



**MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA
KÖRNYEZETVÉDELMI TAGOZATA**

**FFD szonda alkalmazási lehetőségei
a kármentesítések gyakorlatában**

2015. november

Bevezetés

A FAP keretein belül bemutatjuk az FFD szonda gyakorlati alkalmazásának lehetőségeit. Néhány nem régiben történt alkalmazás példáját használjuk fel erre. Az FFD szonda gyors és érzékeny indikátor elsősorban a felszín alatti vizek és talajszennyező TPH és PAH szennyező anyagokra. Előnye, hogy a szennyező anyagok és a befogadó közeg földtani-hidrogeológiai körülményei együtt vizsgálhatók. A mintavételi helyek optimális kijelölésével a hagyományosnál jobb szennyezettségi kép felvételét teszi lehetővé.

Alkalmazása költség- és időmegtakarítást jelent már a tényfeltárások során is, mert azonnali eredményt ad. Használata mellett a laborvizsgálatok száma csökkenthető.

A szonda által adott mérési eredmény birtokában egyéb mérnökgeofizikai adatokkal együtt jól megérthető a kármentesítési beavatkozás minden lényeges körülménye. Segíti a hatékony tervezési munkát.

A Környezetvédelmi Tagozat néhány szakértőjének bevonása mellett kerestük meg az ELGOSCAR Kft.-t és a Biocentrum Kft.-t, akik az elmúlt néhány hónapban jelentős eredményeket ért el a szonda alkalmazásával a kármentesítések és a tényfeltárások folyamatának felgyorsításában, pontosításában.

Országos jelentőséggel bír a szonda alkalmazási lehetőségeinek bemutatása, mivel Magyarországon jelentős felszín alatti szennyeződések vannak még napjainkban is. Feltérképezésük, aztán a gyors döntés előkészítés, melyhez a szonda segítséget nyújthat, rendkívül fontos.

A szakmagyakorló környezetvédelmi szakértők becsült száma több száz főt is érinthet.

Segíti a hatékony tervezési munkát. A szonda alkalmazása költség- és időmegtakarítást jelent már a tényfeltárások során is, mert azonnali eredményt ad. Használata mellett a laborvizsgálatok száma csökkenthető.

A szonda által adott mérési eredmény birtokában egyéb mérnökgeofizikai adatokkal együtt jól megérthető a kármentesítési beavatkozás minden lényeges körülménye.

A szondás vizsgálatok környezetvédelmi jelentősége

A **környezetvédelemi szonda** egyre nagyobb térhódítását annak köszönheti, hogy segítségével a talaj kitermelése nélkül meg lehet állapítani a talaj illetve a talajvízről, hogy szennyezett-e. Alkalmazásával a talaj és talajvíz szennyezettség lehatárolásához szükséges igencsak költség és időigényes kémiai analitikai vizsgálatok a minimálisra csökkenthetők. A szonda további előnye a talajszennyezettség kutatásában, hogy a hagyományos fúrásos mintavételhez képest nem csak diszkrét mintavételi mélységekből nyert minták szennyezettségéről kaphatunk információt, hanem a folyamatos mérésnek köszönhetően a szonda lenyomása közben a talajszelvény szennyezettségének változását is nyomon követhetjük.

A CPT szondázás gyorsabb, egyszerűbb, bővebb információt nyújtó vizsgálati módszer, mint a korábbi talajfeltárások. Olyan tájékoztató jellegű információkat ad, melynek segítségével egy átfogó képet kapunk az adott terület földtani viszonyairól kiemelve a szennyezéssel érintett területeket, ezért csak a kiemelkedő értékeket mutató pontokon szükséges részletesebb, akkreditált vizsgálatot elvégezni. Ezzel nem kis időt és anyagi ráfordítást megspórolva.

Mérnökgeofizikai szondázások (CPT_e)

A mérnökgeofizikai szondázás a hagyományos talajmechanikai statikus szondázás (CPT-vizsgálat) és a fúrólukokban végzett geofizikai mérések összekapcsolásával jött létre. Alkalmazása során kisátmérőjű szondákat juttatunk a talajba hidraulikus lesajtolással, melyek az eredeti települési viszonyokat csak jelentéktelen mértékben változtatják meg, így a módszer in-situ adatokat szolgáltat.

A terepi munka során öt adatsort mérünk, melyek közül három az áthatolt képződmények egymástól független fizikai tulajdonságaival áll összefüggésben. A hidraulikus berendezés maximális lenyomóereje általában 16 tonna körül van.

A kutatási mélység az első kemény képződményig (pl. mészkő, dolomit, homokkő stb.), laza rétegekben 20-30 m-ig terjed. Alkalmazásával minden 20 cm-nél vastagabb, környezetétől eltérő tulajdonságú réteg biztonsággal kimutatható olyan közegben is, amely laza szerkezete folytán magképtelen.

A mért csatornák a következők:

- *Csúcsellenállás (CONE, qc) és lokális palástsúrlódás*
A mérőszár csúcsán (standard talajmechanikai kúp) és oldalfalán (standard palástfelület) lefelé haladás közben jelentkező nyomás, amelyek a réteg törőszilárdságával és belső súrlódásával arányosak.
- *Természetes gamma aktivitás (GAM)*
A mérőszár belsejében, sugárzásmérő szondával mért mennyiség, amely elsősorban az agyagok kálium-tórium tartalmával van összefüggésben. A leggyakoribb képződmények egyéb radioaktív elemet csak igen ritkán tartalmaznak, így ez a mennyiség az agyagtartalmat jelzi.
- *Gamma-gamma térfogatsúly (halmazsűrűség, DEN)*
A sugárzásmérő szondához illesztett mesterséges sugárforrás (Ce137) gamma részecskéinek a rétegben történő szóródásának mérése. A mért adatokat - etalonokban végzett hitelesítések alapján - térfogatsúly adatokká alakítjuk.
- *Neutron-neutron víztartalom (víz pórustérfogat, NPHI)*
A sugárzásmérő szondához illesztett mesterséges neutronforrás (Am-Be) részecskéinek a rétegben történő fékeződésének mérése. A mért adatokat - etalonokban végzett hitelesítések alapján - víztartalom adatokká alakítjuk.

A mért paraméterek együttes értékelése lehetővé teszi a földtani képződmények elkülönítését (rétegekre bontás), és eredeti helyükön való felismerését (minősítés). A mérési adatok feldolgozását számítógéppel végezzük.

Az adatlapokon feltüntettük a mérőszár kihúzása után a lyukban beállt vízszintet (megütött vízszint). Amennyiben a lyuk a talajvíz hatására összefolyt, akkor a beomlási mélységet adtuk meg, mivel ez is jó indikátora a talajvíz helyzetének.

A talajmechanikai adatsorok részben egy speciális karotázsértelmezési eljáráson alapulnak, részben görbesereges kiértékelésből származnak. A karotázs értelmezés kőzetösszetevőkre bont az alábbi alapelvek szerint: a közeget négy fázisúnak tételezi fel:

1. radiológiailag inaktív kőzetmátrix (általában kvarc) sűrűség = 2.65 g/cm^3
2. a többi szilárd rész agyagásvány, amely gamma-sugárzó, sűrűség = 2.80 g/cm^3
3. víz, sűrűség = 1.0 g/cm^3
4. levegő, sűrűség = 0.001 g/cm^3

A természetes-gamma az agyagásvány tartalommal, a neutron mérés a víztartalommal, a gamma-gamma mérés pedig az mindegyik komponens átlagos térfogatsúlyával van közvetlen összefüggésben, tehát mérésből előállíthatók egyértelmű módon az összetevők. Az egyes komponensek birtokában igen pontosan kiszámítható a száraz térfogatsúly, porozitás, hézagtényező és szabványos víztartalom, de vannak egyéb lehetőségek is.

A Stefanovits-konzisztencia indexet a csúcscellenállás adatokból számítható görbesereggel.

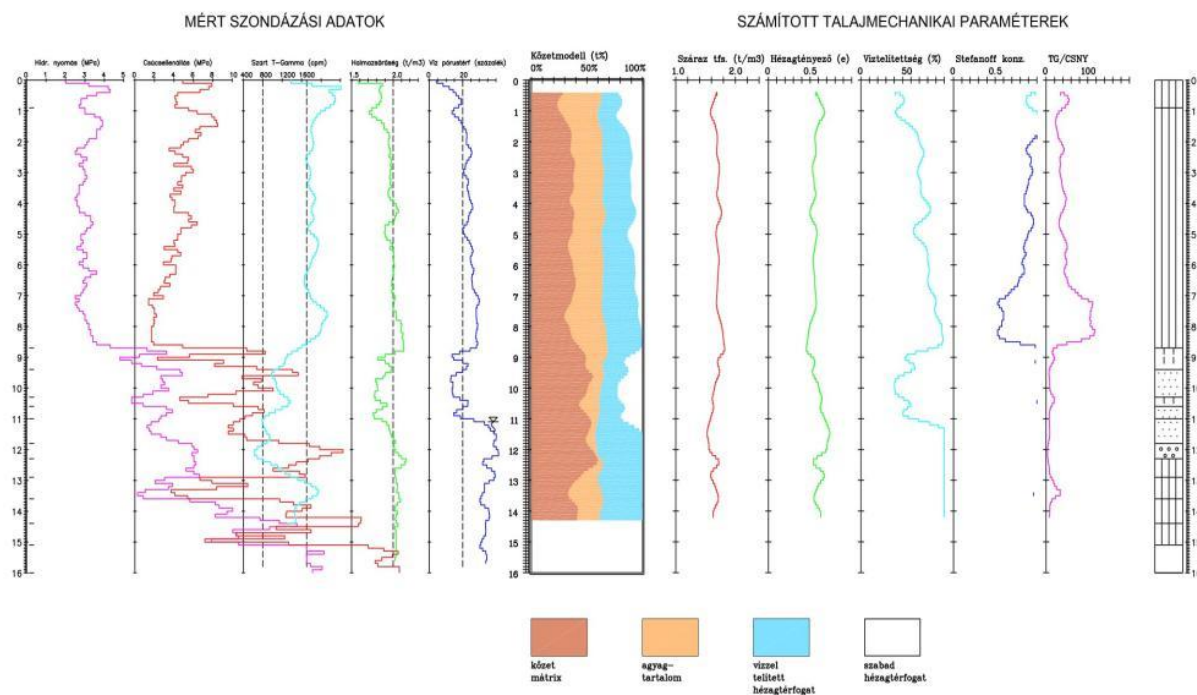
Az összenyomódási (deformációs) modulusz a litológiai minősítés figyelembe vételével számítható a csúcscellenállás adatokból.

A CPTe szondázások eredményeinek ismertetése

A fúrások mellett ez a legnagyobb részletességű, vizsgálat a teljes vizsgálati területet lefedi az előre megtervezett eloszlásban és sűrűséggel. A feltárási mélység követni szokta a fúrásokat, de szűrőpróbaszerűen készülhet 20 m-es szonda is.

A mért paraméterek közül a legfontosabb a csúcscellenállás és a palástsúrlódás. A csúcscellenállást közvetlen mérési adat szolgáltatja. A palástsúrlódást viszont a csúcscellenállás százalékos arányában adja a kiértékelő program, tehát a grafikonról leolvasott értékekkel számolható ki.

A radiometrikus adatok a talajok sűrűségére és az agyagtartalomra adnak felvilágosítást. Az ábrák jobb oldalán levő talajfizikai jellemzők pedig a kiértékelő program által számított adatok.



A mért csúcsellenállások alapján megállapítható, hogy a talaj még egyazon képződményen belül is mennyire rétegzett. A váltakozás szabálytalan mélységközöket követhet, és szélsőséges értékeket is elérhet. Az egységesen értelmezhető csúcsellenállás, ami az egész területen egy egységes minimumként kezelhető, 1,5-2,0 MN/m². Az értékek ugrálása azonban olyan mértékű, hogy még a szomszédos pontok között sem követhető, vagy azonosítható.

Eltérés még a fúrásoktól és a verőszondázásoktól még az is, hogy a CPT az iszapos homokon belül jelez még egy tömörebb réteget. Ezt a réteget a fúrásokban a szinte teljesen homogén megjelenés miatt nem lehetett azonosítani, önálló réteggként nem írtuk le. Mélyalapozás szempontjából szerepe alárendelt, a süllyedések számításánál az eltérés a biztonság javát szolgálja. A mélyalapozásnál a mértékadó értékek meghatározásánál azonban természetesen figyelembe lehet venni.

A radiometrikus mérések végig átmeneti, finomszemcsés talajokat jeleznek. A két szaggatott vonal között (homokvonal és agyagvonal) található a teljes rétegszelvény. Agyagnak, vagy durvaszemcsés talajnak minősülő réteg nincs, de a geológia környezet miatt ez nem is volt várható. A grafikon hullámzása a képződményen belüli inhomogenitásokat jelzi, a talaj teherbírását vagy egyéb felhasználhatóságával nincs összefüggésben. Az inhomogenitások alapján önálló szinteket nem lehet kijelölni. Tény azonban hogy az egész homokos rétegösszlet minden összetevője tartalmaz több, kevesebb iszapot.

A telítettségi görbéken látható, hogy a felső szakaszban a talaj szinte teljesen száraz, ami összhangban van a fúrások során tapasztaltakkal. A felszín közelében az időjárás függvényében egy telített szakasz fog kialakulni. Ennek jelentősége csak abban van, hogy az egyébként laza szemcsés talajban a kora tavaszi időszakban ki fog alakulni egy olyan rész, melynek látszólagos kohéziója a földmunkákat kedvezően befolyásolhatja.

A 10,0 m alatti szakaszban a CPT a korábbiakhoz képest nem mutat olyan változást, ami az eddig megismertektől alapvetően térne el. A szondában a 12-14 m mélységközben van egy olyan réteg, melynek agyagtartalma is van, de az uralkodó talajféleség továbbra is az iszapos homok, homokos iszap. A sűrűség már kiegyenlítődik, a talajszelvény folyamatosan telített. A talpmélység közelében ismét jelentkezik egy nagy csúcscellenállású réteg, amit a kis súrlódási arány miatt szintén iszapnak minősítünk. A rétegvastagság meghaladja a 3,0 m-t tehát nagy mélységű cölöpök esetében alkalmas támaszkodó rétegnek mutatkozik. Általános elterjedésére vonatkozóan azonban nincs semmilyen megbízható adat. Ilyen mélységű cölöpözésre azonban csak egészen rendkívüli terhelések esetén lehet szükség.

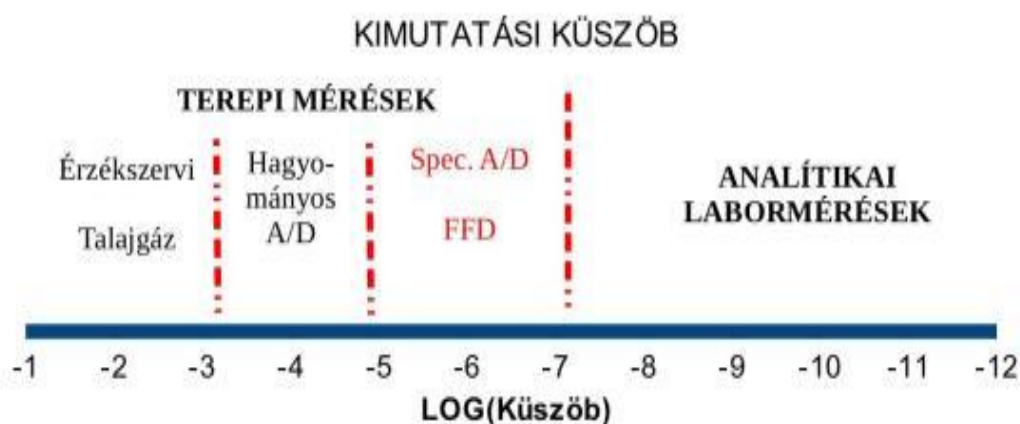
A mérési pontok távolsága miatt a CPT szondázásokat is a közvetlen tervezési feladathoz igazodva kell sűríteni, vagy kiegészíteni.

Az FFD-szonda meghatározása

Az FFD kétszernyű szerves fluoreszcencia, mely az UV-fotometriai paramétereket használja fel szerves szennyezettségi indikátor mérésére. Az FFD-szondázás olyan gyors vizsgálati forma, mely alkalmas a talaj szénhidrogén tartalmának a fúrászelvény teljes hosszában történő folyamatos mérésére.

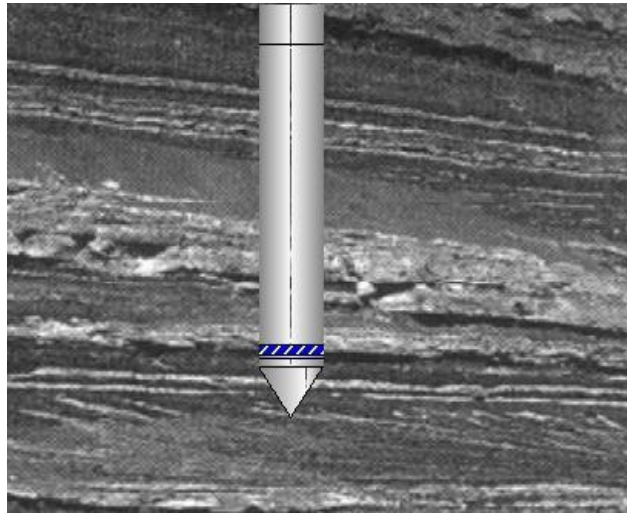
Alapadatai:

- Működési elv: az UV és látható tartománybeli elnyelési hatáskeresztmetszet szerves anyagok jelenlétében
- Gerjesztés: 257 nm hhsz-ú Xenon UV-lámpa
- Észlelés: 270-600 nm hhsz. tartományban transzmisszibilitás mérés
- Csatornák száma: 2 db
 - LFFD: 270-400 nm
 - HFFD. 400-600 nm
- Teljesítményfelvétel: max. 1.5 W
- Mérési idő: 20 msec
- Digitális interface: 24 bit
- Kommunikáció: RS485 / 115 kbps



Az FFD-szonda technológiája

Az FFD szondázást Kubota típusú berendezéssel végezzük, a fúrásokkal párhuzamosan. A szonda kétsatornás (UV és látható hullámhossz tartománybeli) lumineszcens spektrofotométer elven működik. A gerjesztést 251 nm hullámhosszú xenon-lámpa biztosítja, mely egy kvarclemes védelemmel ellátott ablakon keresztül emittálja a gerjesztő impulzusokat. A hatáskeresztmetszet a szerves anyagok jelenlétében megemelkedik és a transzmisszibilitást csökkenti.



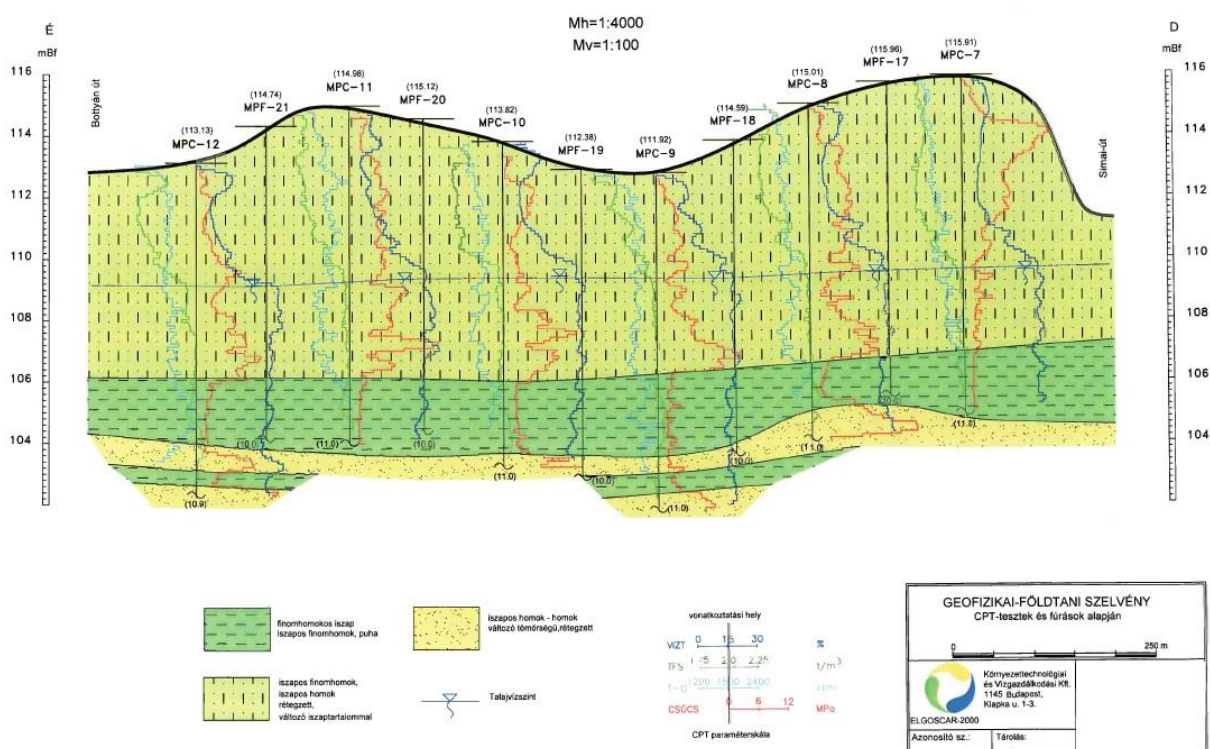
A választ a két energia ablakban integrálva kapjuk

- LFFD: 270-430 nm,
- HFFD: 400-650 nm.

A vizsgálatokat a kijelölt fúrásponatok mellett végzik, általában 9 m mélységig, folyamatos regisztrálás mellett. A szondázási pontok számozása a fúrásponatokéval megegyező. A szondázással kiegészítve szénhidrogén tartalomra gyakorlatilag az egész terület teljességében le lehet fedni.

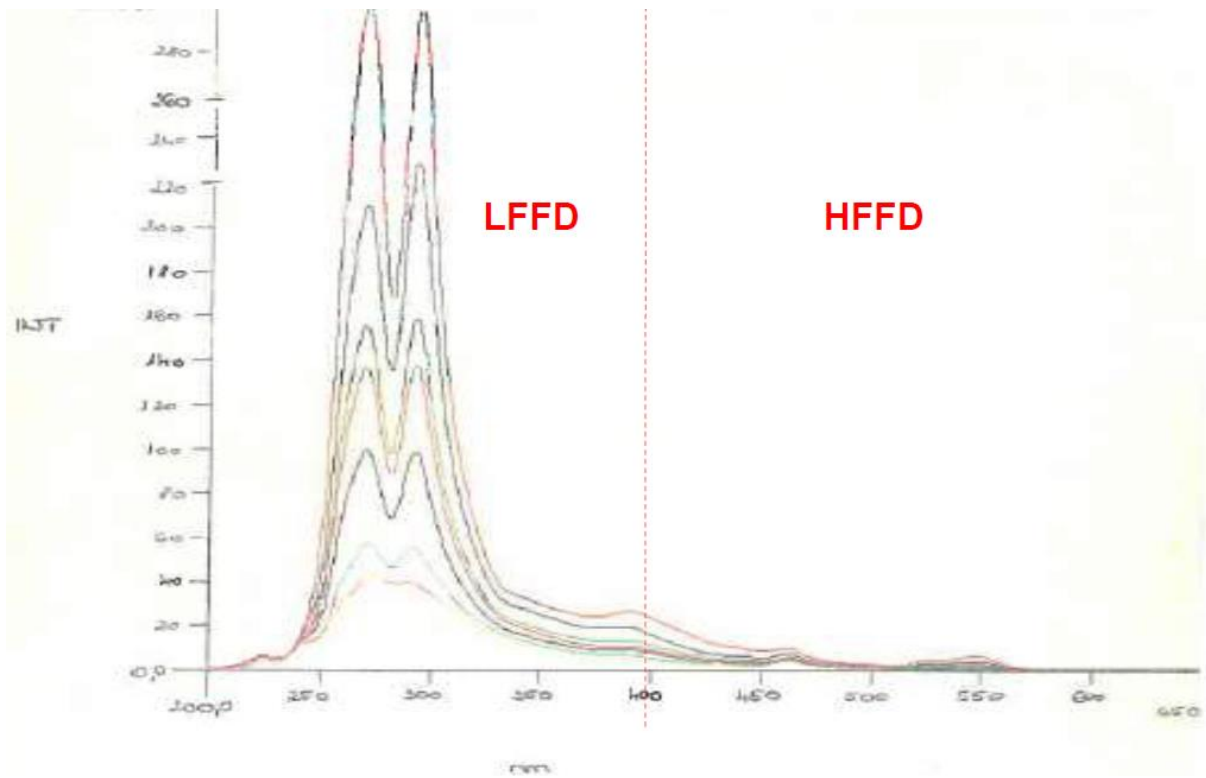
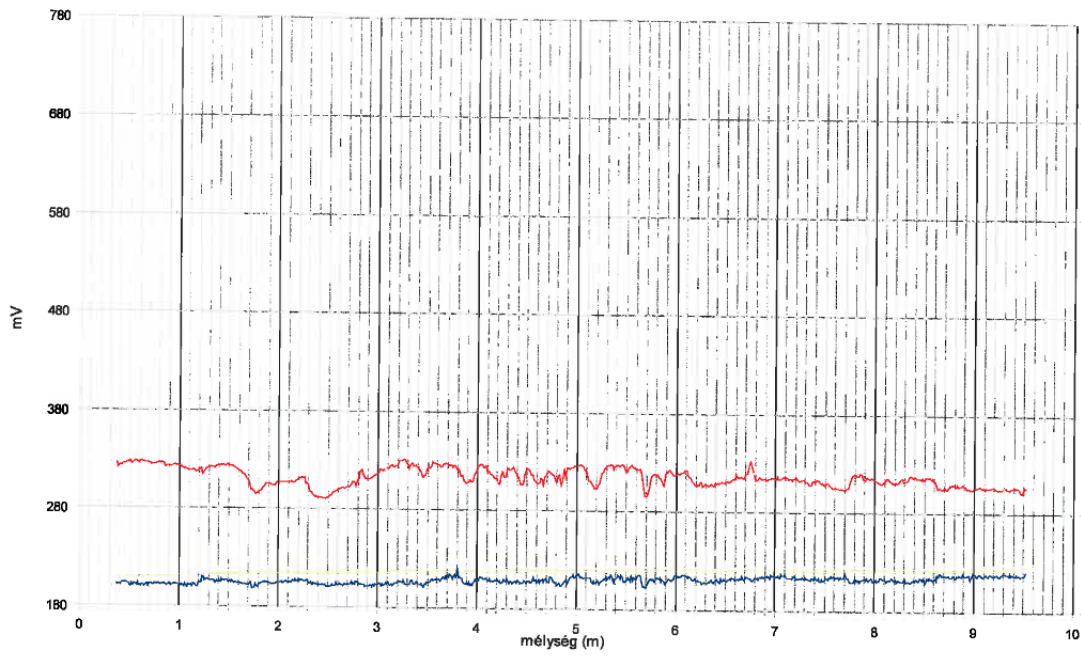
A szondázás során az adatokat egy mérésszelvényen lehet ábrázolni. A szelvényeken három görbe látható:

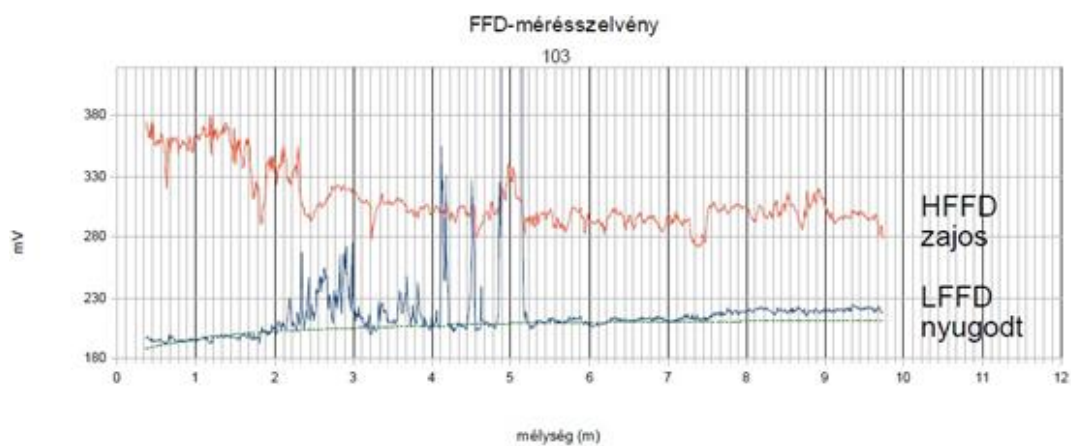
- egy sárga alapvonal,
- egy piros vonal a HFFD (látható fény tartomány) szondázás görbéje
- és egy kék vonal az LFFD (UV tartomány) szondázás görbéje.



FFD-mérésjelvény

VMS2





Valamennyi szondázási szelvényén megfigyelhető paraméterek:

- talaj nedvesség tartalma,
- a lithológiai paraméterek által okozott kitérés, valamint
- a szénhidrogén szennyezettség figyelhető meg.

A kiértékelés a görbék által befoglalt területsávok alapján történik.

Összefoglalás

- Gyors és érzékeny indikátor elsősorban TPH és PAH szennyező anyagokra.
- Lehetőséget nyújt folyamatos talajszelvény mintázására, mérésére.
- A szennyező anyagok és a befogadó közeg földtani-hidrogeológiai körülményei együtt vizsgálhatók.
- A mintavételi helyek optimális kijelölésével a hagyományosnál jobb szennyezettségi kép felvételét teszi lehetővé.
- Laborvizsgálatok száma csökkenthető.
- Az egyéb mérnökgeofizikai adatokkal együtt jól megérthető a kármentesítési beavatkozás minden lényeges körülménye, hatékony tervezések válnak lehetővé.
- Hátránya, hogy nem minden típusú talajrétegben alkalmazható.
- Szigorú követelményeket támaszt a mintavételi eljárásokkal szemben.
- Rendkívül fontos a kalibrálás.
- Továbbfejlesztési lehetőség: LIF (Laser Induced Fluorescence = lézer indukált fluoreszcencia)