

# Klasszikus vízkémiai paraméterek módszertani vizsgálatának előkészítése hiperspektrális légi felméréssel felszíni víztestekben

László Gábor <sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Szent István Egyetem

**Összefoglalás—** A sokszínképes légi felmérés lehetővé teszi a felszínről történő információgyűjtés spektrális kiterjesztését. Vizsgálatunk során arra kerestük a választ, hogy 400 – 2450 nm tartományú légi felmérés mennyiben segíti elő a felszíni víztestek kémiai monitoringját, és az ahhoz szükséges mintavételi pontok megtervezését.

**Index Terms:** hyperspectral aerial mapping, water chemistry.

**Kulcsszavak:** Hiperspektrális légi felmérés, vízkémia, vízminőség védelem.

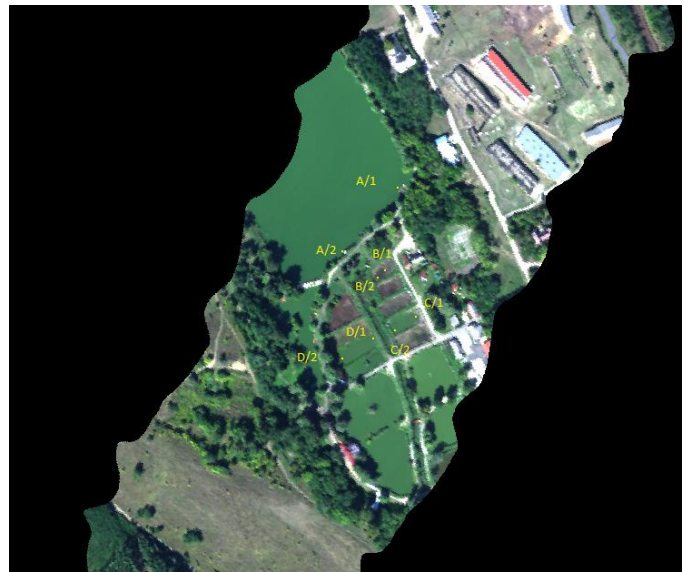
## 1. Előzmények

Számos vizsgálat foglalkozik talajtani paraméterek légi felmérése becslésével és vegetáció felmérési tapasztalatokat összegyűjtő cikkek is nagy számban érhetőek el. A vízkémiai paraméterek nagy felületre vonatkozó megállapítása, becslése azért nehéz feladat, mert időben és térben gyorsan változó állapot rögzítéséről van szó, így a kialakuló módszerek validálása is nehéz természetes körülmények között. A laboratóriumi kísérletek után (Bakó, Eiselt, Kovács 2008) szerettük volna természetes körülmények között (természetes megvilágításnál, nagyméretű víztestekben) megvizsgálni a korábban előrevetített laboratóriumi eredményeket.

Az előzmények értékelése alapján azt vártuk a kísérlettől, hogy a részletes spektrális információ segíteni fogja egyes vízkémiai paraméterek becslését a repülőgépes átrepüléskor rögzített adatok segítségével, és a nagyobb spektrális felbontású (Alexander 1985), ám kis részletességű felvételek előnyt jelentenek majd a nagyrésztességű multispektrális felvételekkel szemben. Szerettük volna megtudni, hogy csupán a mintavétel helyének megfelelő kijelölésében, vagy akár a mérési eredmények becslésében is alkalmazható ez a vizsgálat típus.

Ennek érdekében a Szent István Egyetem közelében, a Gödöllői – Isaszeg közötti tórendszert jelöltük ki mintaterületként (1. ábra). A légi felmérést az Interspect Csoport Piper Pa 32 repülőgépével

és a Mezőgazdasági Gépesítési Intézet és a Debreceni Egyetem AISA hiperspektrális műszerével végezték el.



**1.ábra** A vizsgált tórendszer és a mintavételi pontok elhelyezkedése.

## 2. A vízmintavétel

A légi felmérésből származó adatokat validálnunk kellett, ezért a repülőgépes felméréskor terepi mintavételre került sor. Amikor egy felszíni víztest minőségét szeretnénk jellemezni, lehetetlen, hogy az egész vizet megvizsgáljuk. Ezért nagyon fontos, hogy a tó vizsgálatához mintát vegyünk. A mintavételt a következőképpen kell kiviteleznünk:

- a minta jellemző legyen az adott vízre (reprezentatív mintavétel)
- összetétele az analízis megkezdéséig ne változzon (szakszerű mintavételi eljárás)

- A mintavétel megfelelő számú ismétléssel kerüljön elvégzésre (ellenőrzés, hibaanalízis)

A víz egy több fázisú rendszer tartalmaz: lebegő, úszó, szuszpendált anyagokat, oldott gázokat, így a mintavételnél a felsorolt alapvető követelményének kielégítése nagy körültekintést igényel. A műveletet befolyásoló tényezők megfelelő számbavételét a mintavételi tervdokumentáció foglalja össze.

Egy jól megtervezett dokumentáció alapvető tartalma:

- a vizsgálat célját,
- a mintavétel helyét,
- idejét,
- gyakoriságát,
- mintavételi módszereket,
- minták kezelési módját,
- választott analitikai módszert.

A mintavételezést 2013. szeptember 14.- én végeztük, Gödöllő és Isaszeg között elterülő völgyben lévő kilenc tóból álló tórendszer III., és a hal nevelde tavaiból. A területen degradációt a műtrágya kimosódása, valamint a dombság fás szárú növényzetének csökkenése okozhat, ami szintén szervesanyag bemosódást eredményez (Bacsó 1973). A mintavételezést többszöri terület feltérképezés, hosszas egyeztetés és a tulajdonosoktól való engedély kérelem előzte meg. A mintavételre szélcsendes időszakban került sor, mert a tavak felületének különböző kitétsége hullámozáskor különböző mértékű oxigénfelvételt idéz elő (Dr. Woynarovich Elek, 2003). A tavak alapvető adatai:

Vízfelület nagysága: III. számú tó: 4 hektár, a hal ívató tavak: 0,2 hektár felületűek

Becsült átlagos mélység: 1-1,5 m

- Vízmélység a mintavételi helyszíneken: 1 m

Meder anyaga: homokos, sötét, fekete színű iszapos

Vízállás: közepes

Víz színe, szaga és zavarossága: A/1, A/2, C/1, C/2, D/1, D/2 mintavételi ponton zöld színű, szagtalan, nem zavarodott, B/1, B/2 mintavételi ponton barna színű volt a lebegő anyag tartalom miatt, azonban ez is szagtalan volt.

Munkánk során vizsgáltuk a helyszínen a tavak különböző színátmeneteit, a laboratóriumban kémiai analitikai módszerekkel a mintavételi pontok állapotát, illetve a légi távérzékelés segítségével a felületet. A fő cél e különböző vizsgálati módszerek összehasonlítása. A légi felmérésre az Interspect Kft. repülőgéppel került sor.

A vizsgált tavakat úgy választottuk ki, hogy vizük színe különbözőbb legyen, ezért tavanként két-két mintát vettünk, a tó

különböző pontjairól. A mintákat a parttól számítva 1,5-2 méter távolságban a víz felszíne alatt 10-15 centiméterrel nyertük ki. A mintavételre PET palackokat használtunk ezek töltése előtt a tavak vizével átmostuk őket és csak úgy töltöttük meg őket. A palackok töltését légmentesen kellett végezni, az egyéb szennyeződések bejutása nélkül. A mintavételi pontokon több vizet vételeztünk, mint amennyire szükségünk volt, hogy a helyszíni vizsgálatokat el tudjuk végezni. Ezeket a vizsgálatokat a pH-t a vezető képességet és a redox potenciált WTW-340-i műszerrel végeztük, az oldott oxigén mérését a WTW OXI-340-i típusú műszerrel végeztük.

A mintavételezés napján a területi elhelyezkedést a környezet tulajdonságait is megfigyeltük, dokumentáltuk a tavak állapotát, a látott állatfajokat és a növényzetet. A terepi munka végeztével a jelölt mintákat a Szent István Egyetem Kémiai és Biokémiai Tanszék laboratóriumába szállítottuk.

## 2.1. A minta előkészítése

A minta előkészítését a mintavétellel azonos napon végeztük, (2013. szeptember 14.-én), azért, hogy a minta lehető legkevésbé változzon. A szembetűnően kisebb lebegőanyag tartalmú mintákból 150 millilitert, a nagy lebegőanyag tartalmú mintákból csak 100 millilitert szűrtem át 0,45 mikrométeres pórusméretű vákuum szűrőn. A lebegőanyag tartalom súlyát analitikai mérlegen határoztam meg úgy, hogy az izzító tégelyek üres súlyát lemértem, azt feljegyeztem és belehelyeztem a használt szűrőpapírt, majd száradás után pár nappal később visszamértem a tégely és a szűrőpapír tömegét.

Az első mérés során a vízminták foszfáttartalmát vizsgáltam, itt kalibrálási sort kellett készíteni. 4 darab 50 milliliteres lombikba 0,5, 1, 2, 4 milliliter került a 0,05 mg/ml-es foszfát törzsoldatból, ezután jelre állítottam, majd homogenizáltam. Így a következő foszfátkoncentrációjú oldatsorozatot kaptam 0,5, 1,0, 2,0, 4,0 mg/l. A színreakció kialakításához a kalibráló oldatból homogenizálást követően kipipettáztam 20 millilitert főzőpohárba és hozzá tettem 4 milliliter keverék reagenst, ezután belekevertem a mintába. A mintával egyidejűleg készült reagensvakolat is. Megmértem a minták fényelnyelését, az ismert és ismeretlen koncentrációjú vízminták abszorbanciáját, amiből ki lehet számolni az ismeretlen minták foszfát koncentrációját.

## 2.2. A nehézfémek meghatározása

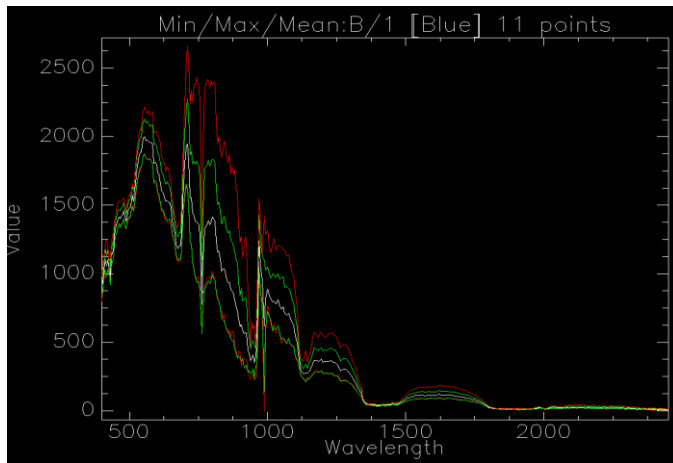
A minták alumínium, kadmium, króm, réz, vas, mangán, nikkel, ólom, cink koncentrációját is mértük. A mérést induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometriával végeztük. A készülék mintabevitelét szűrt mintával biztosítottuk (0,45µm-es pórusátmérőjű membrán segítségével).

## 3. A légi felvételek kiértékelése

Az egyszerre készített különböző spektrumú csatornák értékeit vizsgáltuk az adott mérési pontokra vonatkozóan. Mivel egy adott mintavételi pont több pixelen is leképeződhet, valamint a közvetlen környezetének értékeit is érdemes figyelembe venni, az egyes pontokhoz több pixelre vonatkozó radianciaérték analízist végeztünk. Mivel a terepi mintavétel is két ismétlésben zajlott, a légi felmérés során is összehasonlítottuk a két mintavételi pont adatait. Szignifikáns korrelációt keresünk a légi felmérésből származó radianciagörbék, valamint az analitikai mérések adatsorai között.

### 3.1. A hiperspektrális légi felvétel mintavételi pontokra vonatkoztatott eredményének az összehasonlítása a kémiai analitikai módszerekkel kapott értékekkel.

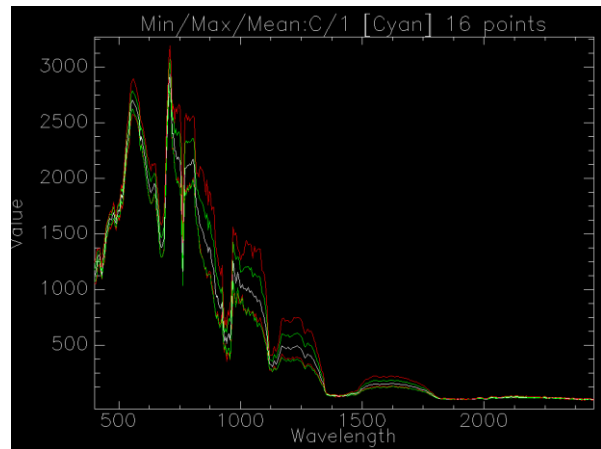
Az „A” mintavételi pontok grafikonjainak eredményeit összehasonlítva az analitikai eredményekkel azt tapasztaltuk, hogy 800-1150 nm között 100 – 670 radiancia értéknyi eltérések mutatkoznak, ezért amennyiben a felszíni víztestek esetében ilyen változást tapasztalunk, érdemes laboratóriumi vizsgálatokhoz mintát venni, mert a légi felmérés eredményét az oldott oxigén tartalom és a magas pH-érték befolyásolhatja a vízminőségi táblázat alapján.



**2.ábra** B/1 mintavételi pont grafikonja 11 szomszédos pixel radiancia értékeit mutatja a hullámhossz függvényében az B/1 mintavételi pontra vonatkozólag.

A „B” jelzésű mintavételi pontok esetében jelentős különbséget tapasztalunk az oldott oxigén, a redoxi potenciál, a vezetőképesség és a pH értékeiben és a hiperspektrális felmérés grafikonjai is szétcsúsznak, jelezve a B jelű pontok eltéréseit. 500 - 980 nm között nagy eltérések mutatkoznak 410-1980 (radiancia értékkel), ezt a vízminőségi táblázat alapján valószínűsíthetően a foszfát magas koncentrációja okozhatja, amit a laboratóriumi hiperspektrális kísérletekkel kell majd igazolni.

A „C” mintavételi pontok helyszínét adó tó vízminősége kielégítő, és szemmel láthatóan a mintavétel során ez volt a legtisztább a négy víztest közül. Ez azonban nem azt jelenti, hogy nem szennyezett, mert vannak olyan szennyeződések, amelyek nem produkálnak a vízben szemmel látható elváltozást. Ebben az esetben az analitikai vizsgálatok eredményei a vizuális érzékelést verosították meg. A légi felvétel grafikonjai szabályos lefutásúak és a két mintavételi pont görbelefutása hasonló. Ilyen esetekben is az oldott oxigént és a pH-t érdemes vizsgálni.



**3.ábra** C/1 mintavételi pont grafikonja 16 szomszédos pixel radiancia értékeit mutatja a hullámhossz függvényében.

A „D” mintavételi pontok vízminőségi jellemzői közepesnek mondhatók az 1. táblázat alapján a foszfát és az oldott oxigén koncentrációja lehet befolyásoló tényező 800-1200 nanométer és 50-500-ig terjedő radiancia értékéknél.

	pH	Vezető képes ségb (μS/cm)	Redox potenci ál (mV)	Oldott oxigén (mg/liter)	Kolloidok koncentrációja (mg/l)	Foszf át (mg/l)
D/1	8,49	796	119	3,76	219	0,171
D/2	8,58	783	117	3,57	213	0,164

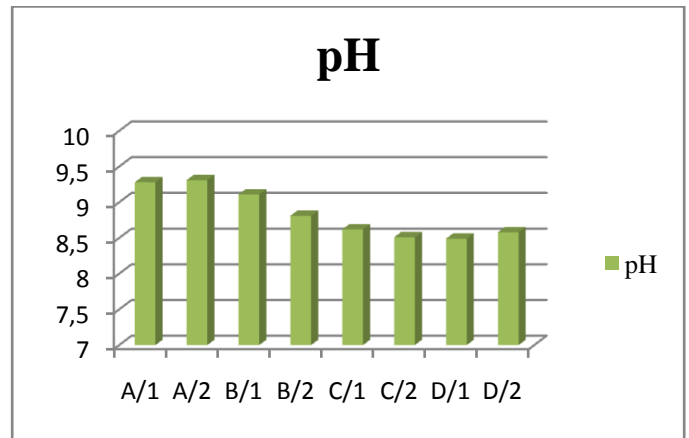
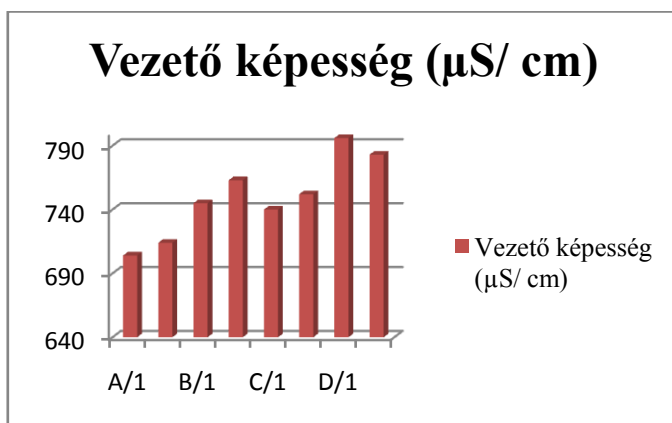
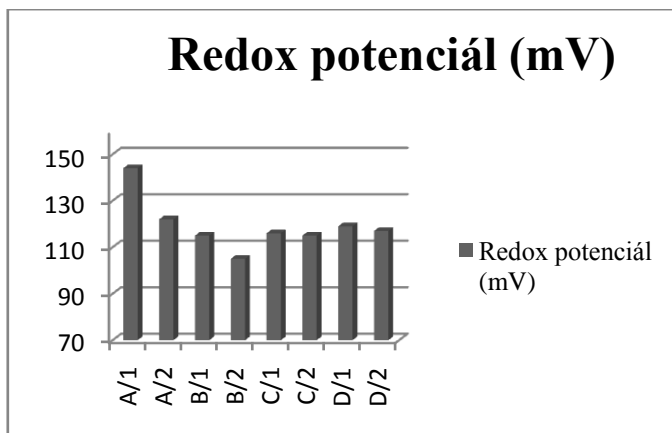
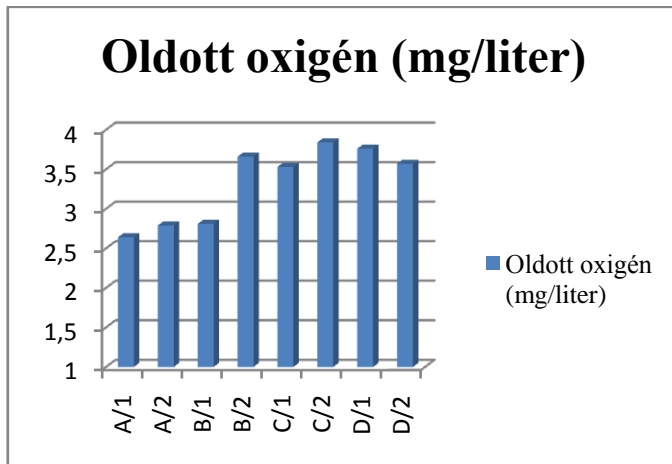
**1. táblázat** Analitikai eredmények D/1, D/2 mintavételi pontokra.

## 4. Eredmények

A hiperspektrális eredmények is sok helyen engednek arra következtetni, hogy a távérzékeléses felmérés elegendő lehet a szennyezett területek felderítésére az ismeretek elmélyítése, terepi és laboratóriumi ismeretanyag előállítás után. A vízkémiai paraméterek becsléséhez azonban még nem áll rendelkezésünkre elegendő információ, a jelenlegi fázisban csupán a mintavételi hálózat megtervezésében számíthatunk biztonsággal a felvételek információtartalmára. A várakozásainkkal szemben a kis geometriai felbontású (<30 cm terepi felbontás) viszont részletes spektrális felbontású hiperspektrális felmérés előnyei nem érvényesülnek a nagyrészletességű multispektrális felméréshez képest, amikor mintavétel tervezésre alkalmazzuk a légi távérzékelést. A korábbi nagyléptékű multispektrális vizsgálatok nem csak pontosabb foltátmenet rögzítést és pontosabb geometriai szennyeződés-kolalizálást tettek lehetővé, de a vízminőség ellenőrzésben is megvalósulhatott a gyakorlati alkalmazásuk. Ez részben a gazdag ismeretanyag rendelkezésre állásának tudható be, másrészt a nagyobb részletességű eredő kisebb kiértékelési zajnak, a tágabb spektrumú csatornák kínálta dinamikus felvételeknek és szűrési lehetőségeknek köszönhető. A hiperspektrális módszer előnyei a terepi felbontás növekedésével, vagy a kémiai paraméterek becslésénél érvényesülhetnek majd. A minőségi és mennyiségi információ többlet csak az ismeretek elmélyítésével nyerhető ki ezekből az állományokból, ami számos kísérletet igényel. Az előzetes vizsgálatok sikere után javasolható a további mérésorok elvégzése, mert valószínűleg lesznek olyan paraméterek, amelyek jól közelíthetők pusztán légi felmérés által. A szignifikáns korreláció igazolásának érdekében hosszú kutatási időszakon át tartó kísérletekre van szükség. Az már most is elmondható, hogy a laboratóriumi mérések során kiugró vízminőségi adatokat a hiperspektrális adatok is reprezentálják.

Ahol a felszínre vonatkozó grafikonok 500-980 nm tartományában sok abszorpciós bemélyedés látható, azokon a helyeken érdemes labormintát venni és vizsgálatot végezni foszfát, lebegőanyag és oldott oxigén koncentrációjának a megállapítására.

**A laboratóriumban és terepen mért vízkémiai paraméterek diagrammokon közölve:**



## Köszönetnyilvánítás

Köszönöm Dr. Horváth Márknak a laboratóriumi munkában nyújtott segítségét és Bakó Gábor iránymutató tanácsait, valamint Szalay Kornél segítségét.

A hiperspektrális felvétel a Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet és a Vidékfejlesztési Minisztérium Mezőgazdasági Gépesítési Intézet közös tulajdonát képező, közösen üzemeltetett AISA DUAL kamerarendszerrel, tudományos célra készült. A felvétel és a felvétel adattartalma a fenti Intézetek tulajdonát képezik.

## Irodalomjegyzék

### A szövegben hivatkozott könyvek:

Bakó G., Eiselt Z., Kovács E. (2008): Környezeti állapotfelmérés nagyfelbontású távérzékeléssel, [An environmental study by high resolution remote sensing] Szent István Egyetem, Tudományos Diák Köri dolgozat, Gödöllő, pp. 107.

Woynarovich Elek (2003): Vizeinkről mindenkinek, Vizeink magánélete közügy, Agroinform Kiadó, Budapest, 86-97. p.

### A szövegben hivatkozott cikkek:

Alexander F.H. Goetz, Gregg Vane, Jerry E. Solomon and Barrett N. Rock (1985): Imaging Spectrometry for Earth Remote Sensing, Science 7 June 1985, Vol. 228 no. 4704 pp. 1147-1153.

Bacsó A. (1973): Gödöllő és közvetlen környékének talajviszonyai, Tudományos Értesítő 54., Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, 28-36. p.