemutatom.

A szennyezőanyagok a talajban lehetnek szervesek és szervetlenek, a szénhidrogének a szerves anyagok közé tartoznak. Veszélyessége abban rejlik, hogy akár szájon át, belélegezve és bőrön keresztül felszívódva is toxikus hatású, mely érinti az állatokat és az emberi szervezetet is. [14]

Szénhidrogének többféle módon is keletkezhetnek. Lehet kőolajképződés folyamán, tüzelőanyagok és üzemanyagok elégetése során, valamint erdők és lapterületek égésekor. Mindig megtalálható a füstgázokban, cigarettafüstben, illetve a gépjárművek kipufogó gázában is. A kőolajfinomítók körül, valamint a kőolajvezetékek közelében, vasúti lefejtők és gázgyárak környékén a PAH szennyezés veszélye nagy, melynek a poliaromás szénhidrogéneket nevezzük. Ebbe a vegyületcsoportba tartoznak a minimum három kondenzált aromás gyűrűt tartalmazó hidrofób, rezisztens anyagok, például az antracén, a fenantrén, a pirén és a benzpirén. Ennek a vegyületcsoportnak rákkeltő hatása bizonyított tény. [14]

A szénhidrogéneket a talajba kerülve a humuszanyagok megkötik, a PAH vegyületek fennmaradási ideje, vagyis perzisztenciája kicsi, mert 6 hónap alatt lebomlanak. Vannak balesetek, mikor nagy mennyiségben kerülnek szerves szennyező anyagok, általában ez a kőolaj szokott lenni. A talajszennyeződés úgy keletkezik általában, hogy a kőolajat szakszerűtlenül tárolják, vagy a feldolgozás, kitermelés során keletkezik valamilyen pontatlanság, esetleg a belőle készült termékek szállítása folyamán. A keletkezett kár mértékét nagyban befolyásolja a talajra került olaj vagy származék tulajdonsága, mennyisége, és a környezeti feltételektől is függ a veszély. Ide sorolhatjuk az éghajlatot, talajvíz mennyiségét, és a talaj tulajdonságait többek között. A benzin, a közép-párlatok és a kenőolajok okozzák általában a nagyobb mértékű talajszennyezést, de a legveszélyesebbek a vízben oldódó mozgékony vegyületek, hiszen a talajvízbe vagy a vízgyűjtőkbe kerülhetnek, óriási károkat okozva. [14]

Biológiai szempontból fontos megemlítenünk pár adatot a szennyező anyagok bomlásáról. Azok, melyek a földtani közegben találhatóak, és nagyszámban jelen vannak, általában aerob vagy anaerob feltételek mellett bomlanak le. Elsősorban aerob folyamatokra irányultak a kutatások, de mára tudjuk, hogy az anaerob körülmények is

legalább akkora jelentőségűek. Viszont nem alaptalan ez a hozzáállás, mert a dolgozatot érintő szénhidrogének esetében is az oxigénnel van dolgunk. Mert oxigén jelenlétében kifejezetten nagy a bomlási sebessége a szénhidrogéneknek, aromás szénhidrogéneknek. [6]

Vizsgálataimban a következő talajminta típusokra kértem bevizsgálást:

- Poliaromás szénhidrogének (PAH)
- Illékony aromás szénhidrogének (BTEX)
- Összes ásványolaj szénhidrogén (TPH)

Környezetvédelmi szempontból olajnak csak a kőolajat és a belőle származó termékeket tekintjük, ez a TPH csoport, vagy is a Total Petroleum Hydrocarbons.

A kőolaj fő összetevői:

- Alifás szénhidrogének, melyek közé soroljuk a nyílt láncú, és az elágazó szénhidrogéneket.
- Aromások és kis aromások.

Őhozzájuk tartozik többek között a benzol, naftalin, alkilbenzol, alkilnaftalin, valamint a PAH-ok, ahová sorolható, mint már említettem korábban a súlyos egészségügyi kockázatot jelentő benzapirén többek között.

A kőolaj egy része a mikrobák számára könnyen hozzáférhető formában van jelen, ami veszélyes lehet, mert a biológiai sokszínűséget támadva gyorsan elkezdik lebontani, ezt a folyamatot nevezzük biodegradációnak. Ennek következménye, hogy a szennyezés összetétele gyorsan változik, így becsúszhat könnyen valamilyen analitikai elemzési probléma. Ezért elengedhetetlen a minta előkészítése és tartósítása. [5]

Az apoláris szerves vegyületek tárolása nem történhet műanyag edényben, ezért természetesen üvegedényt használunk az olajszennyezések mintavételezésénél. UV hatására gyorsan degradálódnak a minták, ezért barna vagy sötét üveget alkalmazunk, mely záró fedelén elengedhetetlen a teflon bevonat. Erős apoláris tulajdonságuk miatt könnyen megtapadnak az üveg falán, ezért amint bekerül a laborba, megközelítőleg 10 százalékos arányban acetonnitrilt vagy metanolt tesznek a mintához, vagyis tartósítják. Ez a többi biológiai folyamatot is leállítja. Tárolásuk hűtőszekrényben történik, amíg arra nincs lehetőség szállítás során akkor hűtőládában, hogy a különféle biológiai és kémiai

folyamatok sebessége minimálisra csökkenjen. [5] Bár munkáim során találkoztam már sajnos olyan esettel is, ahol egy másik cég munkatársai bedobálva adták át a mintásüvegeket, egy kartondobozban, rendszerezés, védőfólia és hűtés nélkül. Tehát nem mindenhol figyelnek ezekre az előírásokra egyenlő mértékben.

A TPH vegyületek egy lépéses vizsgálata általában gázkromatográfiával történik. Az ásványolaj szennyezés miatt bevizsgálatandó mintákat pedig a mérési módszer értelmében

különböző tulajdonságú csoportokra osztják:

- Illékony, ásványolaj eredetű szennyezések (VPH)
  - BTEX vegyületek (benzol stb.)
  - Naftalinok, naftalinszármazékok (PAH vegyületekhez tartoznak)
- Extrahálható, ásványolaj eredetű szennyezések (EPH)
- A poliaromás vegyületeket (PAH) külön csoportként jelöli a szakirodalom, mert a legtöbb esetben külön mérendő a rá vonatkozó speciális egészségügyi és környezetvédelmi követelmények miatt. [5]

### **2.2.1 Az olaj mozgása a talajban**

A szénhidrogén mozgásának feltérképezésekor fontos, hogy tisztába legyünk az adott terület környezeti adottságaival. Ha szénhidrogén szennyezést szeretnénk felmérni vagy akár kármentesíteni, tudnunk kell azt, hogy az olaj hogyan mozog a talajban vagy a talajvízben.

A következőkben leegyszerűsítve ábrázolom és megvizsgálom azt a folyamatot, hogy miként kerül a felszínen kiömlött olaj a talajba, talajvízbe és hogyan okoz ott szennyezést. Az olaj talajban történő mozgásánál alapvető különbséget kell tenni az olajnak, mint fázisnak szétterülése, valamint a vízben oldott olaj mozgása között. Mert amíg az oldott anyagok a talajvízzel és a szivárgó vízzel együttesen vándorolnak, addig az olaj a laza kőzetekben, talajokban összefüggő olajtestet képez. Amikor olaj hatol be a talajba, történetesen a nehézségi erő hatására húzódik lefelé és egy úgynevezett olajtest alakul ki. Ennek alakja és nagysága többféle dologtól függ, például a talaj és az alatta elhelyezkedő földtani közeg nemétől és szerkezetétől, és az olaj mennyiségétől és fizikai tulajdonságaitól. [11]

Először egyenletes, egynemű talajban vizsgálom az olajtest alakját. Ilyenkor szabályos alakú olajtest alakul ki. Behatolási mélysége empirikus képlettel számítható.

A természetben előfordulva rendszerint nem egynemű talajjal találkozunk, így ebben az esetben az olajtest szabálytalan alakot vesz fel. Ez az adott réteg áteresztőképességétől függ. Kisebb méretű olajtest esetében a szivárgó keresztmetszet szétterül, ellenben a jobb, nagyobb olajtestnél azonos marad a keresztmetszete. Ha a szivárgás erőssége az adott talaj áteresztőképességéhez képest egy rétegben túl nagy, akkor oldalirányban terül szét és egészen addig terjed, míg számára megfelelő réteghez nem ér, majd ott szivárog lejjebb.

Szerencsére van a környezetvédők számára megnyugtatóbb eset, ez az igen kis áteresztőképességű, finom szemcsés közbenső rétegeké. Ezek erősebb mértékben képesek visszatartani a szivárgó vizet, így jelentős mértékben akadályozhatják vagy legjobb esetben teljesen megszüntethetik az olaj behatolását a mélyebben fekvő rétegekbe.

Ilyen kis áteresztőképességűek az iszapos, agyagos homokok vagy agyagok, ezeknél a variációknál az olaj a talajvízszintig nem is jut el. Ellenben, ha a beszivárgott olajmennyiség meghaladja a szivárgási tartomány olajvisszatartó képességét, akkor sajnos az olaj egészen a talajvízig hatol. Akár, elegendő nyomás esetén, az elszivárgási hely alatt behatolhat a talajvízbe is, ez esetben azonban a kapilláris zónában vízszintesen szétterül. Ebből következik, hogy amíg a szivárgási tartományban az olajszivárgás befejeződése után csak kevés olajtartalom van jelen, addig a kapilláris sávban a szabad olajmennyiségek feldúsulnak és elmozognak. A szivárgó sávban viszonylag gyorsan mozog az olaj, ellenben a kapilláris sávban hónapok múlva, sőt akár évek múlva is maradnak nagyobb olajmennyiségek. Így megállapítható, hogy a kapilláris zóna a kárelhárítás szempontjából egy fontos hely. [11] A kapilláris zóna az a terület, amely a földfelszín és a talajvízréteg között helyezkedik el, ebben a szakaszban szivárog le a csapadék, és sok esetben ezzel együtt a szennyező anyagok is.

A régebben bekövetkezett nagy olajbalesetek esetén ebből a zónából lehet eltávolítani nem egyszer jelentős olajmennyiséget. Tököl B területen felúszó lefölezéssel nagy mennyiségű szénhidrogént sikerült eltávolítani, de ez nem volt teljes megoldás, ezért talaj remediációs technológiát is alkalmazták a kármentesítési folyamatoknál.

Talajvízszint változása esetén, ha egynemű talajösszeletről beszélünk, együtt mozog az összegyűlt olaj a vízzel. Együtt süllyednek, vagy vízszint emelkedés esetén az olajtestet felnyomja a víztükör. [11]

Gyakorlati helyzetekben viszont ritka ez a szabályszerű mozgás, mert az olajok nagy százaléka képes oldódni a vízben. Így esővízzel érintkezve a talajban oldatként együtt vándorolnak tovább. Ez lehet olyankor, mikor a szivárgó vízzel lép kapcsolatba az olaj, illetve, ha állandó érintkezésben van a talajvízzel, amely áramlik. A kioldott olaj mennyisége több összetevőtől is függ, többek között az érintkező felületek nagyságától, az esetlegesen áramló víz sebességétől, illetve az olaj fajtájától. A felszín alatt az olajtestből illó üzemanyagok párologhatnak is könnyen. Ez függ a hőmérséklettől, olaj minőségétől és a nyomástól, valamint a talaj átteresztőképességétől. Így olajpárna képződhet az olajtest körül a talajban, mely szénhidrogén-gőzökből áll, és ezek a jelenségek tovább növelik a talajvíz szennyeződését. [11]

### **2.3 Kárelhárítási technológiák**

A kárelhárítási technológia kiválasztása során meghatározó számos egyéb társadalmi, gazdasági tényező is, melyeket külön-külön kell mérlegelni, de egymással szoros kapcsolatban állnak. Az anyagi források döntően határozzák meg az adott megoldást, ennek megléte, ütemezése, formája befolyásolja a választást. Egy korszerű kockázatelemzés bővítheti a finanszírozási lehetőségeket, valamint a követelményeket is ezzel párhuzamosan környezetvédelmi, egészségügyi vagy vízügyi témában. Az idő is fontos tényező, mert hatással van a kárelhárítás sürgősségével és a választott technológia szükséges időbeni terjedelmével. A különleges helyi adottságokat is mérlegelni kell, a terület aktuális és jövőbeni funkcióját. Hiszen eltérő technológiát használunk lakóterületen vagy gyárterületen, illetve mezőgazdasági terület és nyílt vízfelszín közelében. A technológia kiválasztásánál azt is figyelembe kell venni, hogy a kijelölt területnek, valamint az azokon lévő létesítményeknek a kárelhárítási folyamat ideje alatt is funkcionálniuk kell-e. Ilyen kérdést vet fel többek között a közutak, vasút, repülőterek, raktárak kármentesítési akciója. [11]

Nem utolsósorban pedig alapos megfontolást igényel a szakhatósági és az önkormányzati elfogadás, beleegyezés kérdése is. A lakossági tájékoztatás, felvilágosítás, önkormányzati

engedélyek beszerzése, szakhatóság állásfoglalása elengedhetetlen részét képezik a kárelhárítási projekteknek. Azok a környezetkímélő kárelhárítási eljárások élveznek prioritást természetesen, melyek a lehető legkevésbé károsítják a természeti értékeket, a tájképi és épületkörnyezetet, a területek használati értékét, illetve a keletkezett melléktermékeket a természeti vagy a társadalmi körforgásba ártalommentesen vezetik vissza. [11]

Leginkább a kármentesítésre szánt tőke adja meg egy eljárás fajtáját. [6] Mindegyik helyreállító, kármentesítő módszer jó, de természetesen hatékonyságban jelentős különbségek vannak. Anyagi szempontból növekvő sorrendbe rendszerezve a következőket sorolhatjuk ide:

- **In situ** (= eredeti helyen) megoldások ez első csoport. Ebben az esetben a talaj az eredeti helyén marad és ott kezelik. A szennyeződött földtani közeget, felszín alatti vizet tisztítás során visszanyeletik, szikkasztják ott helyben.
- **Ex situ** (= nem eredeti helyen) megoldás a talaj kiemelését és ezt követő tisztítását jelenti. Az ebbe a csoportba tartozó technológiákat további két részre lehet osztani, attól függően, hogy a helyszínen, vagy máshol történik a tisztítás maga:
  - **Ex situ on site** módszer alkalmazásakor kitermelik a szennyezett egységet, de nem szállítják el, hanem a területen belül tisztítják. Ez történhet termikusan vagy talajmosással. Ezután a megtisztított talajt vagy felszín alatti vizet visszahelyezik a földtani közegbe.
  - **Ex situ off site** esetében fontos kijelenteni, hogy az idetartozó technológiák lényegükben megegyeznek az ex situ on site megoldásokkal, de van egy alapvető különbség. Mégpedig, hogy a szennyezett talajt, talajvizet nem a munkaterületen belül kezelik, hanem egy távolabbi tisztító telepre viszik, majd a kezelés után visszaszállítják az eredeti munkagödörbe és a megtisztított vizet pedig élővízbe, esetleg közcatornába vezetik a célnak megfelelően. [6]

A kárelhárításnak módszerei mellett végcélja is van. [11]

Három fajta létezik ebből:

1. **Lokalizáció:** ez a szennyezés tovább terjedését igyekszik megakadályozni.
2. **Mentesítés:** részleges megoldás környezetvédelmi szempontból, ezt jelenti például az olajfázis kitermelése.

3. Teljes ártalmatlanítás: egy teljes területet érint, ez a kifogástalan cél. Kármentesítési célállapot határértékét „D” határértéknek nevezzük. A „B” határérték olyan szennyezőanyag koncentráció a felszín alatti vízben, földtani közegben mely fölött az adott víz, illetve földtani özeg szennyezettnek minősül.

## **2.4 Katonai repülőtéri szennyezések jellemzése**

A katonai repülőterek szennyezettsége több helyszínt is érint Magyarországon. Mégis vannak bennük közös vonások, amik általánosan elmondhatóak ezekről a területekről. Először néhány alapfogalmat sorolnék fel, melyek mind a szennyeződések megelőzésének fontosságához kapcsolódnak. Összefoglalom, hogy mit takar a biztonság, biztonságtechnika, mely kapcsolódik környezetvédelemhez és talajszennyezéshez, valamint azt, hogy ezekre a feladatokra miért van szükség.

A biztonság egy olyan fogalom, mely többértű, tekintve, hogy jelenti a politikai, gazdasági, szociális, katonai, emberi, környezetvédelmi területeket is, valamint a katasztrófa elhárítását is ide sorolhatjuk. [4] Többféle megfogalmazása is létezik a biztonságnek, hiszen kiterjedhet az élet minden területére. De általánosságban elmondható, hogy bármire is értelmezzük, egy aggodalom nélküli állapotot jelent, a fenyegetettség hiányát, vagy kivédésének képességét. [15]

A biztonság megteremtéséhez társulnak feltételek, melyek lehetnek személyi, társadalmi és tárgyi témájúak. És itt kapcsolódik a biztonsághoz maga a biztonságtechnika, mert a tárgyi feltételeit jelenti. A biztonságtechnika interdiszciplináris tudomány, vagyis tudományterületek közötti, mely jelenti az emberiség és a társadalom biztonságérzetét alapvetően befolyásoló műszaki-technikai eszközök, eljárások és kutatási eredmények komplex alkalmazását. [16]

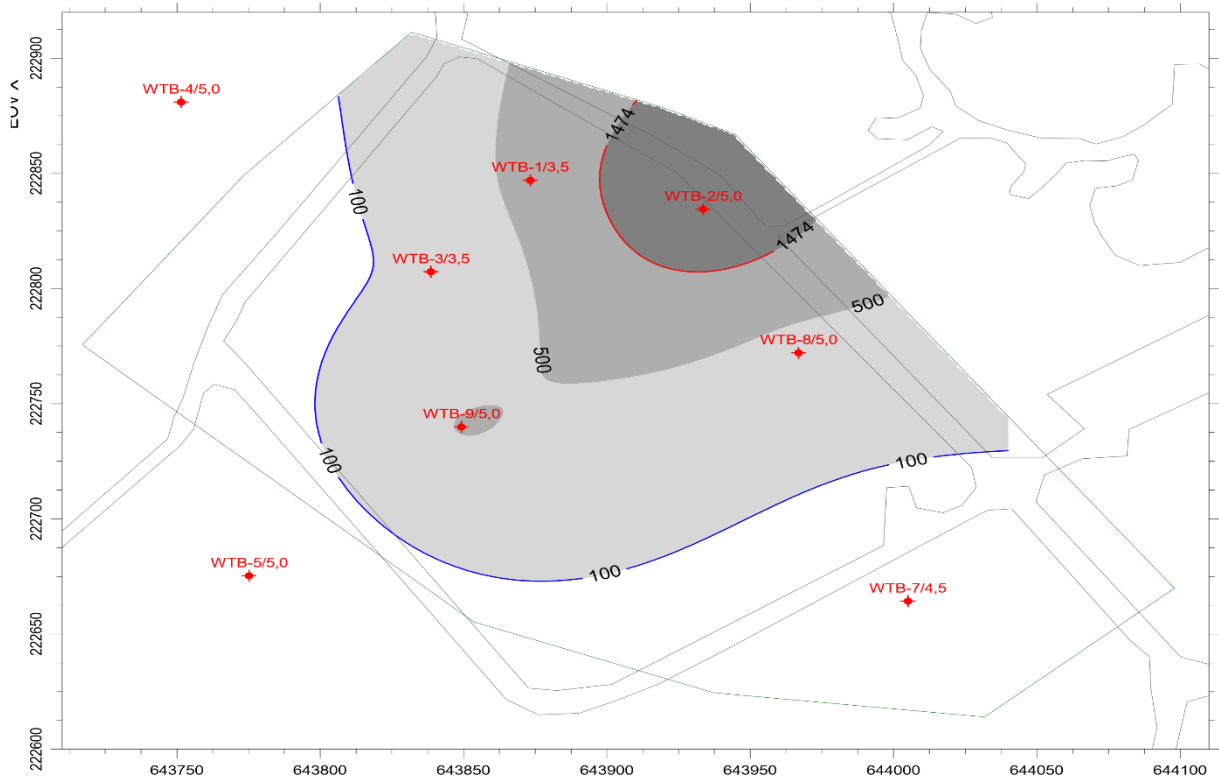
Fontosnak tartom, hogy a katonai repülőterek és csapatok szempontjából is kutassam, hogy mit jelent a biztonságtechnika. Ugyanis összetett rendszer, mely az egészen általános technikai elemeket és a katonákra vonatkozó speciális eszközöket is tartalmazza. [19]

A környezetvédelem biztonságtechnikai szempontból a megelőzést, károkozás esetén pedig a mielőbbi jelzés lehetséges megoldásait takarja. A környezetvédelem definíció



szerint társadalmi tevékenység, amely az emberi társadalom által saját ökológiai létfeltételeiben okozott károsodások megelőzésére, a már létrejött mérséklésre vagy elhárítására irányul, de kifejezetten katonai környezetvédelem nincs. Ugyanis törvény szerint a hadsereg a polgári jogszabályok alapján tevékenykedik ezeken a területen. [19] A katonai repülőtereken is létrejöhetnek talajszennyezések, melyeket környezetvédelmi szempontból nagyon fontos kármentesíteni, de még jobb, ha a megelőzésre koncentrálnak az ottani hatóságok. Sajnos a XX. században még nem volt ilyen fontos szempont a környezetvédelem, és jogszabályok sem születtek anno erről a tevékenységről. Így mára fontossá vált, hogy a talaj megújuló képessége behatárolt. Leginkább az ökológiai funkciói sérülékenyek és emiatt védelemre szorulnak, mert a különböző káros anyagok talajba jutása szennyezést okozhat. A szennyeződésről akkor beszélhetünk, ha az adott réteg befogadóképességét a szennyeződés koncentrációja meghaladja. [13]

Talajvédelmi szempontból a katonai repülőterek fokozottan veszélyes területek, mert a légi járművekhez, és az ezeket kiszolgáló eszközök üzemeltetéséhez olyan anyagokat használnak fel, melyek kezelése és tárolása is biztonságos módszert követel meg. Ezzel szemben több esetben is találkozhatunk olyannal, hogy ez nem valósul meg, ekkor a nem megfelelő technológia miatt szennyeződés alakulhat ki. Ennek megszüntetése hosszú időt ölel fel, akár több évtizedet és anyagi szempontból is jelentős mennyiséget ró az illetékes szervekre.



1.ábra: Tököl, TPH szennyezés (származás: saját kép)

Az 1. ábra mutatja, hogy milyen mértékű talajszennyezés keletkezhet, ha nem megfelelő biztonságtechnikai módszert használunk.

A talajszennyezésnek lehetséges forrásai egy repülőtéren a következők lehetnek. Repülő hajtóanyagok, gépjárművekből származó üzemanyagok, vagy ezek üzemeltetéséhez szükséges kenőanyagok véletlenszerű folyása, valamint a technikai eszközök állóhelyen vagy a telephelyen történő esetleges csöpögése és az eszközök mosása során nem szakszerűen elvezetett szennyvíz jelenléte. [19]

Ezekre az esetekre manapság kármentőtálcákat használnak megoldásként a katonai területeken, gépjárművek tárolásakor cél az efféle károsodás megelőzése. De újabb megoldást követel a repterekre csővezetéken, vasúti- és közúti szállítással érkező hajtó- és üzemanyagok. Ha a laktanyába, reptérre vasúton érkezik az üzemanyag, arra ma már van környezetkímélő módszer. Ennek keretében az üzemanyagot egy vízzáró réteggel bevont területen lefejtik, és ezt a területet egy gyűjtő csatornarendszeren keresztül csatlakoztatják ülepitő, leválasztó tározóba. Így az esetleg szivárgó anyag nem a talajba kerül, pláne, hogy még kármentőtálcát is raknak a kivezetőcső alá, hanem a csapadékkal

együtt a ciszternába folyik. Az ülepitett szennyeződést ezek után ki lehet emelni, ennek rendszeres elvégzésekor megsemmisítésre elszállítják. [19]

A tárolási megoldások többfélék lehetnek hajtóanyagok esetében. Az egyik féle lehetséges módszer a dupla falu tartály, mely a következőképpen épül fel. A két fal közé fagyálló folyadékot engednek, így a hideg időjárás nem okoz gondot. A két fal találkozásánál egy puffer rendszert alakítanak ki, melynek célja, hogy a tartályszint emelkedésekor a belső fal szivárgása esetén a fagyállóhoz keveredjen a hajtóanyag. Ha pedig csökken a vízszint, az jelzi a tároló külső falának szivárgását. A másik módszer esetében egy beton hengerbe helyezik a tartályt. Fontos, hogy körbejárható legyen, és így ellenőrizhető lesz az állapota rendszeresen. Állapotuk ezeknek a tárolóknak másfajta biztonságtechnikai eszközökkel is ellenőrizhetőek, megfigyelhetőek. Jó megoldás, a beton tárolók esetében a szerelőtérben elhelyezett jelzőrendszer, ami figyelmeztet az üzemanyag koncentrációját a levegőben. A határértéknél magasabb sűrűség esetén, mely ugye a belső fal szivárgását sejteti, egy automatikus szellőzőrendszert aktivál és riaszt. [19]

A modern, gépiesített világban igyekeznek automata rendszereket létrehozni, ezzel könnyítve a folyamatok gördülékenységét. Ezekből kifolyólag már a legtöbb helyen figyelő, jelző rendszerhez vannak kötve az üzemanyag tartályok. Egy központi vezérlőre kötik őket, mely a tartályok állapotát naplózza. Az állapotának jellemzői közé a következő paraméterek tartoznak: töltöttség, minimum és maximum szintje a hajtóanyagnak, hőfok. Egy szakszerű rendszer az itt felsorolt jelenségek esetén riaszt:

1. a tartály szellőzőrendszerének ventilátora meghibásodásakor
2. túltöltéskor
3. maximális és minimális üzemanyag szint elérésekor
4. üzemanyag szivárgáskor

A kenőanyagok veszélyes anyagnak számítanak. Jogszabályokkal határozzák meg a hulladékolaj definícióját, valamint a veszélyes hulladékok tárolását és kezelését is. Hulladékolajnak minősül bármelyik, az eredeti rendeltetési céljára már nem használható, hulladékká vált ásványolaj alapú kenőolaj és ipari olaj, továbbá a motorolajok, sebességváltó-olajok, valamint a turbinaolajok és a hidraulikaolajok. Ezt a 4/2001.(II.

23.) KÖM rendelet „A hulladékolajok kezelésének részletes szabályairól” 1.§ c) mondja ki. [1] A tárolásról és a veszélyes anyagok gyűjtő helyéről pedig a veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről szóló rendelet rendelkezik. [2] Többek között technikai eszközök tisztítását is előírja, amit zárt rendszerű mosón kell végrehajtani, melynek következtében keletkezett szennyvizet az ülepítő rendszerbe köteles a végrehajtó vezetni. Innentől kezdve a keletkezett iszap veszélyes hulladéknak minősül, és jogszabály szerint megsemmisítés céljából el kell szállítani.

## 2.5 Környezetfizikai mintavételezés bemutatása

A bevezetőben már említettem a talajra vonatkozó definíciók egyikét, miszerint talajnak nevezzük azt a komplex rendszert, amely a felszíni, illetve felszínhez közeli kőzetek mállásával, az időjárás és a társult élővilág együttes hatásának eredményeként jött létre. Egy másik megfogalmazás szerint pedig a talaj a földfelszín legfelső rétege, mely változatos vastagságú, aktív, térben és időben változó arányban a földi szférák anyagai alkotják. A termékenység a legfőbb jellemvonása, amely jelenti azt a tulajdonságot, hogy a benne gyökerező növényeket vízzel és tápanyaggal tud ellátni. [8]

Erre az erőforrásra, a talajra vonatkozó ismeretek elsajátítása feladata minden természettel kapcsolatba kerülő szakembernek, természetvédőnek és magángazdának is, nemcsak a hivatása miatt érintett kutatóknak, erdészeknek, vagy mint nekem, mérnöknek. Hiszen egy nélkülözhetetlen és csak részben megújuló természeti képződményről van szó, melyre vigyáznunk kell, és ez alapos tudást igényel.

### Mintavételi rendszerek a talajban

A környezetvédelmi célú talajmintavétel leginkább a pontmintákat preferálja, ezenkívül még léteznek az átlagminták, de ezeknek, ha lehetséges, használatát kerülni kell. Ha ennek ellenére átlagminták gyűjtésére kerül sor, akkor azt az azonos részminták összekeveréséből kell képezni. Ezek eltérő kémiai, fizikai és ásványtani tulajdonságokkal rendelkeznek, valamint a fúrások mintavételi mélysége és tömítő hatása is bizonytalan adatnak felel meg. A vonatkozó jogszabály kifejezetten tiltja átlagminták gyűjtését olyan esetekben, ha illékony komponenseket kell meghatározni, ha a szennyezés a várakozások

szerint nem homogén eloszlású, ha a szennyezés homogén eloszlású, de ismert pontforrásból származik, valamint, ha a vizsgálandó anyag tulajdonságát a keverés megváltoztatja, illetve, ha a vizsgálandó anyag minőségét a keverés megváltoztatja. [17] A felszíni mintavételezés eszköztára sokban hasonlít a mezőgazdasági célú mintavételezési technikákhoz. A felszín alatti minták gyűjtésekor azonban jellemzően nagy mélységeket is vizsgálni kell, 20-30 vagy akár 50 méter mélyen is fúrásokat kell végezni. Az ehhez használatos gépi felszerelések jelentősen túlmutatnak az iskolai keretek között megismert és alkalmazott talajtanmintavételi technikákon. Az általam használt fúrógép részletes bemutatását egy másik fejezetben fogom megejteni.

Fontos, hogy a mintavételt nem elég elvégezni, hanem a laboratóriumig történő szállítás is a procedúra részét képezi, így nem mindegy ennek módja. A mintavételt követően a csomagolás a vizsgálandó paraméterek függvényében történik. Az illékony szerves komponensek vizsgálatára vett mintákat légmentesen zárható üvegbe köteles csomagolni a mintavevő, a fémek vizsgálatakor pedig az üveget, mint csomagolóanyagot lehetőleg kerülni kell. A mintákhoz mindig mintaazonosító jegyet kell társítani, amelynek tartalmaznia kell az előírt adatokat. Ez jelenti a mintavétel helyét, a furat számát, a minta számát, kódját vagy speciális nevét, a mintavétel mélységét és az időpontját. A mintavételről pontonként jegyzőkönyvet kell készíteni minden alkalommal. Ennek tartalmaznia kell ugyanúgy a mintavétel helyét és idejét, a fúrás kódját, számát, a fúrás koordinátáit, a felvételezők - akik általában a mintavevők is – nevét, a térképvázlatot vagy helyszínrajzot, a nyilatkozatot a mintavétel végrehajtásáról, a minták jellegét és a mintaazonosítók számát. Továbbá kötelező feltüntetni a talajvíz mélységét és a talajvízszintet végül pedig, de nem utolsó sorban a rétegsor leírást. A mintavételi munka lezárásaként mintavételi összesítőt kell készíteni, melyet a mi vállalkozásunk csak F20-as dokumentumként szokott emlegetni, holott egy általános mintaátvételi lapot jelent. Ezen a nyomtatványon szerepelnie kell a mintavevők nevének, a mintavételi folyamat helyének és időpontjának, az ezek során készült jegyzőkönyvek kódjának, megvett minták számozásának továbbá darabszámának. [17]

Legvégül a pénzügyi és gazdasági következményekről is írnék, illetve ezeknek a következményeiről. Minden talajtani mintavétel, főleg a mezőgazdasági és környezetvédelmi célú, jelentős hozadékkal bír. Az adott területen végzett tevékenységek során okozott kár mértéke sok esetben ezen múlik, valamint a támogatások, pályázatok,

közhasznú vagy magáncélok megvalósítása. Ezért kiemelten fontos ügyelni, hogy a szakemberek, akiket akár saját akcióinkhoz megkérünk, megfelelő képesítéssel rendelkezzenek. Hivatalos célra jelenleg kizárólag akkreditált szervezet által vett mintát fogadnak el, illetve egy cégen belül az akkreditált mintavevők dolgozhatnak ezesetben. Az én munkahelyemen jómagam is akkreditált mintavevőként vagyok számontartva. Azonban hiába nyit meg új kapukat többféle projekt, beruházás és pályázat felé, a cég igazgatóságának újabb gondot is tud okozni. Kezdve azzal, hogy az akkreditált mintavevők mindegyike komoly anyagi kötelezettséggel jár éves szinten, így nem feltétlenül dönt úgy a vezetőség, hogy mindenkit vizsgáljat. Ezen kívül a dokumentáció részletessége sokszor követetetlen az adminisztrátoroknak, mert a hivatali szervek által végzett ellenőrzés hiába van előre bejelentve, temérdek munkával jár, és részletes, aprólékos feljegyzések átvizsgálásával. Ezen okokból kifolyólag érthető, ha többször is átgondolja a vállalat vezetősége, hogy hány akkreditált mintavevőt alkalmaz, vagy egyáltalán szeretne-e ilyen minőségben megbízást végezni.

## **2.6 Talajterképezési és mintavételi módszertan kialakítása**

A mintavételi eljárás során sokféle paramétert kell figyelembe veyen a szakképzett mintavevő. A mintavétel viszont nem a terepen kezdődik, hanem előzetes térképet kell készíteni, és utána következnek a helyszíni feladatok, melyek alapos előkészületet követelnek meg. Tehát felvetődik a kérdés, hogy mi alapján jelöljük ki a mintavételi pontokat. Ennek elméleti háttérében a talajtulajdonságok és a bennük történő, megfigyelhető jelenségek változékonysága áll. Ez egy igen bonyolult rendszert alkot, ezért könnyen tűnhet egy véletlenszerű halmaznak. Ezért fontos a mérési tevékenységeknél tisztázni, hogy a talajtulajdonságok a konkrét mérési hely apró sugarú környezetében tekinthetők valószínűségi változónak. Ellenben megadható olyan függvény, mely térben értelmezett és ezeket a valószínűségi változókat kapcsolja össze, tehát ad egyfajta kapcsolatot a nagy „káoszban”. Ezeket a tulajdonságokat regionalizált változóknak nevezi a földrajzi, geológiai adatokkal foglalkozó statisztikai ág, a geostatisztika. [20]

Ezek a regionalizált változók jelentik a mintavételi pontok kialakításának alapját, melyek létrejöttéhez optimalizációra és térben történő becslésekre van szükség, és így ezek eredményezik a megfelelő helyszíneket majd.

## **2.7 Modell alapú talajmintavétel**

Kutatásomban a modell alapú mintavételt alkalmaztam, mert munkám során is ezzel találkozom a legtöbbször. Ennek a módszertannak alapját a Spatial Simulated Annealing algoritmus jelenti, melyet SSA-nak rövidítünk. Ez állítja elő a lehetséges mintavételi kombinációkat, elhelyezéseket, úgy, hogy minden kombináció az azt megelőző mintavételi kombináció véletlenszerű megváltozásából jön létre. [20] Egy új mintavételezés tervezése esetén a mintavételi pontoknak földrajzilag és a segédváltozók fázissterében is reprezentatívan kell elhelyezkedniük. Erre hatékony módszer az SSA, de a legnagyobb kockázata az, hogy egyszerre csak egy talaj jellemzőre optimalizálható a pontok kialakítása. [18]

Szakdolgozatom során a talajmintavétel céljából végrehajtott fúrások SSA technológiával jöttek létre. A spirálszerszám, mellyel dolgoztam, 100 mm átmérőjű, hatszögkapcsolós fúróspirál. A mintavételt követően pedig a fúrlyukat mindegyik esetben a saját furadékával tömedékeltem el.

### 3. HIPOTÉZISEK

A szakirodalom áttekintése és tanulmányozása során a következő hipotéziseket állítottam fel:

- 1) Talajmintavételelem során "D" határértéket meghaladó szennyezett talajt fogok találni.
- 2) A labor a kézi fúróval megvett környezetvédelmi minták esetében fog erősebb szennyezettségi mértéket kimutatni BTEX, TPH és PAH vegyületek vizsgálatakor.
- 3) Összes alifás szénhidrogén (TPH C5-C40) vegyületek koncentrációjának mérésnél a vett mintáim minimum 60%-ának esetében a szennyezettségi érték meg fogja haladni a „B” határértéket.



## 4. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 4.1 Fúrógép működési elve

Magyarországon alkalmazható vízkutatási módszerek között igen előkelő helyet foglal el a fúróberendezés használata. Ugyanis nagy előnye, hogy a pontos rétegfeltérési munkafázist rögtön össze tudja kapcsolni a vízadó rétegek végleges víztermelésbe állításával. Ennek követelménye, hogy kedvező hidrogeológiai körülmények legyenek, így tudja kiképezni a fúrólukát termelőkúttá. [9]

Ezen szempontok mentén készültek el a fúróberendezések. A következő feladatok gyors és hatékony elvégzéséért felelősek:

1. Többféle fúrási módszerrel üzemeltethető. Ezek közé sorolhatjuk az öblítéses forgórendszerű és ütveműködő rendszerrel ellátott gépeket, valamint e kettő típus kombinálásával is üzemeltethetők. A beállítás módja függ a különböző kőzetek, geológiai és műszaki tulajdonságaitól.
2. Mindig a legmagasabb szintű fúrási mintavételt biztosító fúróeszközt érdemes és lehet is alkalmazni, ennek következtében a rétegsor meghatározása tökéletesen pontos. Amennyiben használunk elektromos fúrólukaszelvényezés kiegészítőt, az a réteghatárok pontosságát fokozza.
3. A fúrógép, a pontos rétegmeghatározás érdekében, először mindig kis fúrólukátmérővel előfúrást végez. Ez hozzávetőlegesen 110 mm átmérőjű eszközzel történik, a szakasz hossza pedig 50-50 méteres. Ezt nevezzük kereső fúrásnak. Ezek pontos hidrogeológiai adatokat adnak, így könnyen el tudjuk dönteni, hogy hol a vízadóréteg-próba helye, melyik szűrőzési móddal éljünk, valamint, hogy hol kell a fúrólukba építendő bélésűvel zárni a káros vízmozgások megelőzése érdekében. Az előre nem látható fúrástechnikai nehézségeket vagy veszélyeket ez a módszer jelentősen csökkenti. Ide tartoznak a duzzadó vagy omló kőzetek átfúrása és csövezése többek között. További előnye, hogy jól megtervezhető a fúróluk végleges kúttá való tréningezése.
4. A korszerű iszapöblítés alkalmazása igen hasznos, ugyanis csak 80 méter vagy még annál mélyebb fúrólukaszakasz lefúrása után kell a fúrólukát bélésűvel

omlás ellen biztosítani. Ezúton könnyen elérhetőek aránylag nagy mélységek a vízkutatásnál kevés csőátmérő alkalmazásával, vagyis takarékos csőfelhasználással. Ez lehet 300 méter, 500 méter vagy akár 700 méter is.

5. További műszaki előnyök közé sorolható, hogy egy speciális fúrófej, az úgynevezett HE típusú gép segítségével a rotary fúró berendezéseknél szokásos forgatóasztal és öblítőfej nem szükséges. Ugyanis helyette ez a gép végzi a fúrórudazat forgatását és az öblítő folyadék továbbítását a szivattyútól a fúrólyukba. A fúrólyuk körül a felszínen így tágas terület áll rendelkezésre a fúróberendezés üzem közbeni kiszolgálására. A fúró rudazat, bélésű ki- és beépítése és a hasonló feladatok nagy munkaterületet követelnek meg. A diesel elektromos meghajtású fúrófej modern, elektromos műszerei a fúrólyuk talpán elhelyezkedő és működő fúrószerszám terhelés változásait egy pillanat alatt közlik. Ennek köszönhető, hogy a fúrómester könnyen észlelni tudja fúrás közben is a rétegváltozást.
6. A szárnyas fúró a fúróberendezés fontos, speciális szerszáma. Ezzel a szerszámmal bővített fúrólyukba a bélésű omlás elleni beépítése egyszerű. Kihúzását pedig könnyíti a tetszőleges bővítési átmérő, valamint anyagilag is kevesebb terhet jelent. Ha egy terület omlásra hajlamos, akkor a HE gép megengedi a párhuzamosan végzett csősüllyesztést is.
7. A fúróberendezés öblítőszivattyúja lehetővé teszi hidraulikus működésű fúrószerszámok és gépek használatát, melyekhez tartozik a kemény kőzetek átfúrásánál a hidroaggregát alkalmazása, a bélésű elvágása a fúrólyukban, mely hidraulikus csővágókkal történik, illetve hidraulikus mentőszerszámok használata.
8. Végül, de nem utolsó sorban műszaki előnyökhöz sorolható, hogy a fúrólyukban elhelyezett különböző átmérőjű bélésűöveket 5 m átfedéssel teleszkópicusan elvágják és kiépítik. Ennek oka a fúrólyuk víztermelésre való végleges és gazdaságos kiképzése, és így a vegyileg nem megfelelő, esetleg fertőzött rétegvizek kizárhatóak. [9]

Az általam kutatásom során alkalmazott fúrógép viszonylag egyszerű, és kis teljesítményű fúrógépnek számít. Erre azért van szükség, hogy megőrizze a szerkezet a

legnagyobb pozitívumát: könnyen eljuthatunk vele gyorsan, akár több száz kilométerrel arrébb, és még egyenetlen, nehéz terepen is tudunk vele közlekedni.

Viszont ennek az az ára, hogy nem minden talajban lehet vele fúrni. Nehézséget jelent többek között, hogy kavicsos, valamint nagyon agyagos talajban megszorul a rendszer, és elfogy az ereje. Védőcsövezést sem tudunk alkalmazni ezen a típuson, tehát ha homokos talajban kell fúrunk, vagy laza talaj esetén elérjük a talajvízszintet, akkor össze tud omlani a fúróluk.

#### **4.2 Fúrógép bemutatása**

Borro típusú terepjáróra szerelhető geotechnikai fúrógép.



2.ábra: Borro fúrógép (származás: saját kép)

#### 4.2.1 Technikai adatok

Szállítójármű adatok:

- A fúrógép használatát elősegíti egy Mitsubishi L-200-as diesel terepjáró, aminek az összsúlya 3,5tonna.

Fúrógép technikai adatok:

- A hidraulikus egység egy BORROS AB SOLAN SVEDEN.
- A meghajtómotor egy Honda 20.0 TWIN-V 4 ütemű benzinmotor.
- A hidraulika olajtartálya alumíniumból van, és ez a meghajtóegység körül helyezkedik el. Ennek az az oka, hogy megfelelő hűtést kapjon a rendszer meleg nyári napokon is. Ugyanis, ha túlmelegszik, a gép nem tud elég erőt kifejteni. Ebbe egy Hidro ISO 46 M HLP típusú hidraulika olajat használunk, aminek az űrtartalma 35 liter. Az olajpumpa 25 l/perces teljesítményre képes, ennek a maximum nyomása 200 bar. Az üzemanyag ellátás egy 12 literes mobil csatlakoztatású motorcsónaknak a műanyagtartályával van megoldva, amibe 95-ös benzin kerül.
- A fúrótorony mozgását egy 3 soros görgős lánc segíti, aminek köszönhetően ez a mozgás egy liftszerű mozgás lesz.






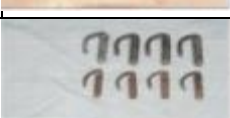

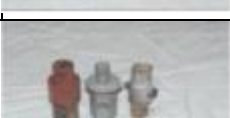

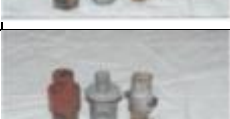



Fúrótorony adatok:


- Hasznos munka hossza: 1400 mm
- Felhúzó erő: 1500 kg
- Nyomó erő: 1000 kg

Szállítási méretek:

- Hossz: 2200 mm
- Magasság: 1500 mm
- Szélesség: 1000 mm
- Súly: 650 kg

#### 4.2.2 Tartozékok, szerszámok, kiegészítők

10 db	100*1000 mm, hatszögkapcsolós fűrőspirál	
9 db	75*1000 mm, hatszögkapcsolós fűrőspirál	
2 db	tartalék fűrőfej	
5 db	40*1000 mm, hatszögkapcsolós fűrőrudazat	
5 db	33*1000 mm, hatszögkapcsolós fűrőrudazat	
15 db	rugós acélsapok 100 mm-es spirálok kapcsolásához	
15 db	rugós acélsapok 70 mm-es spirálok kapcsolásához	
1 db	átmeneti kapcsolók (42 mm laptávú hatszög és 22 mm laptávú hatszögű szerszámokhoz)	
1db	átmeneti kapcsoló (42 mm laptávú hatszög és 20 mm laptávú hatszög szerszámokhoz)	
1 db	átmeneti kapcsoló (27 mm laptávú hatszög és 22 mm laptávú hatszögű szerszámokhoz)	
1 db	Honda motor alap szerszám készlet (gyári)	
	PVC csőtelepítő készlet	
	Sólyakocsi talajfűrőgép autón kívüli tárolásához	

2 db	2T teherbírású perlon darukötél (talajfúrógép emelés)	
------	---	---

#### 4.2.3 Kezelési felület

A pickup terepjáró platójának bal oldalán helyezkedik el a kezelő felület. Szerintem egy egyszerű, átlátható rendszer, nem jelent különösebb kihívást a használata. Működési elve a következőképpen épül fel.

A megfelelő kulcs elforgatása után tudjuk beindítani a fúrógépet. Következő lépésként a fúrás irányító szelepeket használjuk, ahol a karok segítségével felállítjuk a fúró tornyot, illetve az ábrán látható magyarázat szerint a fúróasztalt is mozgathatjuk. Ehhez természetesen egy másik vezérlő karra van szükség, aminek a gép lefele és felfele irányuló, illetve forgató mozgását köszönhetjük. Az ábrán látható maradék kettő kar mozgásával tudunk letalpalni, erre jobb és bal egység áll rendelkezésre. Funkcióját tekintve elengedhetetlen, ugyanis egyenetlen talaj esetében szükséges a fúrótoronyot függőleges helyzetbe helyezni, mely műveletet ezeknek a segítségével tudja csak a műszaki felelős végrehajtani. Találunk még kettő nyomaték szabályozót, az emelési és forgatási nyomaték szabályozót, melyeket az adott talajtípushoz kell beállítani.

Mint minden műszaki gép esetében, úgy a Borro fúrógépnél is kötelező vész esetre sürgős megoldást adni. A kezelő felület közepén található az ez okból felszerelt vészleállító kapcsoló gomb.

### Toronyvezérlő kétirányú szelepek



### Fúrást irányító szelepek



3.ábra: Fúrógép kezelési felület jelmagyarázat (származása: saját kép)

### 4.3 Kézi magminta vevő bemutatása

AMS Környezeti mintavevő készlet



4.ábra: AMS Környezeti mintavevő készlet (származás: [22])

A környezetvédelmi készlet rozsdamentes acél szerszámokat tartalmaz a rögzítőhengerek mintáinak gyűjtésére. Ezeket a talajmintavételi készleteket olyan szántóföldi helyzetekben való használatra tervezték, ahol a talajszennyező anyagok alacsony szinten vannak. Továbbá a jegyzőkönyv előírja, hogy a mintavevőket savfürdőben fertőtleníteni kell. A mintavételi pont 12 láb mélységben érhető el a mellékelt kiterjesztésekkel, ami 3,6 méternek felel meg. Amivel én dolgoztam, annak 6 méter mélységig van rudazata. Élesítés előtt minden eszközt hőkezelnek, és természetesen rozsdamentes acélból készülnek, használható rögzítőhengerrel vagy anélkül is. Amerikai gyártmány az összes kiegészítő eszköz. [22]

#### 4.3.1 Mintavétel folyamata a kézfúróval

Az általános kézfúrók esetében csak kevert minta gyűjtése kivitelezhető és csakis a fúrófej hosszának megfelelő mélyítéssel. Ha a fúrófejet újból behelyezzük, akkor a felszínről is és a furat oldalából is anyag kerül a fúrólyuk aljára minden esetben. Ez szennyezés, mely a fúrófejek oldalára és tetejére szorul, melyet nagyon fontos a kiemelés követően mintavétel előtt eltávolítani. Sokszor szemmel is láthatóak, de van néhány szituáció, mikor csak a fúrófejben levő anyag állagából kiindulva lehet megszüntetni. [17] Fúrás során keveredés mellett a tömörödés jelensége is megfigyelhető a talajminták esetében. Kiemelten fontos mérőeszközzel ellenőrizni a változás felszíntől mért



mélységét fúrások mélyítése során. Ez csak akkor következhet, ha a talajszintbeni és talajrétegbeli változások azonosítása megtörtént. A már kész, kiemelt, megtisztított mintákat a kitermelésnek megfelelően gyűjteni kell, mely általában a fűrőlyuk mellett kiterített textilanyagon történik. A tisztítást magát tilos ezen az anyagon vagy maga a fűrőlyuk felett kivitelezni. A fűrőlyukkal egyébként is vigyázni kell, nem szabad, hogy anyag visszakerüljön se fúráskor, se további munkafolyamatokkor. [17]

A használt fűrőfej típusát figyelembe véve a kiemelés után a talajmintát meg kell tisztítani a rajta jelentkező szennyeződésektől. Ezt követően rendszerezve kell gyűjteni a fűrőfejből eltávolított anyagot. Ezt kivitelezhetjük a fűrőlyuk közelében elhelyezett fólián vagy egyéb könnyen tisztítható anyag is alkalmas erre a célra. Kizárólag helyszíni vizsgálatokat lehet végezni a fúrás során kinyert mintákból. Ezek azok, amelyeket a fúrás által okozott átkeverés és szerkezetrombolás lehetővé tesz. Ide sorolható többek között a lehetséges a szín és a fizikai féleség, de nem kivitelezhető a szerkezetesség és a tömődöttség megállapítása például. Az összes helyszíni vizsgálatot és a mintavételezést is precízen dokumentálni kell. [17]

## 5. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

### 5.1 Mintavételi terület előzetes felmérései, történelme

Ahhoz, hogy a kutatásom helyszínét jobban megismerjem, történelmi háttérét, előzetes kármentesítési tevékenységeit és talajtani előzményeit feltártam. Fontosnak tartottam dolgozatom készítésekor, hogy olyan helyszínen tevékenykedjek, ahol már valószínűsíthetőek a szennyezés típusai, illetve maga a kutatás az adott helyszínnek is, jelen esetben a Tököli Repülőtérnek, hasznos információkkal szolgáljon, segítséget jelentsen.

Tehát a történelmi háttere a Tököli Repülőtérnek a következőképpen alakult 1991-től kezdve. A szovjet csapatok kivonulása után a Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium 1991. augusztusában III. fokú kárelhárítási készültséget rendelt el és tárcaközi bizottságot hozott létre a területen folyó munkák koordinálására. A terület első teljeskörű, átfogó állapotfelvétele 1991-ben történt. Megállapították, hogy a tököli volt szovjet katonai repülőtéren feltárt szénhidrogén bázisú felszínalatti talaj- és talajvízszennyezés jelentős mértékben veszélyezteti a Halászteleki Vízmű vízbázisát. Ez igen nagy problémát jelentett, mert Budapest ivóvízellátásának egy részét innen kapta. A repülőtér területén 1991-1994. között végzett jelentős kárelhárítási munkák anyagi okokból félbemaradtak, pedig dán szakmai és pénzügyi segítséget is szereztek hozzá. Az ezt követően elvégzett mérések azt bizonyították, hogy a vízbázis veszélyeztetése továbbra is fennáll, ezért a kármentesítési munkák folytatását a kormányhatározatban elrendelték. A határozat alapján a Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi Felügyelőség korábbi határozatának módosításával, vízminőségi kár azonnali elhárítására kötelezte a szovjet csapatok által okozott károk felszámolásáért állami szinten felelős Állami Privatizációs és Vagyonkezelő Rt-t. [21]

A repülőtér egyik legszennyezettebb területe a "B" jelű terület volt, ahol az üzemanyag bázison valószínűsíthetően 4200 m<sup>3</sup> -es összkapacitású tartálparkban tároltak üzemanyagot, vagyis kerozint, illetve fűtőolajat. A szénhidrogén szennyezés lokalizációja és részleges kitermelése legelőször az 1992-1994 közötti időszakban történt. Ekkor a területen lemélyített talajvíz kitermelő kutak segítségével történt ez meg, illetve a kialakított depressziós terekbe beáramló talajvízen úszó szénhidrogén lefölközése. A

kitermelt talajvíz Turbulenta típusú berendezésben került kilevegőztetésre, és ezt követően a területen nyelető drénekből került visszanyeletésre. Ebben az időszakban igen sok mennyiségű úszó szénhidrogén lett letermelve, de a területen még maradt ilyen típusú szennyezés. Ezt figyelmen kívül hagyva 1998-ig pénzügyi okokból a területen nem történt további kárelhárítás. A fennmaradó szennyezések kárelhárítására az ÁPV Rt. pályázat útján a Geohidroterv Kft.-t bízta meg 1998-ban. [21]

A terület aktualizáló vizsgálatait követően ismét megindult a még használható kutak segítségével a talajvíz kitermelése, a kutakba felúszó szénhidrogén letermelése és a talaj atmoszára. A talajtisztítás a felszín alatti drénekből, illetve a felszíni árkokban történő talajvíz szikkasztással valósult meg. Ezzel egyetemben megindult, és 1998 őszén be is fejeződött az üzemanyagbázis tartályparkjának résfalas körbevétele. A felső kavicsos talajvíztartó fekéjébe bekötött vízzáró résfal végleges nyomvonalára a korábban feltárt szennyezett talajtesten kívülre került, ezzel megakadályozva a talajvíz felszínén úszó, valamint a talajvízbe beoldódó szénhidrogén szennyezés további területi szétterjedését. A résfallal körülvett területen az úszó szénhidrogén letermelésének fokozására a talajvíz utánpótlás megszűnésével a hidraulikai szempontból kedvezőtlenebb helyzetű területeken, melyek a tartályok környezetét jelentik főleg, vákuumozásos folyadék kitermelés is megindult. Előülepítés és fázisszétválasztás alkalmazásával valósult meg. Ennek ellenére a tartályok alatti kapilláris zónában megrekedt olajfázis csak rendkívül lassú tempóban szivárgott a kitermelő műtárgyak depressziós terébe. A tartálypark alatti zóna tisztulási folyamatának lassúsága miatt szükségessé vált a tartálypark, a kapcsolódó üzemanyagvezeték rendszer és az egyéb építmények elbontása. Ezen bontási munkák 2001-ben valósultak meg. A tartálypark elbontására azért volt szükség, mert egyrészt megszüntette az úszó szénhidrogénszennyezés forrásait, másrészt hozzáférhetővé tette a tartályok alatti, és azok környezetében található erősen szennyezett talajt, talajvizet és a talajvízen úszó szénhidrogént. A tartálybontások során kitermelt talajok egymástól elkülönítetten, szennyezett és tiszta talajdepókban a résfal által körülvett területen lettek tárolva.

Szénhidrogéntartalom vizsgálatokkal meghatározásra került az 500 mg/kg TPH koncentrációt meghaladó szennyezett talajok méterenkénti szeletekben vett területi kiterjedése és térfogata. Ekkor az elbontott tartályok területén több mint 39000 m<sup>3</sup> szennyezett talaj (TPH > 500 mg/kg) lett kimutatva. [21]

Az elbontott tartályok közvetlen környezetében egy 10x10 méteres háló alakzatban elvégzett szennyezettségi állapotfelmérésén kívül, a talajszennyezés lehatárolásának érdekében 2001 végén és 2002 elején további fúrásos feltárásokat hoztak létre. Az összesen 46 darab, átlagosan 5 méter talpmélységű fúrás körülbelül 40x40 méteres hálózatos rend szerint lett lemélyítve, ezáltal igazodva az előző 10x10 méteres telepített feltáró fúrásokhoz. A fúrásokból méterenként vett talajmintákból szénhidrogén tartalom vizsgálatok készültek. Ennek segítségével, kiegészítve az előző 10x10 méteres vizsgálatok közben nyert adatokat, a talajszennyezés 1 méteres szeletekben területileg is és mélység szerint is lehatárolható volt. A szennyezettségi állapotfelmérés során 500 mg/kg TPH koncentrációt meghaladó szennyezettségű talaj kimutatható volt összesen 116352 m<sup>3</sup> mennyiségben. [21]

2004. januárjában a területen a környezeti kockázat csökkentése érdekében a kármentesítés folytatása szükségessé vált. Ennek oka az volt, hogy a szennyezés részfahas lokalizálását, lezárását, az úszó szénhidrogénszennyezés jelentős részének eltávolítását, valamint a szennyezés forrását jelentő tartálypark felszámolását követően a területen még nagy mennyiségű szennyezettség jelentkezett. A talaj és talajvíz is szennyezett volt, illetve kisebb mennyiségű talajvízen úszó szénhidrogént találtak, ami veszélyeztette a környezetet és akadályozta a terület további hasznosítását. Ezek a szennyezett területek a közvetlen szennyezőforrások vagyis tartályparkok alatt és azok közelében helyezkedtek el. Lokalizáció szerint megközelítőleg 30000 négyzetméternyi területen, egészen a felszíntől számított nagyjából 7 méter terep alatti mélységig.

A szennyezőanyag döntő többségében kerozin, amely a talajban és a talajvízben egyaránt előfordult. A leszivárgási zónákban a szennyezés talajhoz kötött formában főleg homokos talajban fordult elő. A talajvíz felszínén úszó fázisban megjelenő szénhidrogének a talajvíz felszínén szétterülve és a vízmozgás irányában elterjedve elszennyezték a velük érintkező kőzeteket, mely döntően homokos kavicsot jelent. TPH és BTEX vegyületek a szennyezett kőzetekkel érintkező talajvízbe beoldódó szennyezések, melyekre én is kértem kutatásomban a bevizsgálást.

A területen egy évvel később végzett szennyezettségi állapotfelmérés szerint csökkent az 500 mg/kg TPH koncentrációt meghaladó mértékben szennyezett talajok mennyisége, de még így is több, mint 115000 m<sup>3</sup> szennyezett területet állapítottak meg. Az átlagos határérték feletti mértékű TPH talajszennyezettség mértéke 3000-5000 mg/kg között

mozgott. A talajvíz felszínén úszó, még mindig közvetlen veszélyforrást jelentő, szénhidrogén várható mennyisége kevesebb mint 10 méterre volt becsülhető.

A talajvízbe beoldódott kerozin szennyezés a vízszint közelébe törekvően halmozódott fel. A szennyezett kőzetekkel érintkező vizek esetében a talajszennyezések mélységi határszintjétől hozzávetőlegesen 2 méteres mélységig voltak várhatóak ezek a felhalmozódások. A határértékfeletti szinten szennyezett talajvizek területi elterjedése nagyjából azonos volt a talajszennyezésével. A kármentesítés megkezdésekor a területre alkalmazott határértékeket meghaladó mértékben szennyezett talajvíz várható mennyisége becsülve 50 000 m<sup>3</sup> volt. [21]

## **5.2 Mintavétel pontos helye, és ideje, technológiája**

A terület a Csepel-sziget észak-nyugati felén található. Magyarország kistájainak katasztere szerint az 1.1.21. számon szereplő Csepeli sík területére, annak északi végébe esik. A legközelebbi természetes felszíni vízfolyás a Duna, a területtől nyugatra, 2 kilométerre folyik. A terület tágabb környezete alapvetően sík, az átlagos tengerszint feletti magassága 98-102 méter körüli. A területen az átlagos évi középhőmérséklet 10,2-10,3 °C, a csapadékmennyiség 530-550 milliméter évente. Az uralkodó szélirány ÉNy-i a legtöbb esetben, 2,5-3,0 m/s sebessége általában.

Az érintett területen jelenleg tevékenységet nem végeznek. A terület a 0322/4 helyrajzszámú ingatlan egy részét fedi le, az ingatlan más területein ipari és szolgáltató tevékenységek folynak. Tököl város településrendezési terve és a Tököli Repülőtér Szabályozási Terve az ingatlant légi közlekedési területként jelöli. Védett természeti értékről, vagy egyéb szempontból védett értékről sem az ingatlan, sem a szennyezettséggel érintett területrészen nincs tudomásom.

A szennyezettséggel érintett terület a Tököl külterületi 0322/4 helyrajzszámú ingatlan egy részére terjed ki. A területre vonatkozó alapadatok szerint a felszínen megtalálható képződmények negyedkori teraszüledékek, vagyis homok, kavics, alárendelten iszap, melyeknek vastagsága 10-15 méter, alatta pannon üledéksor települ, jóval finomabb szemcseméretű üledékekkel. A felszín alatti víz átlagosan kb. 2-4 méteres mélységben jelenik meg, a Dunához közel az aktuális nyomásemelkedési magasságot a Duna vízjárása

befolyásolja. A várható horizontális vízáramlási irány az év nagy részében nyugati, alacsony gradienssel. A terület közvetlen közelében ivóvízcélú vízkivételről nincs tudomásom, távolabb, vélhetően 3 kilométerre északnyugati irányban a halászteleki vízbázis található. A felszín alatti víz természetes kémiai összetétele a terület környezetében várhatóan Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> jellegű, 60 mg/l feletti szulfáttartalommal.

A vizsgálatok két ütemben készültek. Mintavételi pontjaim kijelölésénél figyelembe vettem az előzetes felméréseket, így összesen öt pontot jelöltem ki magamnak a területen, és mind az öt pontban fúrást végeztem a geotechnikai fúrógéppel, illetve az AMS környezeti mintavevővel. Mivel az AMS mintavevő használata kézzel történik, ezért a talajmintavételeim mélysége az 5 métert nem haladta meg. Mind az öt pontban vettem talajmintát különböző mélységekben, az egyik fúróval, majd a másik fúróval egyaránt. Ezek a pontok a résfalon belül találhatóak, mivel ezen a területen számítottam szennyezésre. A fúrógéppel vett mintáim 2021. április 27-én készültek, míg a kézi talajmintavevővel vett mintákat 2021. április 28-án készítettem.

Így összesen 10 darab talajmintavétel történt, és ezekből a mintákból laboratóriumi vizsgálat készült a Wessling Hungary Kft akkreditált laboratóriumában.

A fúrési mintavételezés során a rétegsor-leírásokat a fúrési jegyzőkönyvben vezettem, amiből később a LogPlot program segítségével tudtam az egyoldalas fúrásnaplót készíteni.

A LogPlot program egy könnyen használható naplórajzoló program, mely rugalmas naplóelrendezéssel és intuitív adatszerkesztővel rendelkezik. A LogPlot szoftvert 1983. óta használják a földtudósok geotechnikai, környezetvédelmi, geofizikai, sár/gáz és bányászati adataik grafikus naplóként történő megjelenítésére. Ábrázolja az egyoldalas naplót sekély fúrásokhoz vagy többoldalas, folyamatos naplót a mély kutak fúrása esetén. [10]

Talajmintavételek mélységét a helyszíni tapasztaltoknak köszönhetően és az előzetes tájékozódásom alapján határoztam meg.

Mintavételem során sok paramétert vettem figyelembe.

- Legelső szempontom az volt, hogy olyan területet találjak, ahol fúrógéppel és kézfúróval is tudok mintát venni. Továbbá célom volt, hogy az adott terület

könnyen járható terepet jelentsen a gépjárműnek és megközelíthetőek legyenek a mintavételi pontok.

- Második legfontosabb szempontom az volt, hogy nagy valószínűséggel legyen a megvett mintáim között szennyezett talajminta, hogy így össze tudjam hasonlítani a különböző technológiákat.
- Harmadik szempont pedig az volt, hogy ne kelljen nagyon mélyre fúrjak, mert a kézfűróval maximum 6 méterig tudok fúrni, ugyanis addig van hozzá szerszámzat. Illetve kemény fizikai munkát jelent ilyen mélyre lefúrni, ez sem elhanyagolható részlet.



5.ábra: Fúrási folyamat (származása: saját kép)

Mintáim bevizsgálását a Wessling Hungary Kft akkreditált laboratórium vállalta. Velük nagyon régi kapcsolatban áll a cég, ahol dolgozom, és precíz munkát végeznek. A legmodernebb felszereléssel dicsekedhetnek, az aktuális jogszabályi előírásoknak és rendeleteknek megfelelően hajtják végre az elemzéseket, valamint több évtizedes szakmai tapasztalattal rendelkeznek, így számomra nem volt kérdés, hogy megbízom bennük és őket választottam.



6.ábra: Wessling Hungary Kft. laboritória (származás: saját kép)

Mintavételelem legelső lépése volt, hogy a már megszerzett helyi szennyezettségi ismeretek birtokában kijelöltem az öt mintavételi pontomat a helyszínt ábrázoló térképen. Monitoring kút fúrása esetében egy geodéta készíti el EOVS rendszerben a koordináta pontot az adott helyről. Az Egységes Országos Vetületi rendszer (EOVS) szolgálja a geodéziai vetületi rendszer átláthatóságát, mert az egységesítés előtt lehetetlen volt az ország különböző pontjain hatályos kitételeket összevetni. Mára sikerült összefésülni és egy mindenki számára átlátható és alkalmazható szisztémát létrehozni, mely az EOVS elnevezésből is következik. Kutatásomban monitoringkút fúrásra ellenben nem volt szükség, így GPS koordináták szerint jelöltem ki a mintavételi helyszíneket. Ez a módszer is tökéletes, annyi a különbség, hogy az EOVS térképre nem kerül fel, ez a kutatásom céljának meg is felelt.





7.ábra: Kijelölt fúrési pontok (származása: saját kép)

A pontokat úgy helyeztem el, hogy lefedjék a kutatási területemet. Ez a terület részfalal körbezárt terület. Összesen 5 fúrési pontot jelöltem ki és mindegyik fúrési ponton mindkét mintavevő eszközzel végeztem fúrást. Így összesen 10 felcímkézett talajmintám készült.



9. Minták (származása: saját kép)

Az azonos fúrési ponton készült, de különböző eszközzel vett minták ugyanolyan mélységből származnak.

Kutatásom következő lépése a fúrési jegyzőkönyvek szerkesztése, majd kinyomtatása volt. Ezekre a jegyzőkönyvekre írtam fel a rétegsorokat, és tapasztalataimat, melyeket a mintavétel során szereztem.

Fúrásom során odafigyeltem, hogy minden 200g-os barna üveg felirattal ellátott talajmintámat hűtve tároljam, ezért vittem magammal egy hűtőládát is a fúráshoz.



9.ábra: Hűtőláda minták tárolásához (származása: saját kép)

A fűróspirálról történt mintavételnél figyelni kellett, hogy a spirálon maradt talaj külső részét eltávolítsam, és mindig a belső részén elhelyezkedő talajból vegyem a mintát. Így elkerülhető volt, hogy a más rétegből rátapadt talaj belekerüljön a mintába spirál felhúzása során.





10.ábra: Fúrás közben (saját kép)



11.ábra: Én és a spirál (saját kép)

Mindegyik talajminta egyedi jelzéssel lett ellátva. A felirat tartalmazza az adott minta jelét, helyét, idejét, mintavevő szervezet nevét, akkreditált mintavevő személyt, a projekt nevét, továbbá a Wessling Hungary Kft laboratórium által ellátott egyedi azonosító kódját.



12.ábra: Minta fel címkézve (származása: saját kép)

2021. 04. 27-én Borro fúrógéppel mentem ki a Tököli Reptérre. A Covid-19 járvány miatti ellenőrzéseken megfelelttem, így haladhattam tovább a kijelölt kutatóhelyemre. Az időjárási körülmények ideálisak voltak, így nem ütköztem akadályba ilyen téren. A talaj enyhén nedves volt, így könnyen tudtam végezni a munkát. Szerencsére túl sok csapadék sem esett, így a gépkocsi sem ragadt be egy esetlegesen veszélyes terepen.



FTR 2000 Kft. Mintavevő Szervezet  
A NAH által NAH-7-0025/2019 számon akkreditált mintavevő szervezet.

Iroda: 1125 Budapest, Zirzen Janka u. 7.

### Mintavételi jegyzőkönyv

Környezetvédelmi talajmintavételhez (MSZ 21470-1:1998)

FŰRÁSI JEGYZŐKÖNYV									
Munkaszám:					Fúrás pont neve: <u>WTB-1</u>				
Projekt név: <u>TÖKÖL B</u>					Fúrás végezte: <u>FTR 2000 Kft</u>				
Dátum: <u>2021.04.27.</u>					Mintavételi eljárás: <u>SSA</u>				
Fúrás helyszín meghatározása: <u>Tököl Képzőközpont</u>					Mintavétel akkreditáltsága: <input checked="" type="checkbox"/> akkreditált <input type="checkbox"/> nem akkreditált				
Fúrás koordináták: X=					Y= Z= [mBf]				
(m)	Talaj- vízszint	Talaj rétegsor leírása			Szennyeződés		Kütképtés	Talaj- mintavétel	Megjegyzés
g.a.		Meghatározás	kód	jel	Elszínzűdés	Szag			
0,0									
0,2		Barna homok, közepesen pöcsesem omlóanyag, nedves	SP		∅	∅			
1,3		Sűrűsbrna iszapos homok, közepesen pöcsesem omlóanyag, nedves	SM		∅	∅			
3,2		Sűrűsbrna homok, közepesen, pöcsesem omlóanyag, nedves	SP		15-től szürke	CH szag			
	3,5	Szürke iszapos homok, közepesen, rosszul omlóanyag, dúsított	SP SM		szürke	CH szag		(3,5)	WTB-1/3,5
Mintavételt végezte: <u>FLANEK MÁTE</u>					Aláírás: <u>[Signature]</u>				
Jelenlévők:					Aláírás:				

Dok. szám: Kiadás/Változat:	IM-4 V/3	Készítette: Jóváhagyva	Hely: Dávid Erőss Holt Zoltán	Oldal: Dátum:	1. összesen 1 2020.12.18.
--------------------------------	-------------	---------------------------	----------------------------------	------------------	------------------------------

13.ábra: WTB-1 fúrás (származása: saját kép)

A WTB-1. pontra álltam rá elsőnek. A munkavédelmi ruhát és felszerelést felvettem, melybe tartozik bakancs, sisak, kesztyű, nadrág és kabát. Ezután az első 1 méteres spirál fúrószárat felszereltem és elkezdtem a fúrást. 1 méter megfúrása után kiemeltem, majd megtisztítottam a már leírt módon, ügyelve, hogy a rétegsor szakszerű megírásához a belső részen elhelyezkedő talajhoz hozzáférjek. Rétegsor eredmények a következők lettek. 0,2 méter mélységig talajt barna színű, méretét tekintve középszemű, közepesen osztályozott, nedves homok jellemzi. Elszíneződést és szaghatást nem tapasztaltam. A maradék 80 centiméteren nem történt rétegváltás. A spirál teljes megtisztítása után visszahelyeztem a fúrólyukba és a rugós acélcsap segítségével összekapcsoltam a második 1 méteres spirállal. Újabb lefúrás és kiemelés után, melyet természetesen meg kellett tisztítani, feljegyeztem a jegyzőkönyvbe a tapasztalataimat. 1,3 méter mélységben történt rétegváltás, addig szürkésbarna színű, közép-finomszemű, közepesen osztályozott, nedves, iszapos talaj volt felfedezhető. Ennek a rétegsornak sem volt szaga vagy elszíneződése. Ellenben a következő rétegsor kezdete után egy kevéssel, 1,5 métertől szürke elszíneződést és szénhidrogén szagot tapasztaltam. A következő rétegsor váltáshoz azonban fel kellett helyeznem a negyedik méteres spirált is. Mert hiába helyeztem fel teljes tisztítás után újból egyesével az 1 méter hosszú spirálokat, és fúrtam már 3 méter mélyre a rugós acélcsap által összekapcsolva, rétegváltás nem történt ezen a szakaszon. Így biztosra akartam menni a szennyezettségi szintre vonatkozóan, tehát a negyedik métert is megfúrtam. Ezen szakasz tisztítása során a jegyzőkönyvbe már új adatokat tudtam felvenni. 3,2 méternél tapasztaltam a rétegváltást, mely pontig szürkésbarna, középszemű, közepesen osztályozott, nedves talajtulajdonságok jelentkeztek. 3,5 méternél megütöttem a talajvízszintet. A további centiméterekre szürke, közép-finomszemű, rosszul osztályozott, átázott, iszapos homok volt jellemző, és továbbra is szürke színű, szénhidrogén szagú volt. Úgy döntöttem nem fúrok tovább és 3,5 méternél megvettem a mintát. A homokos talajnak köszönhetően a fúrás könnyen ment, a fúrógép nem erőlködött.

Kis mintavevő lapát segítségével a 200 grammos barna üvegbe helyeztem a mintát, ügyelve, hogy tömörítsem és színültig töltssem. Feliratozást követően a hűtőládába helyeztem.

A laboratóriumtól TPH és BTEX vegyületekre kértem vizsgálatot ennél a mintánál. PAH vizsgálatot nem tudtam kérni minden mintánál, mert anyagi korlátokba ütközött volna a kutatásom.



**Mintavételi jegyzőkönyv**  
Környezetvédelmi talajmintavételhez (MSZ 21470-1:1998)

FÚRÁSI JEGYZŐKÖNYV									
Munkaszám:				Fúrás pont neve: <b>WTB-3</b>					
Projekt név: <b>TÖKÖL B</b>				Fúrás végezte: <b>FTR 2000 Kft</b>					
Dátum: <b>2021.04.27</b>				Mintavételi eljárás: <b>SSA</b>					
Fúrás helyszín meghatározása: <b>Tökői Apátság</b>				Mintavétel akkreditáltsága: <input checked="" type="checkbox"/> akkreditált <input type="checkbox"/> nem akkreditált					
Fúrás koordináták: X=				Y= Z= (mBf)					
(m) f.a.	Talaj- vízszint	Talaj rétegsor leírása Meghatározás	kód	jel	Szennyeződés Elszínözödés	Szaj	Kútképzés	Talaj- mintavétel	Megjegyzés
0,0									
		Barna színű, kőzet, légszivárgó, kőzetes, szilárdított, nedves	SP		Ø	Ø			
					1,5-10% szűre	CH szaj			
3,5		Szűre szög, kőzetes, szilárdított, nem plasztikus, nedves	HL		szűre	CH szaj			(3,5) WTB-3/3,5
Mintavételt végezte: <b>FRANK MÁTYÁS</b>				Aláírás: <b>FRANK MÁTYÁS</b>					
Jelentevők:				Aláírás:					

Dok. szám: Kiadás/Változat:	IM-4 V/3	Készítette: Árványi Zoltán	Helyi Domborzati Központ	Oldal: Dátum:	1. összesen 1 2020.12.18.
--------------------------------	-------------	-------------------------------	-----------------------------	------------------	------------------------------

14.ábra: WTB-3 fúrás (származása: saját kép)

A WTB-3 ponthoz gurultam át a fúróval következőnek. Mindent ugyanúgy hajtottam végre, ahogy azt rutinosan az előző kút során is. Első réteg egy barnásszürke középszemű közepesen osztályzott nedves homok volt. Az első méteren rétegváltás nem volt, illetve szaghatást, elszíneződést nem tapasztaltam. Az ezt követő szakasz méter lefűrásánál sem volt dokumentálható rétegváltás, viszont 1,5 métertől lefele végig szürke színű, szénhidrogén szagú volt. Ennél a mintavételi pontnál szintén fel kellett tennem a 4 méter spirált is legutolsóként. 3,5 méternél tapasztaltam rétegváltást, ahol is szürke, közepesen kötött, nem plastikus, nedves iszap jelentkezett. Itt továbbra is tapasztaltam szürke elszíneződést, és szénhidrogén szagot egyaránt. Rétegváltásnál 3,5 méterből meg is vettem a talajmintát.

Mintavételi jegyzőkönyv  
Környezetvédelmi talajmintavételhez (MSZ 21470-1:1998)

FŰRÁSI JEGYZŐKÖNYV									
Munkaszám:					Fúrás pont neve: <u>WTB-9</u>				
Projekt név: <u>TÖKÖL B</u>					Fúrás végezte: <u>FTR 2000 kft</u>				
Dátum: <u>2021.09.27.</u>					Mintavételi eljárás: <u>SSA</u>				
Fúrás helyszín meghatározása: <u>TÖKÖL Repülőtér</u>					Mintavétel akkreditáltsága: <input checked="" type="checkbox"/> akkreditált <input type="checkbox"/> nem akkreditált				
Fúrás koordináták: X=					Y=				
Z=					(mBf)				
(m)	Talaj-	Talaj rétegsor	leírása		Szennyező		Kütiépítés	Talaj-	Megjegyzés
f.a.	vízszint	Meghatározás	kód	jel	Elszíneződés	Szag		mintavétel	
0,0									
0,4		Világosszürke kavicsos nedves, laza	SI	0,0 0,4 0,8	Ø	Ø			
1,3		Sűrű kavicsos nedves, laza	SH	0,0 0,4 0,8 1,2	Sűrű	(H Szag			
4,2		Sűrű finomkavicsos érett, nedves, laza	SM ML	0,0 0,4 0,8 1,2 1,6 2,0	Sűrű	(H Szag			(4,0) WTB-9/4,0
		Sűrű finomkavicsos érett, agyagos itt-ott egy nagyobb kavics is	SM ML	0,0 0,4 0,8 1,2 1,6 2,0	Sűrű	(H Szag			
Mintavétel végezte: <u>FLÁNER KATÉ</u>					Aláírás: <u>MM KÉZI</u>				
Jelentévk:					Aláírás:				

Dok. szám:	IM-4	Készítette:	Magyar Dombor Érika	Oldal:	1. összesen 1
Kiadás/Változat:	V/3	Jóváhagyta:	Fláner Zoltán	Dátum:	2020.12.18.

15.ábra: WTB-9 fúrás (származása: Saját kép)

A harmadik fúrás helyszínnek a WTB-9 pontot választottam. Meg is kezdtem a fúrást a szokásos spirál felhelyezésével, és első méteren azonnal jelentkezett rétegváltás. 0,4 méterig világosszürke kavicsos nedves laza homok jellemezte a talajt, ahol elszíneződést, szagot nem tapasztaltam. Itt a kavicsos közeg miatt egy kicsit nehezen lehetett dolgozni a fúróval, a spirálok menete nem tudott olyan jól haladni lefelé, de nem okozott ez még

neki jelentős nehézséget. A következő rétegváltást 1,3 méternél észleltem. Eddig szürke elszíneződésű, kavicsos, nyirkos, laza, iszapos homok volt jellemző a talajösszetételre. Itt szintén éreztem szénhidrogén szagot. Következő rétegváltás 4,2 méterben volt. Addig szürke színű, nyirkos, nedves, laza állagú, finomhomokos iszap bukkant elő a fúrásnak köszönhetően, elszíneződéssel és szénhidrogén szaggal. Itt 4,0 méternél megvettem a mintát, amint azt jegyzőkönyvben is látni feljegyezve. 4,2 méter után lefelé szürke, finomhomokos iszapot találtam, agyagos flekkekkel helyenként, továbbá ritkásan egy-két nagyobb kavicsot is fel lehetett fedezni. Maradt továbbra is a szénhidrogén szag és az elszíneződés. Érdekes volt megtapasztalni ennél a fúrási pontnál, amit korábban már említettem, hogy milyen szép, könnyen kezelhető homogén talaj állt rendelkezésre. Keveset kellett lefúrnom és szinte azonnal szennyezést éreztem, és találtam egy kevés kavicsos részt is. Fúrás utáni jegyzőkönyv vezetés elvégeztével indultam is tovább az utolsó előtti kijelölt mintavételi ponthoz.

Mintavételi jegyzőkönyv  
Környezetvédelmi talajmintavételhez (MSZ 21470-1:1998)

FÚRÁSI JEGYZŐKÖNYV									
Munkaszám:					Fúrás pont neve: <b>WTB-8</b>				
Projekt név: <b>TÖKÖL B</b>					Fúrás végezte: <b>FTR 2000 kft</b>				
Dátum: <b>2021.04.27.</b>					Mintavételi eljárás: <b>SSA</b>				
Fúrás helyszín meghatározása: <b>Tököl Repülőtér</b>					Mintavétel akkreditáltsága: <input checked="" type="checkbox"/> akkreditált <input type="checkbox"/> nem akkreditált				
Fúrás koordináták: X=					Y= Z=				
(m) fa.	Talaj- vízszint	Talaj rétegsor leírása			Szennyeződés		Kütképzés	Talaj- mintavétel	Megjegyzés
		Meghatározás	kód	jel	Elszíneződés	Szag			
0,0									
1,7		Világos fakóbarna finomhomokos iszap, nyirkos, laza, fokozatos átmenet	SH		Ø	Ø			
3,0		Szürke finomhomokos iszap, nyirkos, laza	SH HL		Szürke	CH iszag			
		Szürke finomhomokos iszap, agyagos csap, főlelkel, medves, kegyesen kötött	SH HL		Szürke	CH iszag			
								(5,0)	WTB-8/5,0
Mintavétel végezte: <b>FZANEK MÁTYÁS</b>					Aláírás: <b>WM H.Ü.</b>				
Jelentévk:					Aláírás:				

Dok. szám: Kiadás/Változat:	IM-4 V/3	Készítette: Jóváhagyta	Nyíró-Dömber-Kriszta Ferenc Zoltán	Oldal: Dátum:	1. összesen 1 2020.12.18.
--------------------------------	-------------	---------------------------	---------------------------------------	------------------	------------------------------

16.ábra: WTB-8 fúrás (származása: Saját kép)

Délutánra WTB-8 jellel ellátott ponthoz érkeztem, mint utolsó előtti állomás. Az itt fúrt talajban 1,7 méternél észleltem az első rétegváltást. Addig a vonalig szagtalan, elszíneződés mentes, világos fakóbarna színű, finomhomokos iszap került be a jegyzőkönyvbe, ez nyirkos, laza, fokozatos átmenetű talaj volt. Ezt követő rétegváltás 3 méternél történt, addig pedig szürke, nyirkos, laza, finomhomokos iszap volt tapasztalható. Itt már észleltem szürke elszíneződést, továbbá szénhidrogén szagot is. Ezek után sokáig nem tapasztaltam rétegsor váltást, ezért 5 méternél megvettem a

talajmintát az üvegbe. Ez a réteg is szürke elszíneződésű, szénhidrogén szagú volt. Szürke finomhomokos állag jellemezte itt az iszapot, néhol agyagos iszapflekkel tarkítva. Általánosan pedig nedves, közepesen kötött talajjellemzők szerepeltek.

FÚRÁSI JEGYZŐKÖNYV									
Munkaszám:					Fúrás pont neve: <i>WTB-2</i>				
Projekt név: <i>TÖKÖLB</i>					Fúrás végezte: <i>FTR 2000 kft</i>				
Dátum: <i>2021.09.27.</i>					Mintavételi eljárás: <i>SSA</i>				
Fúrás helyszín meghatározása: <i>Tököl Rapszék</i>					Mintavétel akkreditáltsága: <input checked="" type="checkbox"/> akkreditált <input type="checkbox"/> nem akkreditált				
Fúrás koordináták: X=					Y= Z= [mB]				
(m) fa.	Talaj- vízszint	Talaj rétegsor leírása Meghatározás	kód	jel	Szennyeződés Elszíneződés	Szagt	Kütképtés	Talaj- mintavétel	Megjegyzés
0,0									
0,7		Sárgásbarna iszapos homok kissé kötött, nedves	SM		Ø	Ø			
0,9		Sárgásbarna iszap	HL		Ø	Ø			
2,3		Sárgás finomhomok, közepesen oxidizált, nedves, impregnált	SP		Ø	Ø			
		Sűrűsárga homok, közepesen, közepesen oxidizált, nedves	SP		Ø	Ø			
					4,75-től felé	CH szag			
					50-től szűke	CH szag		(50)	WTB-2/5,0
Mintavételt végezte: <i>FLANER MÁTÉ</i>					Aláírás: <i>Flanér Máté</i>				
Jelentővők:					Aláírás:				

Dok. szám: Kiadás/Változat:	IM-4 V/3	Készítette: Jóváhagyta:	Sapru Dóra Flanér Máté	Oldal: Dátum:	1. Összesen 1 2020.12.18.
--------------------------------	-------------	----------------------------	---------------------------	------------------	------------------------------

17.ábra: WTB-2 fúrás (származása: Saját kép)

Végül elértem az utolsó ponthoz, ami a WTB-2 jelzésű volt. 0,7 méternél érkezett az első rétegváltás, addig szagtalan, elszíneződésmentes, sárgásbarna, kissé kötött, nedves, iszapos homok uralkodott. Az ezt követő rétegváltás rögtön, még ugyanazzal spirállal megtekinthető volt, pontosan 0,9 méternél. Addig sárgásbarna iszapot találtam. Ezt követően 3,3 méternél észleltem rétegváltás. 3,3 méterig a talajtípus sárgás finomhomok volt, közepesen osztályzott, nedves és iszapcsíkos. Szennyeződés nem jellemezte, így szagtalan, elszíneződés mentes vonások kerültek feljegyzésre. Fúrásom legalsó rétege szürkésárga színű, középszemű, közepesen osztályzott, nedves homok volt. Ezen a szinten 4,75 métertől észleltem fekete elszíneződést is és szénhidrogén szagot, majd 5 métertől szürke elszíneződés jelent meg és ezzel párhuzamosan erős szénhidrogén szagot tapasztaltam. 5 méternél megvettem a mintát, tehát itt is 5 méterig kellett lefűrnöm. Míg megszagoltam a mintát, kicsit el is szédültem, tehát úgy gondolom, ennél a mintánál erős szennyezés lesz majd kiértékelve.





18. ábra: Kézi fúrás (szárm.: Saját kép) 19. ábra: Kézifúrás közben (szárm.: Saját kép)

Másnap, 2021. 04. 28-án, a kézi magmintavevő készülékkel érkeztem vissza a Tököli Reptérre. Tulajdonképpen a mintavételi pontokon a rétegsorok nagyon hasonlóak voltak a fúrógéppel vett talajmintákhoz, összesen csak pár tizedméter különbséget tapasztaltam a helyszíneken. Így részletesen feljegyezni nem tartom szükségesnek, ellenben mindegyik pontról az elkészített jegyzőkönyveket feltüntettem. Érdekességként megemlíteném, hogy a kézifúróval vett minták esetében a rétegsor váltás több alkalommal is egy-két tized méterrel magasabban történt.

A kézifúróval végzett munkafolyamat egyrészt könnyebb volt, mert csak a szerszámosládát kellett vinnem magammal, amiben a kézifúró volt, és nem volt szükség a fúrógéppel való közlekedésre, valamint az ezzel járó pakolásokra, szerelésekre. Ugyanakkor más szempontból pedig nehezebb volt, mert önerőből kellett csinálni, és 4-5 méter mélységig való fúrás már igen magas erőállóképességet követel meg. A WTB-9 pontnál ütköztem komolyabb akadályba, mert a kavicsos talajban nem akart lefelé haladni a fúrófej, de végül sikerült átverekednem magamat a szakaszon.

Magának a fúrásnak a menete hasonló a fúrógéphez. Ennél az eszköznél is méterenként lehet haladni, ellenben nem rugós csapszeggel kötjük össze a métereket. Ezek a fúrószárak menetesek, ezért össze kell őket méterenként csavarni. Ez a szétszedésnél

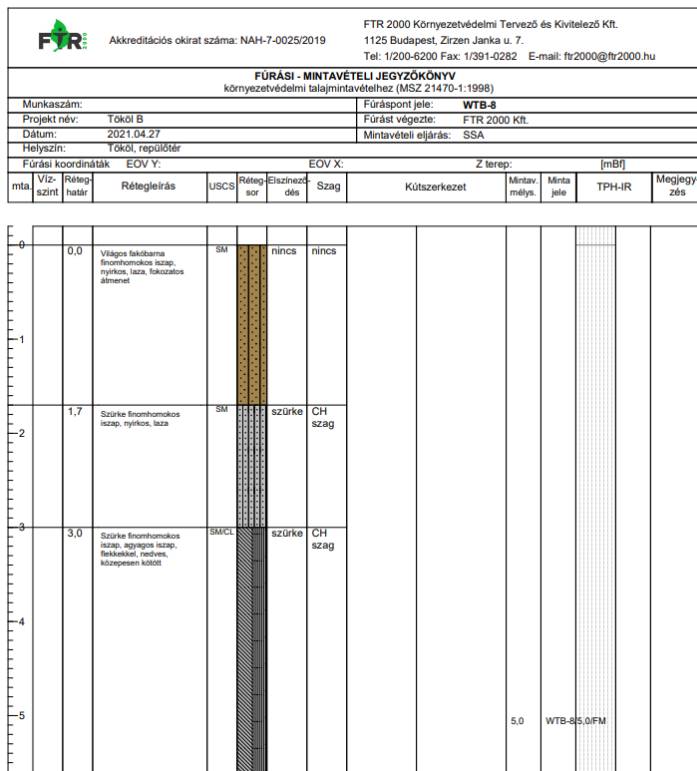




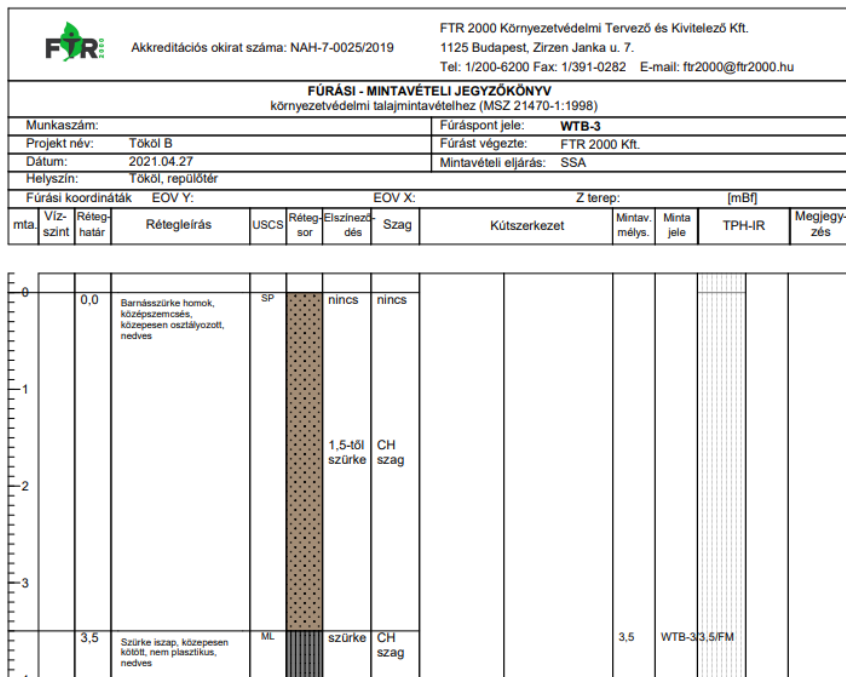


## 5.2.1 LOG-PLOT

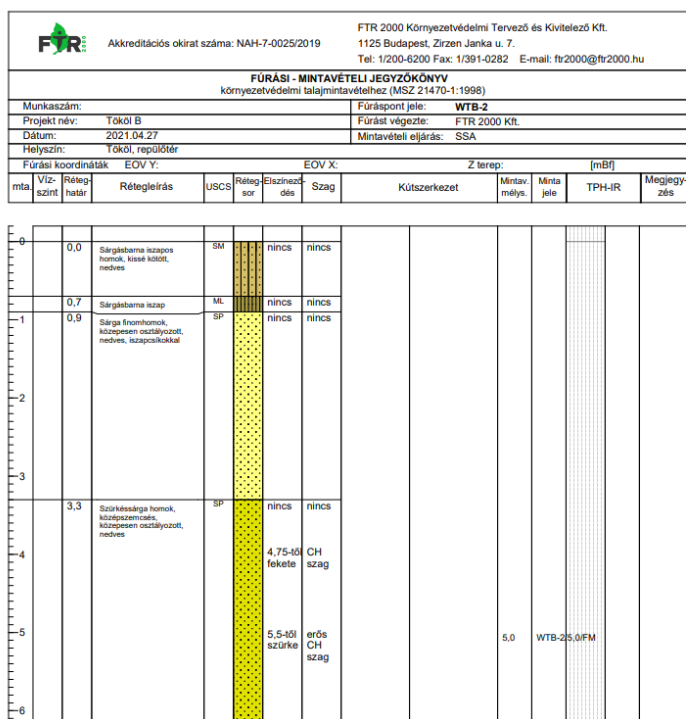
Terepi fúrési jegyzőkönyvekből, a LOG-PLOT program segítségével fúrési ábrákat készítettem. Ha kútszerkezetet is csináltam volna, akkor azt is lehetett volna ábrázolni. Ennek a programnak a segítségével, még kútszerkezetet is lehet szerkeszteni, de erre nem volt szükség a kutatásomhoz.



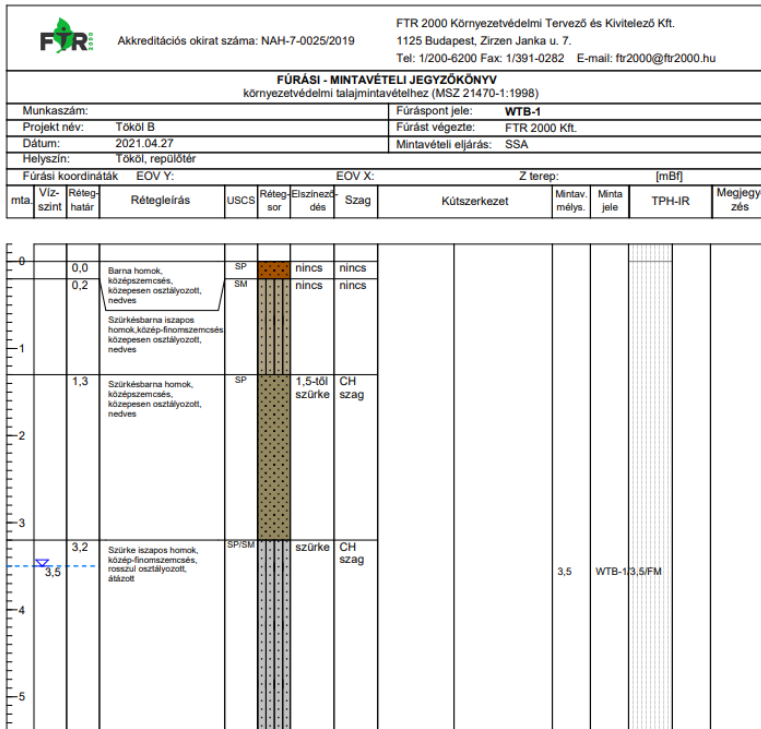
25.ábra: WTB-8 LOG-PLOT (Saját kép)



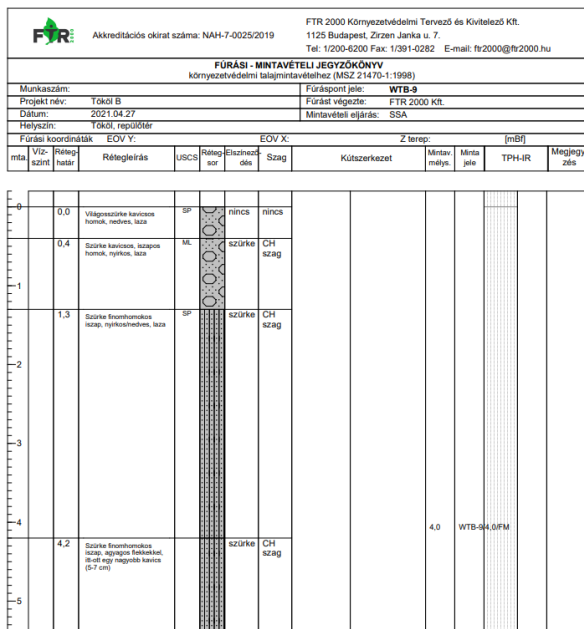
226.ábra: WTB-3 LOG-PLOT (Saját kép)



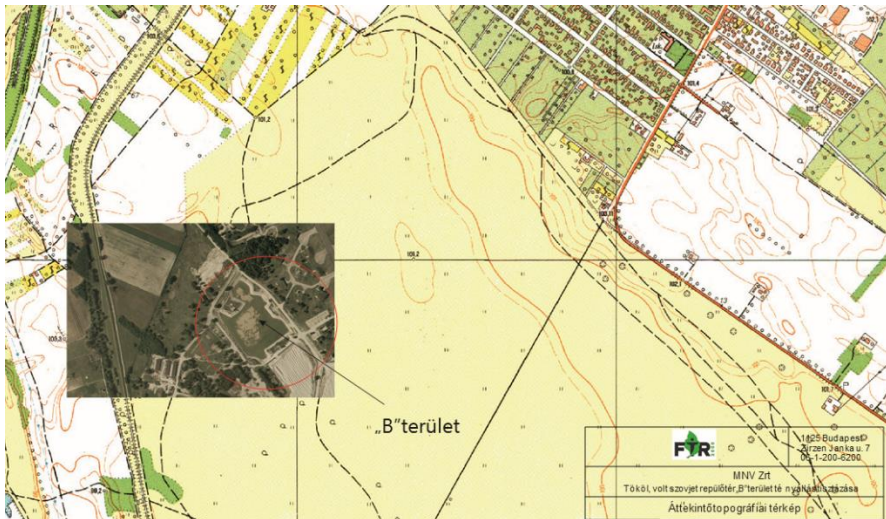
27.ábra: WTB-2 LOG-PLOT (Saját kép)



28.ábra: WTB-1 LOG-PLOT (Saját kép)



29.ábra: WTB-9 LOG-PLOT (Saját kép)



30.ábra: Helyszínrajz (származás: Saját kép)

### 5.2.2 Laboratóriumi eredmények kiértékelése

Talajminták jelei:

- WTB-1 a fúrési pontot jelöli
- WTB-1/3,5: “3,5” a mintavétel mélységét jelöli
- WTB-1/3,5/FM: “FM” azt jelöli, hogy ez a minta a kézi fúróval lett véve

Fúrógéppel vett minták: WTB-1/3,5; WTB-2/5,0; WTB-3/3,5; WTB-8/5,0; WTB-9/4,0

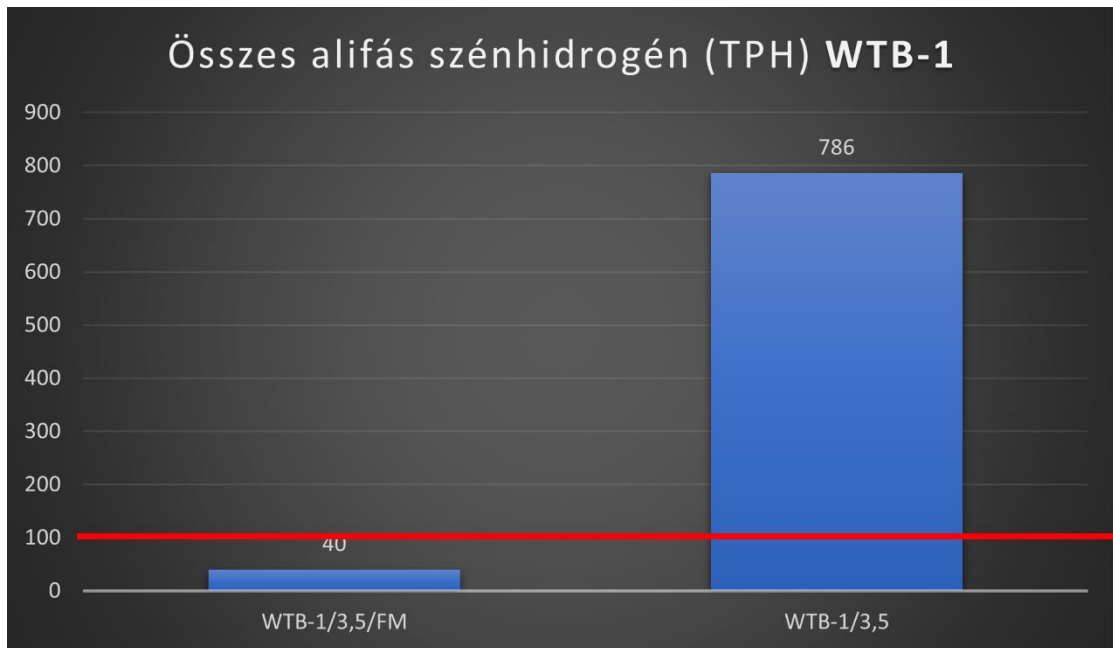
Kézifúróval vett minták: WTB-1/3,5/FM; WTB-2/5,0/FM; WTB-3/3,5/FM; WTB-8/5,0/FM; WTB-9/4,0/FM

Mintáim kiértékelését azzal kezdtem, hogy a labortól kapott értéket egy táblázatba rendeztem. Az azonos mintavételi pontból vett mintákat egymás mellé helyeztem, hogy könnyebben tudjam az értékeket összehasonlítani. Táblázatban az összes vizsgált paramétert is feltüntettem.

Számomra két fontos határértéket, a „B”, és a „D” kikerestem a vizsgált paraméterekre, mely a 6/2009, IV. 14-es jogszabályban van feltüntetve.

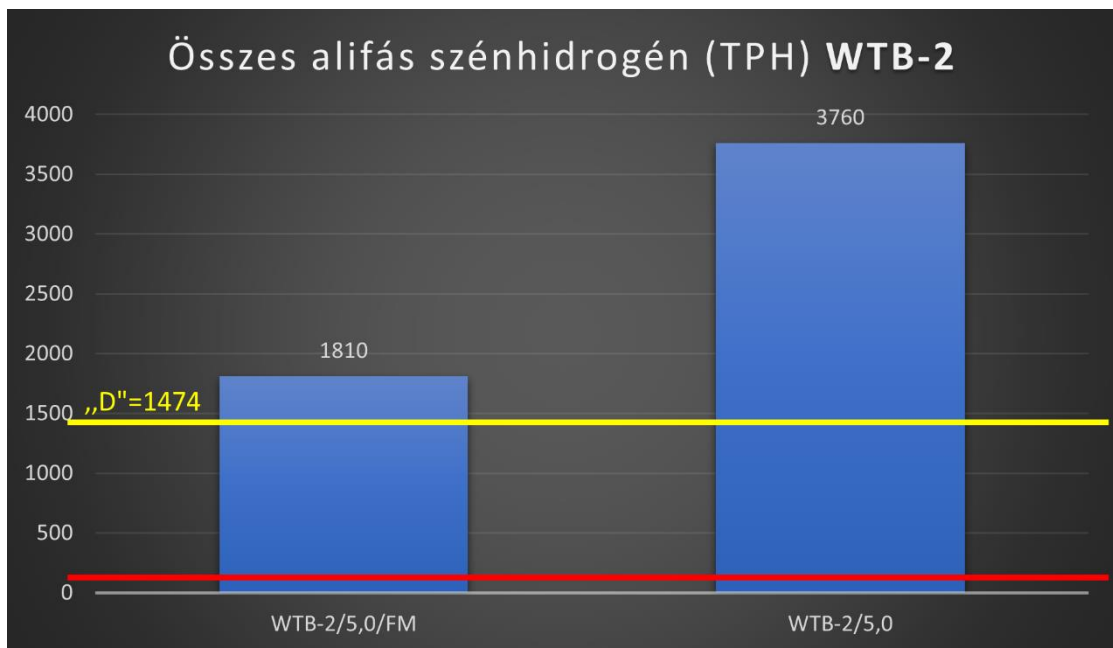
Ezeket a határértékeket is feltüntettem az excel táblázatban, hogy a kiértékelt paramétereknél jól látszódjon, melyik van „D”, és „B” határérték felett. A diagram ábrákon megkülönböztető színekkel adtam nekik.

Pirossal jelöltem a „B” határértéket, és citromsárga vonallal a „D” határértéket. Ezeknek számbeli kifejezését az adott ábra leírásában ismertetem.



31.ábra: WTB-1 Alifás szénhidrogén (származás: Saját kép)

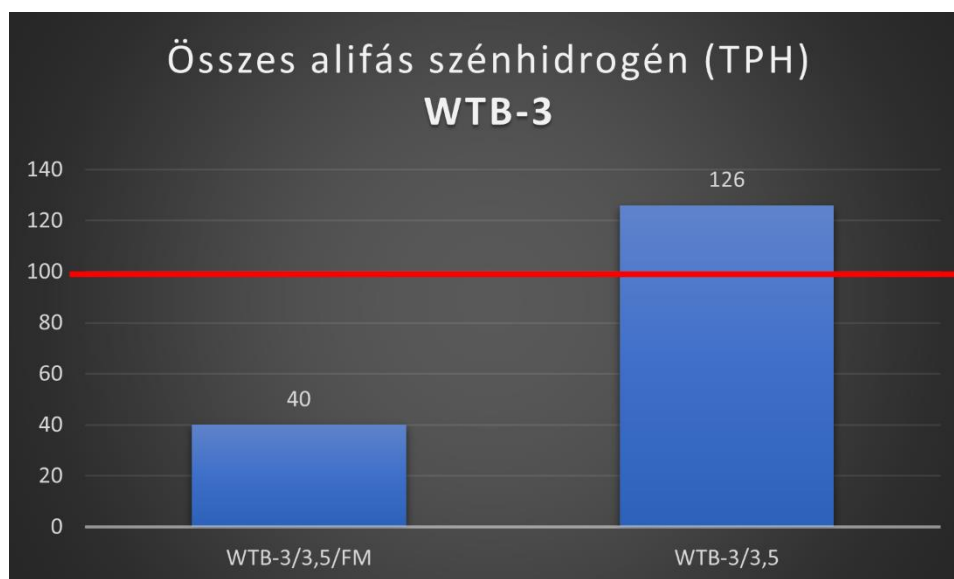
WTB-1 mintavételi pontnál mért összes alifás szénhidrogén értéke a kézfűróval vett minta esetében kevesebb lett mint 50 mg/kg. Míg a fűrógép eredményei meghaladták a 100 mg/kg értéket, amely a „B” határértéket jelöli, ezt piros vonallal jelöltem az ábrán. A szennyezettségi határérték többszörösét mérték a laboratóriumban WTB-1/3,5 ponton, tehát a talaj inhomogenitását tapasztalhatjuk meg az első állomáson.



32.ábra: WTB-2 TPH (származás: Saját kép)



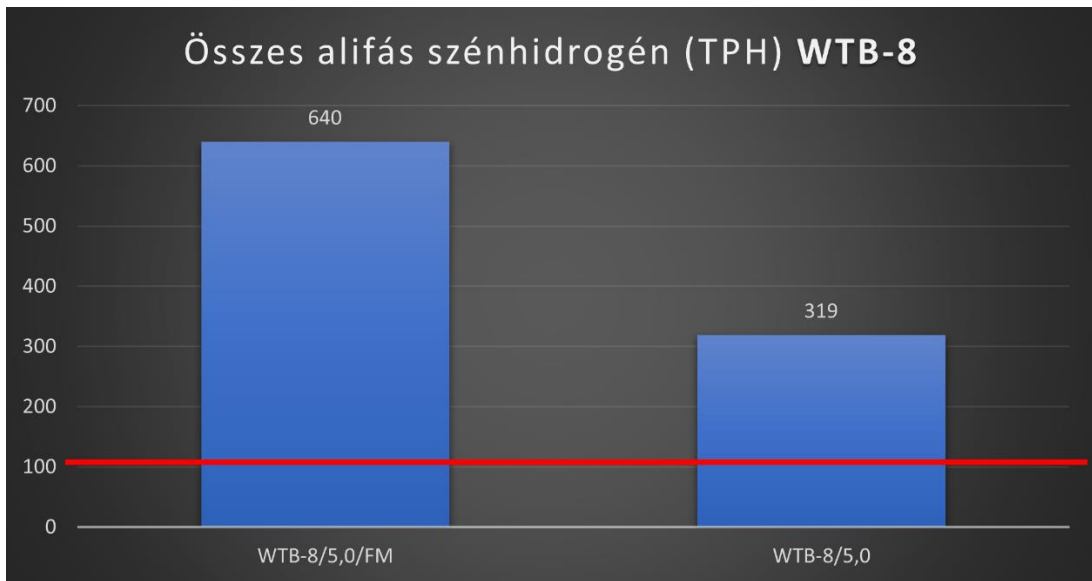
A második számú fúrési ponton a „B” határértéket nagy arányban meghaladta a kézfúróval és a fúrógéppel vett minták szennyezettségi hányadosa. De ennél még fontosabb információt is ad a kiértékelés, miszerint a jelölt „D” határértéket is túllépi a talaj szennyezettségi szintje kézi és gépi mintavétel esetében egyaránt. Ugyanis 1474 mg/kg a határérték, és a WTB-2/5,0/FM minta 23%-kal magasabb értéket mutat. A gépi mintavétel eredménye pedig azt mutatja, hogy több, mint kétszerese a szennyezettségi szint a kármentesítési célállapot határértékének. Ennél a mintavételi pontnál valószínűleg sikerült megtalálnom a szennyezés gócpontját, hiszen a kapott értékek kiugróan magasak. Ez a „D” határértéket meghaladó minta igazolja az első hipotézisemet.



33.ábra: WTB-3 Alifás szénhidrogén (származás: Saját kép)

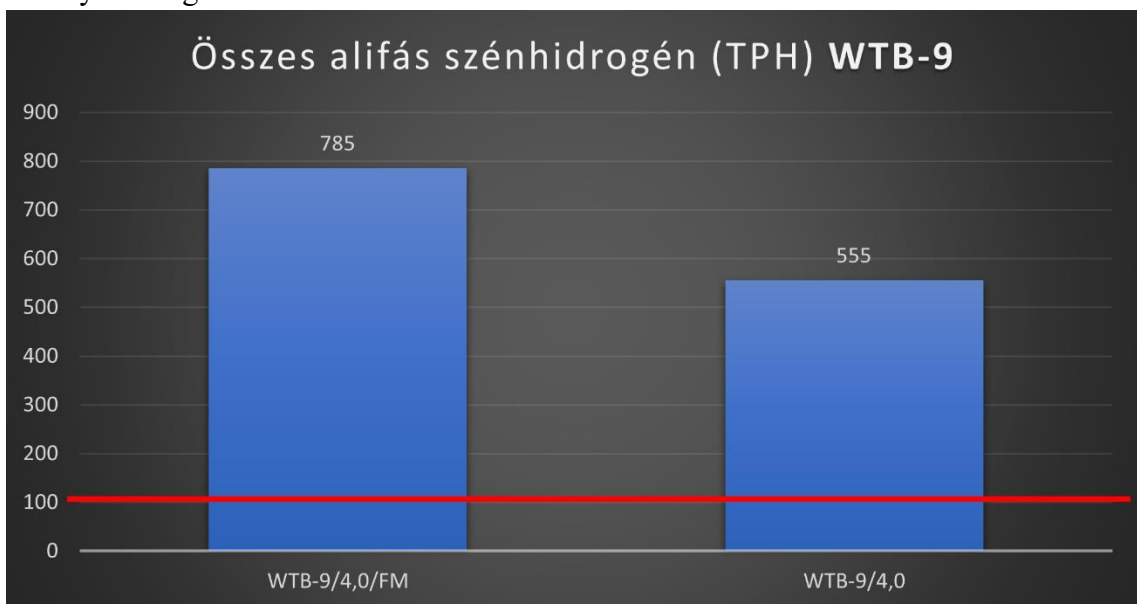
A TPH vegyületek a fúrógéppel vett mintánál jelentkeztek magasabb koncentrációban a WTB-3-as ponton. 126 mg/kg érték meghaladta a „B” határértéket, míg a kézi magmintavevő esetében kimért eredmények szennyezettségi szempontból elhanyagolhatóak. Tehát szennyezettnek a WTB-3/3,5 jelű minta minősül. Jelen ponton is a gépi fúrás során megvett minta mutatott magasabb szennyezettségi értéket.





34.ábra: WTB-8 alifás szénhidrogén (származás: Saját kép)

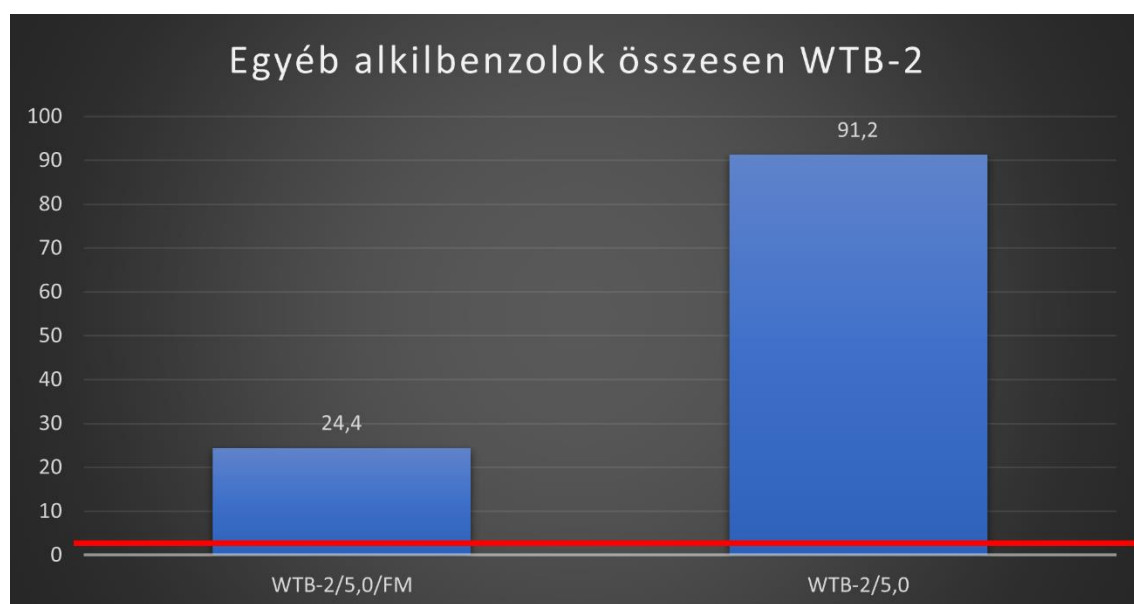
A WTB-8 mintavételi ponton született minták közül magasabb szennyezettségi szintet a kézi magmintavevő által vett talajból mérte a labor. 640 mg/kg érték több, mint kétszerese a gépi fúró által vett WTB-8/5,0 mintának, de mindkét érték jócskán meghaladta a „B” határértéket, melyet a piros vonal jelöl. Az előző pontoktól eltérően a TPH vegyületek összessége a kézi fúrás eredményeként bekerült talajmintában mutatott ki magasabb szennyezettségi értéket.



35.ábra: WTB-9 alifás szénhidrogén (származás: Saját kép)

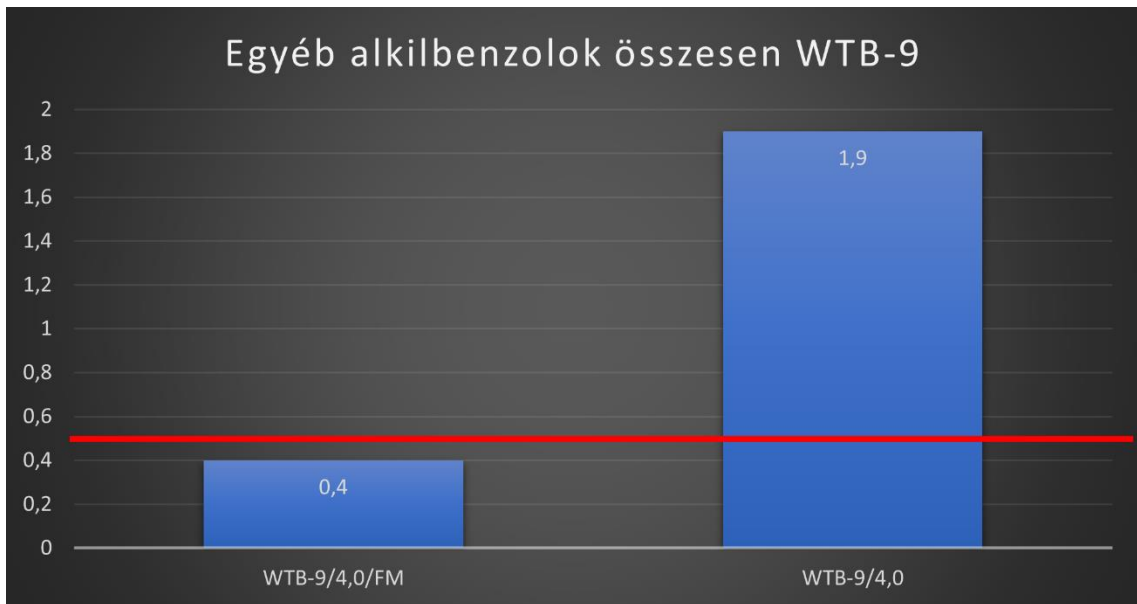
A WTB-8-as ponthoz hasonlóan a WTB-9-nél is mindkét esetben meghaladta a „B” határértéket a TPH vegyületek mennyisége, ami a magas szennyezettségi állapotot jelzi. Továbbá abban is egyezik a két pont, hogy a kézi fúrás során vett minta értéke lett a magasabb.

Az eredményeket összevetve kimondható, hogy a hipotézisem beigazolódott, miszerint a minták 60%-nál magasabb arányban mutattak „B” határérték feletti szennyezettséget. Ugyanis a minták 80%-ánál haladta meg a TPH komponens a szennyezettségi határértéket, és csupán 2 darab talajmintánál volt a megengedett szint alatt.



36.ábra: WTB-2 BTEX (származás: Saját kép)

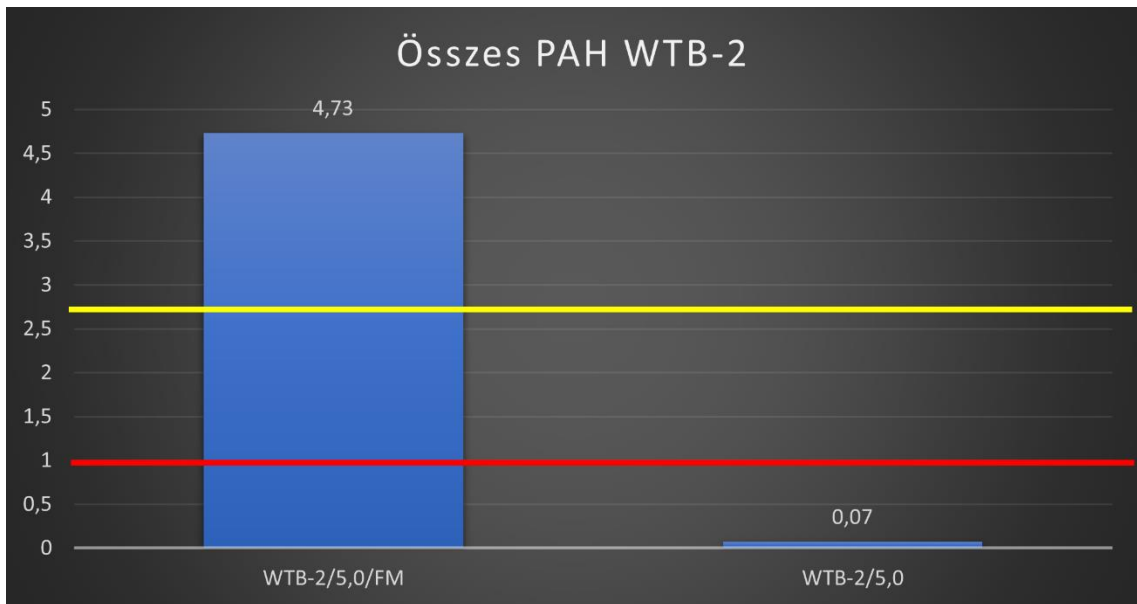
BTEX vegyületek bevizsgálásakor az eredmények a WTB-2 és WTB-9 ponton alakultak érdekesen. A WTB-2-es mintavételek kézi és gépi fúrásos esetben is „B” határértéket meghaladó szennyezettségi szintet mutattak, mely a jogszabály alapján előírt 0,5 mg/kg-os mennyiséget jelenti. Ezt a szintet piros vonallal jelöltem az ábrán. Kézi mintavevő esetében 24,4 mg/kg volt a mért összes alkilbenzol szint, fúrógépnél pedig ennek majdnem négyszerese lett az eredmény, 91,2 mg/kg. Ennél a pontnál ismételen nagy eltérést tapasztaltam a két különböző eszközzel megvett minták értékei között.



37.ábra: WTB-9 BTEX (származás: Saját kép)

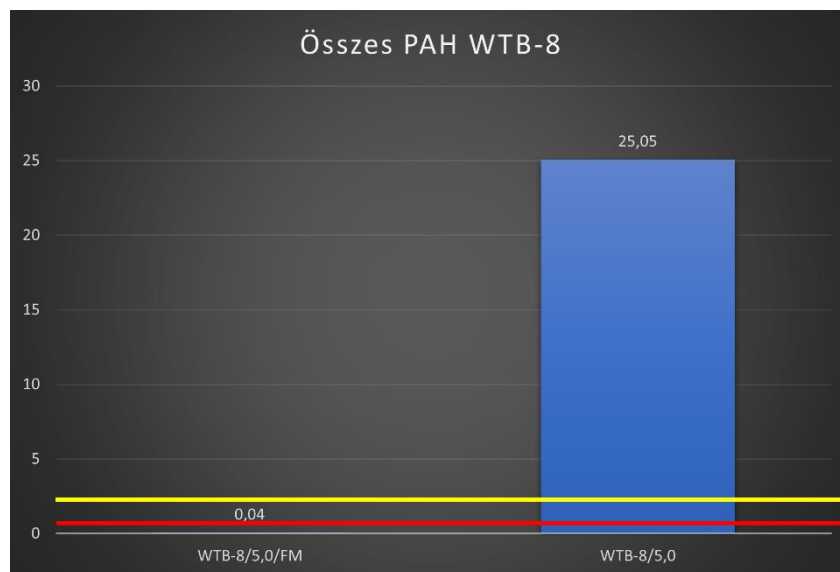
A másik értékes pont a dolgozatomra vonatkoztatva a WTB-9 volt, itt csak a gépi fúrásos eredmények esetében mérték az alkilbenzoloknál „B” határértéket meghaladó szennyezettségi szintet. Míg a WTB-9/4,0/FM nem haladta ezt meg, a WTB-9/4,0 ponton 1,9 mg/kg lett a BTEX vegyületek mennyisége.

Végül a PAH vegyületek összesítését elemeztem, ahol az előírt határértékek a következőképpen alakultak. A piros vonallal ábrázolt „B” határérték 1 mg/kg-ban lett meghatározva, a „D” határérték mennyisége pedig 2,65 mg/kg, melyet sárgával jelöltem szokásosan. Nem mindegyik mintából tudtam PAH vizsgálatot kérni, ez a 40. ábrán fel van tüntetve. De a következőkben ábrázolt pontokon ennek ellenére dolgozatomhoz fontos eredményeket kaptam a labortól.



38.ábra: WTB-2 összes PAH (származás: Saját kép)

A WTB-2-es fúrási ponton a kézi mintavevő által szolgáltatott eredményeknél mértek magas szennyezettségi értéket, melynek jele WTB-2/5,0/FM. A „B” határérték után a minta meghaladta a „D” határértéket is, összesen 4,73 mg/kg-os szinttel. Ez a naftalinoknak köszönhető legfőbb mértékben, melyek a táblázat szerint (40. ábra) 4,6 mg/kg-os mennyiségben szerepeltek a mintázott talajban. Ide sorolható az 1-Metilnaftalin és a 2-Metilnaftalin, de az összes PAH eredmény ilyen magas szintjéhez hozzájárult az acenaftilén, fluorén, fenantrén, valamint az acenaftén vegyületek mennyisége is.



39.ábra: WTB-8 összes PAH (származás: Saját kép)

A WTB-8-as mintavételi ponton a gépi fúrásakor vett minta kiugróan magas PAH értékeket eredményezett. 25,05 mg/kg-os szennyezettségi szint majdnem a tízszerese a „D” határértéknek, melyért szintén a naftalinok voltak a felelősek a legnagyobb arányban. 24,74 mg/kg az összes naftalin mennyisége a WTB-8/5,0 pontnak, mely a PAH összértékének 98,7%-át jelenti.

Az alábbi táblázatban tüntetem fel a labor által bevizsgált minták részletes eredményeit. A talajban felfedezhető adott vegyületek mennyiségén kívül csoportonként található egy összegzés, melyek alapján megállapíthatóak a BTEX, PAH és TPH értékek.

Vizsgált paraméter	Mértékegység	*B* határérték	KTV/35618/2/2006 *D*	Minta jele											
				WTB-1/3/FM	WTB-1/3/5	WTB-2/50/FM	WTB-2/5/0	WTB-3/3/5/FM	WTB-3/3/5	WTB-8/5/0/FM	WTB-8/5/0	WTB-9/4/0/FM	WTB-9/4/0		
Benzol 1	mg/kg szá.	0,2		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Toluol 1	mg/kg szá.	0,5		<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Etilbenzol 1	mg/kg szá.	0,5		<0,05	<0,05	<0,05	5,81	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Xilolok összesen 1	mg/kg szá.	0,5		<0,1	<0,1	0,6	5,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Egyéb alkilbenzolok összesen (16) 1	mg/kg szá.	0,5		<0,5	<0,5	24,4	91,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,9
VAPH (6-C12) 1	mg/kg szá.			<5	7	100	245	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
n-Hexán 1	mg/kg szá.			<0,05	<0,05	<0,05	0,78	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
n-Dekán 1	mg/kg szá.			<0,05	0,56	21,9	64,5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
VALPH (C5-C12) 1	mg/kg szá.			<25	807	1620	3220	<25	<25	80	580	208	644	70	70
VPH (C5-C12) 1	mg/kg szá.			<25	614	1720	3480	<25	<25	80	580	208	644	70	70
EPH (Cl0-C40) 2	mg/kg szá.			<25	508	700	2880	<25	<25	100	160	287	341	234	234
Összes alifás szénhidrogén (TPH C5-C40)	mg/kg szá.	100	1474	<50	786	1810	3760	<50	<50	126	640	319	785	555	555
Naftalin 1	mg/kg szá.			<0,05		0,8	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	3,41	<0,05		
1-Metilnaftalin 1	mg/kg szá.			<0,02		2,26	0,07	<0,02	<0,02		<0,02	8,43	0,03		
2-Metilnaftalin 1	mg/kg szá.			<0,02		1,54	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	11,9	<0,02		
Naftalok összesen (3) (a) 1	mg/kg szá.			<0,05		4,6	0,07	<0,05	<0,05		<0,05	24,74	0,03		
Acenaphthen 1	mg/kg szá.			<0,02		0,03	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	0,07	<0,02		
Acenaphthen 1	mg/kg szá.			<0,02		0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	0,05	<0,02		
Fluoren 1	mg/kg szá.			<0,02		0,05	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	0,13	<0,02		
Fenanthren 1	mg/kg szá.			<0,02		0,03	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	0,06	<0,02		
Anthracen 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Fluorantén 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Phen 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Benzofljarcsen 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Benzofljarcsen 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Kerén 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Benzofluorantén 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Benzofluorantén 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Benzofljarcsen 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Benzofljarcsen 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Indenol (1,2,3-dijetén) 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Dibenzofljarcsen 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Benzofljarcsen 1	mg/kg szá.			<0,02		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		<0,02	<0,02	<0,02		
Összes PAH (19) (a) 1	mg/kg szá.	1	295	<0,05		4,73	0,07	<0,05	<0,05		<0,05	25,05	0,03		

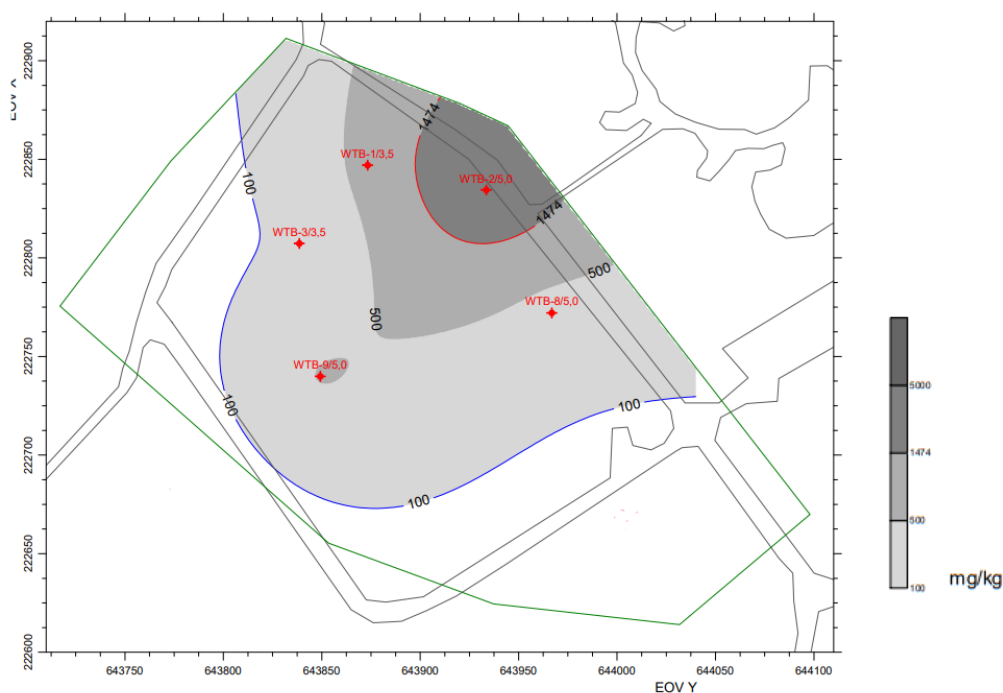
40.ábra: Összes kiértékelt eredmény (származás: Saját kép)

A vizsgálatok alapján nem a kézfúróval vett minták eredményei mutattak magasabb szennyezettséget összeségében, így ez a hipotézisem nem igazolódott be. A kiemelt és ábrázolt fontos mintavételi pontok közül csak 3 esetben volt igaz az állítás, és 66,6%-ban a gépi fúrás során vett minták bizonyultak szennyezettebbnek.

A kapott értékek alapján készítettem szennyezettségi térképet a Surfer Program segítségével. Céлом az volt, hogy szemléltessem a fúrásaim során jelentkezett szennyezettség elterjedését, ezeknek mértékét.

Azért a TPH szennyezettségről készítettem csak, mert a kapott értékek ebben az esetben voltak a legmagasabbak, illetve a kiterjedés mértéke is itt volt a legnagyobb, így térképen jól ábrázolható. Ezeknek a térképeknek más szerepük is van, igen hasznosak. Például egy külsős megrendelő esetén, miután a minták eredménye megérkezett a laborból, érdemes a vállalkozónak készíteni egyet, mert ezáltal értelmezhető a kár mértéke, és könnyíti a további folyamatokat. Többek között az anyagi ráfordítást, időbeni beosztást, beruházás mértékének megaccolását és hasonlókat.

Ábrámon egyértelműen észrevehető, hogy a kettes pont körüli területen a legszennyezettebb a talaj.



41.ábra: TPH összes szennyezettség (származás: Saját kép)

## 6. ÖSSZEGZÉS

Szakdolgozatom a Tököli Repülőtér talajminőségét vizsgálja, összehasonlítva a terepen végzett két különböző típusú mintavevő készülék eredményességét.

Környezetvédelmi cégben végzett több éves munkám során sokféle projektben vehettem részt, és számomra a fúrások jelentették a legnagyobb kihívást, izgalmat és szakmai fejlődési lehetőséget egyaránt. Egyre többször került sor ezekre az alkalmakra, és elkezdtem érdeklődni aziránt, hogy vajon lehet-e különbség a bolygatott és a kézi magmintavevő talajminták eredményei között. Kutatásom célja tehát ennek a két típusú mintavételezési formának a végrehajtása és eredményeinek összehasonlítása volt. Emellett további céloom volt, hogy bemutassam a talajmintavételezés fontosságát, ezen belül is annak szakszerű és pontos végrehajtását. Mert országsszerte szükséges véleményem szerint, hogy a precíz felmérés által a kármentesítés a lehető leghatékonyabb legyen.

Az alapos szakirodalmi áttekintést követően bemutattam a speciális fúrógépet, az AMS kézi magmintavevő eszközt, valamint az ezekkel történő mintázás folyamatát. A mintavétel során dokumentáltam és ismertettem a helyi adottságok, a módszer és a minta paramétereit egyaránt.

A megvett talajmintákat BTEX, PAH és TPH vegyületekre vizsgáltattam be, melyet a Wessling Hungary Kft laboratórium végzett el. A kapott eredmények egyértelműen igazolják, hogy a szennyezettség mértéke magas, mert 4 mintavételi ponton is „D” határérték feletti értékek születtek. Készítettem szennyezettségi ábrát is, melyet a TPH vegyületek esetében lehetett látványosan prezentálni. Ez alapján kimondható, hogy kifejezetten egy helyen van a gócpont, és onnan terjed a szennyezés. Tovább erősíti a kármentesítés sürgősségét a reptéren az a tény, hogy a TPH paraméter „B” határértékét 80%-ban meghaladják a talajminták szennyezettségi szintjei.

Feltételeztem, hogy a kézi magmintavevő készülék mintáinál, mivel ez a módszer nem számít bolygatott mintavételi eljárásnak, magasabb szennyezettségi szintet fogok találni. Az eredmények megcáfolták ezt a gondolatot, ugyanis kétharmad arányban a gépi fúrás paramétereit mutattak erősebb szennyezettséget.



A megszületett eredmények alapján nem tudok egyértelmű következtetést levonni, hogy melyik típusú mintavételi eljárás által keletkezett adatok felelnek meg jobban a valóságnak. Kizárólag összevetni vagyok képes őket. De környezetmérnökként úgy gondolom, a teljes körű összehasonlítás újabb izgalmas kutatási lehetőséget rejt magában.

## 7. SUMMARY

My dissertation examines the soil quality of Tököli Airport, comparing the effectiveness of two different types of sampling devices performed in the field.

During my many years of work at an environmental company, I have been involved in a wide variety of projects, and for me, drilling has been the biggest challenge, excitement and opportunity for professional development alike. More and more of these occasions have taken place, and I began to wonder if there could be a difference between the results of disturbed and manual seed sampling soil samples. The aim of my research was therefore to implement these two types of sampling and to compare their results. In addition, my additional goal was to demonstrate the importance of soil sampling, including its professional and accurate implementation. Because across my country, I think it is necessary for remediation to be as effective as possible through a precise survey.

After a thorough literature review, I introduced the special drilling machine, the AMS manual core sampling device, and the patterning process with them. During the sampling, I documented and described the local conditions, the method and the parameters of the sample.

The purchased soil samples were tested for BTEX, PAH and TPH compounds performed by the Wessling Hungary Kft laboratory. The obtained results clearly confirm that the level of contamination is high, because values were exceeded above the limit value “D” at 4 sampling points. I also made an impurity diagram that could be spectacularly presented for TPH compounds. Based on this, it can be said that the focal point is specifically in one place, and from there the pollution spreads. The urgency of remediation at the airport is further enhanced by the fact that the level of contamination of soil samples exceeds the limit value of parameter TPH “B” by 80%.

I assumed that for samples of the manual core sampler, since this method does not count as a disturbed sampling procedure, I will find a higher level of contamination. The results refuted this idea, as two-thirds of the parameters of machine drilling showed stronger contamination.

Based on the results obtained, I cannot draw a clear conclusion as to which type of sampling procedure the data generated are more accurate. I can only compare them. But as an environmental engineer, I think the full comparison holds another exciting research opportunity.

## 8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] 4/2001.(II. 23.) KÖM rendelet „A hulladékolajok kezelésének részletes szabályairól”1.§ c)
- [2] 98/2001. (VI. 15.) KÖM rendelet, „A veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről”
- [3] Ádány Róza: Megelőző orvostan és népegészségtan, Medicina Könyvkiadó Zrt., Budapest, 2011.
- [4] Amaczi Viktor, Ács Tibor: Hadtudományi Lexikon I., Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 144. oldal,1995
- [5] Anton A., Dura Gy., Gruiz K., Horváth A., Kádár I., Kiss E., Nagy G., Simon L., Szabó P.: Talajszennyeződés, talajtisztítás, Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest, 1999
- [6] Anton Attila: Kármentesítési kézikönyv 5., Bioremediáció: Mikrobiológiai kármentesítési eljárások, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest, 2010.
- [7] Bell, P.A., Fisher, J.D., Baum, A., Greene, T.H.E.: Environmental Psychology. Holt,Rinehart, and Winston, New York, 1996
- [8] Bora György, Korompai Attila (szerk.): A természeti erőforrások gazdaságtana és földrajza, Aula Kiadó, Budapest, 2003
- [9] Budai László: Vízkutatás és kútfúrás a hidrogeológiai kutatás komplex magyar módszereivel, Földtani Kutatás, II. évf., I. szám, 2. oldal, 1959
- [10] Clauset, A., Shalizi, C. R., Newman, M. E. J.: Power-Law Distributions in Empirical Data, SIAM Review, 661 p., 2009
- [11] dr. Barótfi István: Környezettechnika, Mezőgazda Lap- és könyvkiadó Kft., Budapest, 2003
- [12] Dr. Fodor László: Környezetjog, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 2015
- [13] Dr. Halász László, Dr. Földi László: Környezetbiztonság, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Budapest, 2014.
- [14] Kátai János: Alkalmazott talajtan, Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem, 2011

- [15] Krajnc Zoltán: Hadtudományi Lexikon új kötet, Dialóg Campus, Budapest, 101. oldal, 2019
- [16] Kuris Zoltán: A biztonságtechnika tudományszak tárgya és eredményei, Hadmérnök, V. évf. I. szám, 5. oldal, 2010
- [17] Óvári Mihály (szerk.): Környezeti mintavételezés, Typotex Kiadó, Budapest, 2012
- [18] Pásztor László: Célspecifikus térbeli predikciók kidolgozása feladatorientált, térképi alapú talajinformációk előállítására, Doktori értekezés, Budapest, 2018.
- [19] Szabó Zsolt: A katonai repülőtéri talajszennyezés megelőzésének biztonságtechnikai lehetőségei, Repüléstudományi közlemények, XXIII. évf. I. sz, 2011
- [20] Szatmári Gábor: Geostatistikai megközelítésen alapuló digitális talajterképezési és mintavétel optimalizációs módszertan kialakítása, valamint alkalmazása különböző léptékekben, Doktori értekezés, Szeged, 2017
- [21] Tarnóczi Ferenc: Tököli volt szovjet katonai repülőtér, „B” terület, Szennyezett talaj és talajvíz kármentestése, Műszaki beavatkozási záródokumentáció, Budapest, 2007
- [22] Valerie King: Soil&Groundwater, Sampling Equipment, 62.o, 2017
- [23] 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről, Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye