

Bodáné Rendrovics Rita

## Az ökológiai szemlélet igénye és kialakítása

*Módszerek a Környezetmérnök BSc képzés Vízminőség-védelem című tantárgy oktatásában. Nyugat-magyarországi Egyetem Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola Környezetpedagógia Program<sup>1</sup>*

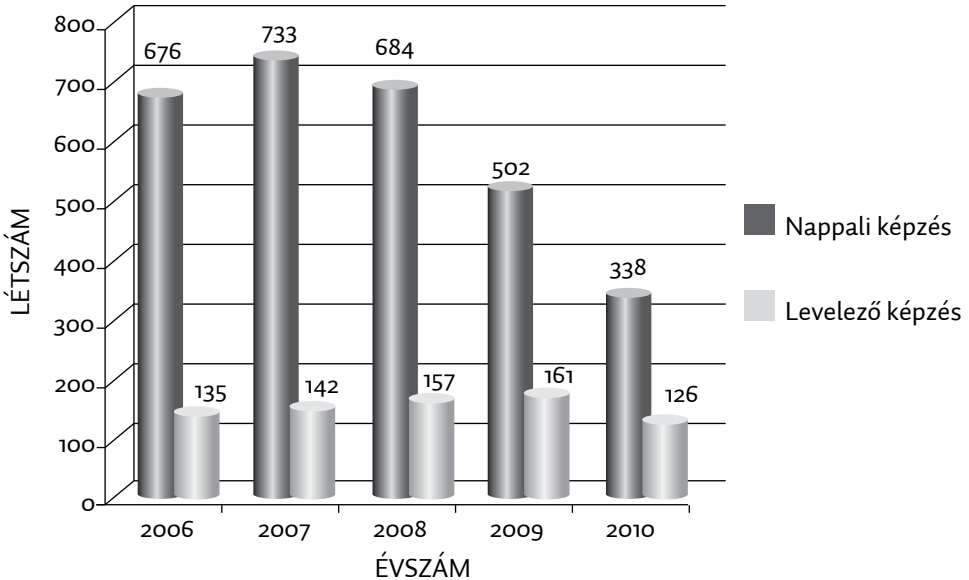
A Környezetmérnök alapképzés Vízminőség-védelem tárgy oktatásában is szemléletváltásra van szükség, ha a Víz Keretirányelvben és az ennek alapján elkészített Országos Vízügyi-gazdálkodási Tervben a képességfejlesztéssel és szemléletformálással kapcsolatban megfogalmazott konkrét feladatokat meg akarjuk valósítani. A III. Nemzeti Környezetvédelmi Program, valamint a Fenntartható oktatás évtizedének célkitűzései az előbbivel együtt elvárják, hogy a tanulmányban bemutatott környezetpedagógiai módszerek pl., a megfigyelés, elemzés, terepkutatás, alkalmazott módszerként segítsék az ökológiai szemlélet, gondolkodás kialakítását.

Hazánkban a 70-es évek közepén indult a környezetvédelmi szakemberképzés, mely eleinte a tradicionális mérnök szakok keretei között fektetett nagyobb hangsúlyt a környezetvédelemre, létrehozva a környezetvédelmi szakirányú képzést. Az első Környezetvédelmi Tanszék a Soproni Erdészeti és Faipari Egyetemen (ma Nyugat-magyarországi Egyetem) létesült 1974-ben. Ezt közel két évtizeddel később a graduális képzés követte, és mind a mai napig mindkét – német, illetve amerikai – modell megjelenik a felsőoktatásban. A műszaki képzési területen 11 felsőoktatási intézmény folytat Környezetmérnök BSc. képzést 2006 óta, melyre a felvételt nyert hallgatói létszámokat az 1. ábra mutatja.

A képzés célja korszerű természettudományos, ökológiai, műszaki, közgazdasági és menedzsment ismeretekkel rendelkező mérnöki társadalom létrehozása, amelynek képviselői a különböző területeken jelentkező környezeti veszélyeket, problémákat képesek felismerni és kezelésük módszereit meghatározni. A környezetmérnökök alkalmasak a meglévő környezeti ártalmak és károk csökkentésére, megszüntetésére, megelőzésére. Ismerik a helyi, regionális, országos és globális környezeti problémákat, továbbá alkalmazni képesek a korszerű mérő és informatikai eszközöket, valamint a környezetkímélő technológiákat és menedzsment rendszereket. (Környezetmérnök képzés képzési és kimeneti követelményei: <http://www.nefmi.gov.hu/kkk>)

<sup>1</sup> Programvezető: Kovátsné Németh Mária

1. ÁBRA: Környezetmérnöki alapképzés (BSc) hallgatói létszámok



Forrás: (saját ábra a [http://www.felvi.hu/felveteli/ponthatarok\\_rangsorok/elmult\\_evek/!ElmultEvek/elmult\\_evek.php?stat=13](http://www.felvi.hu/felveteli/ponthatarok_rangsorok/elmult_evek/!ElmultEvek/elmult_evek.php?stat=13) adatai alapján)

A környezetmérnöknek a képzés során egy generalista, multidiszciplináris ismeretekkel rendelkező szakemberré kell válnia, aki iránti társadalmi igényt erősíti a 2000. december 22-én életbe lépett Víz Keretirányelv (VKI), az EU egységes vízpolitikája is, mely az ökológia, az ökonomiai és a műszaki szakterület integrációjával született célkitűzéseket és feladatokat fogalmazza meg.

## AZ ÖKOLOGIKUS SZEMLÉLET IGÉNYE A VÍZ KERETIRÁNYELV KAPCSÁN

A VKI legfőbb célkitűzése a vizek jó ökológiai és kémiai állapotának elérése 2015-re és fenntartásának biztosítása. Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK Irányelve 2000. október 23-i, a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról című. dokumentum alap gondolata: „A víz nem szokásos kereskedelmi termék, hanem örökség, amit annak megfelelően óvni, védeni és kezelni kell”, ily módon biztosítva annak fenntartható használatát. Javaslatot fogalmaz meg a felszíni vizek ökológiai vízminőségének javítására vonatkozóan, felismerve az ökológiai minőség fontosságát, különös tekintettel arra, hogy a „Közösség vizei egyre nagyobb terhelésnek vannak kitéve, mivel minden felhasználási területen folyamatosan növekszik az igény a kielégítő mennyiségű, jó minőségű víz iránt” (EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2000/60/EK IRÁNYELVE HIVATALOS IM fordítás 2004).

A magyar parlament 2001 júniusában deklarálta, hogy az EU jövődó tagjaként bevezeti a Víz Keretirányelvet (2094/2001/IV.30./kormányhatározat), ezzel elkötelezve magát vízgazdálkodásának megreformálása mellett. A legfőbb változást az ökológiai szemlélet hangsúlyos megjelenése jelenti, mely a hazai vízminősítésben és vízgazdálkodásban nem volt jellemző az ezt megelőző időszakban. A VKI dokumentum 1. cikk legfőbb célkitűzéseként a vízi ökoszisztémák, és a vízi ökoszisztémáktól közvetlenül függő szárazföldi ökoszisztémák és vizes területek további romlásának megakadályozását, védelmét és állapotának javítását fogalmazza meg.

A másik lényeges változás a vízgyűjtő-területi gazdálkodás fogalmának megjelenésével a vízi környezet rendszerszemléletű megközelítése. Jolánkai Géza (1999) *A vízminőségvédelem alapjai, különös tekintettel a rendszerszemléletű ökohidrológiai módszerekre* című. könyvében a vízi környezetet egy olyan összetett rendszerként (az egész vízgyűjtő terület) mutatja be, amelyben nagyszámú természetes és ember által létrehozott alakzat, tárgy és maga az ember (a társadalom) található. A rendszer működését, belső tulajdonságait a nehezen befolyásolható, szabályozható természetes hatások (mint a csapadék, napsugárzás, szél és a légkörből kihulló anyagok) és az emberi beavatkozások (mint a hulladékok, szennyvizek stb.) alakítják, amelyek a vízkészletek és a vízi ökoszisztéma állapotának megváltoztatásában jelentkeznek. A rendszerszemléletű vízgazdálkodás ezeknek a hatásoknak az ismeretét feltételezi, mely alapján olyan beavatkozások eszközölhetők, melyek a vízi ökoszisztéma védelmét szolgálják és ezáltal természetesen a vízfelhasználásokat is lehetővé teszik. A vízi környezet tehát nem csak a vízfolyásokra és állóvizekre korlátozódik, hanem kiterjed az egész vízgyűjtőre (JOLÁNKAI G. 1999).

Ezt a rendszerelméletű megközelítést tükrözi a Vízügyi és Környezetvédelmi Központi Igazgatóság által 2009. decemberben közreadott Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv (VGT), mely a Víz Keretirányelv hazai megvalósításnak alapdokumentuma. Ebben olvasható a hazai vízgyűjtő terület elemzése, állapotfelmérése és a jövőben végrehajtandó feladatok. A VKI-ban előírt feltételeknek megfelelően elkészült dokumentáció hiányossága elsősorban az ökológiai monitoringhoz kapcsolódó biológiai vizsgálatok mennyiségében és azok minőségében (adatok megbízhatósága) mutatkozik meg. Ennek oka, hogy rutin jellegű biológiai monitoring a magyar hatósági gyakorlatban a VKI bevezetéséig nem létezett, a vizsgálatok csak célirányosan, egyes vízterekre és csak egyes élőlénycsoportokra (pl. fitoplankton) történtek, így nem állt elegendő adat rendelkezésre az állapotértékeléshez (VGT 2009.).

A VGT 8.7.7. Képességfejlesztés, szemléletformálás című fejezete a Környezetmérnök képzés számára az előbbiekkel összhangban a következő fontos célkitűzést fogalmazza meg: „A cél olyan korszerű természettudományos szemlélettel és ismeretanyaggal rendelkező műszaki felsőfokú végzettségű szakemberek képzése, akik elsősorban a vízügyi szolgálatban és a környezetvédelem, valamint az agrárium egyes területein mind az operatív munkában, mind az alap- és alkalmazott kutatási feladatok megoldásában képesek magas színvonalon, tevékenyen részt venni” (VGT 2009.).

A VKI a célok elérése érdekében kívánja elősegíteni az érintettek tudásának, képességeinek fejlesztését, szemléletformálását. Az ehhez kapcsolódó alapintézkedések – melyek teljesítési határideje 2012 – a következők:

- vízügyi K+F innováció fejlesztése, országos felmérések;
- felsőfokú vízgazdálkodással kapcsolatos képzések fejlesztése (hidrológus, vízepítő mérnök, biológus, környezetmérnök, agrár- és erdőmérnökképzések stb.);
- VKI-vel, a vizek fenntartható használatával kapcsolatos környezeti nevelés és oktatás fejlesztése.

A VGT 8. melléklet kiegészítő intézkedések fejezete a végrehajtandó feladatokat határozza meg:

- a szemléletformálás érdekében elengedhetetlen a környezeti nevelés;
- a szaktárgyak keretében a VKI-vel, a vizek fenntartható használatával kapcsolatos témák kidolgozása, alkalmazása;
- közös mérési és értékelési programok végrehajtása diákok, kutatók és civil szervezetek együttműködésében (VGT 2009. 8.2 melléklet 5. és 6. pontja).

A Víz Keretirányelvben és a Vízügytő-gazdálkodási Tervben megfogalmazott célok, feladatok a környezetmérnöktől elvárják az ökológiai és mérnöki gondolkodást. A két tudományterület szemlélete azonban egymástól eltérő, hiszen egy ökológus feladata a problémák diagnosztizálása, míg a mérnöké, hogy hatékony megoldást találjon a problémára, melyben sokszor az ökológiai korlát csak egy a sok közül. Ezek az ökológiai korlátok azonban kezelhetők, ha ismerjük azokat. Megismerésükre, az ok-okozati összefüggések feltárására és ez alapján a problémamegoldás, konfliktuskezelés technológiai lehetőségeinek oktatására a Környezetmérnök alapképzésben azonban kevés idő áll rendelkezésre, figyelembe véve a 7 félév időkorlátot és azt, hogy ez alatt az oktatásnak rendkívül széles területet kell lefednie, az ökológiától a technológián, közgazdaságtanon és jogon át a mérnöki ismeretekig. A szakmai képzés mellett pedig meg kell jelennie a szemléletformálásnak is, amely hozzásegíti a mérnököt az ökológikus gondolkodáshoz.

A cél eléréséhez a meglévő tantervek felülbírálata és átdolgozása szükséges a képzés elindítása óta eltelt idő tapasztalatai alapján. Biztosítani kell azoknak a pedagógiai módszereknek a képzésben történő alkalmazását, melyek a speciális ismereteken túl a hallgatók komplex, globális látásmódját kialakítják, fejlesztik. A rendszerszemléletnek nagy jelentősége van a környezetmérnök tevékenységében, hiszen a velük szemben támasztott legfőbb elvárás, hogy egy felmerülő környezetvédelmi problémát a maga bonyolultságában átlásson és szakszerű megoldást találjon rá. Az ehhez szükséges készségek, képességek kialakítást szolgáló pedagógiai módszerek azonban sajnálatosan nem vagy csak esetlegesen jelennek meg a felsőfokú oktatásban.

A rendszerszemlélet, a környezettudatos szemlélet és gondolkodásmód erősítése nem csak a VGT által megfogalmazott elvárás. A III. Nemzeti Környezetvédelmi Program (2009–2014) is teljesítendő feladatként írja elő a környezeti nevelést az oktatás minden szintjén. Olyan oktatási fejlesztések végrehajtását irányozza elő, mely a problémák összefüggéseinek feltárását, a megoldás módjának hiteles bemutatását (holisztikus

szemlélet, globális, regionális és helyi érdekek megkülönböztetése, konfliktuskezelés stb.) valósítja meg. „A lexikális ismeretek átadását célzó oktatási módszer megőrzése mellett a mindennapi élet összefüggéseit feltáró és megértető, kompetencia alapú képzés alkalmazásának ösztönzése szükséges. A környezettudatosságra nevelés feladatai szerves részét kell, hogy képezzék a fenntartható fejlődéssel, a fenntarthatósággal kapcsolatos ismeretek átadásának. A fenntarthatóság pedagógiai gyakorlata feltételezi az egész életen át tartó tanulást, amelynek segítségével olyan tájékozott és tevékeny állampolgárok nőnek fel, akik kreatív, problémamegoldó gondolkodásmóddal rendelkeznek, eligazodnak a természet és a környezet, a társadalom, a jog és a gazdaság ügyeiben, és vállalják a felelősséget egyéni és közös tetteikért.” (NKP. III. 3. melléklet a 96/2009. (XII. 9.) OGY határozathoz)

A dokumentum 5.1.1.3. Felsőoktatás c. fejezete feladatként jelöli meg az adott képzési iránynak megfelelő, a környezettudatos szemléletet és gondolkodást erősítő, a környezeti hatásokat ok-okozati rendszerben bemutató, megfelelő természettudományos alapokon nyugvó oktatási segédanyagok elkészítését és beillesztését valamennyi felsőoktatási intézmény képzési struktúrájába. A képzés gyakorlatorientáltsága és az élménypedagógiai elemek erősítése érdekében külső oktatási helyszínek alkalmazását írja elő.

A szemléletformálás elsődleges eszköze a környezeti nevelés, melynek célját Kovátsné Németh Mária az Erdőpedagógia című. könyvében (1998) a következőkben fogalmazza meg: „Ez jelenti a természetszeretetet, a problémákkal szembeni nyitottságot, feltételezi a jövő generációival szembeni felelősséget, s nem nélkülözi az érzelmi ráhatást.” A magatartás, az értékrend, attitűd, érzelmi viszonyulások formálása és a környezetről-társadalomról kialakítható ismeretek bővítése a megvalósítandó feladat. Mindez a fenntarthatóságra irányul „a természet, az épített és a társadalmi környezet, az embert tisztelő szokásrendszer érzelmi, értelmi, esztétikai és erkölcsi megalapozásával” (NÉMETHNÉ K. J. 2006). A cél elérése nem nélkülözheti az iskolai tevékenység mellett az iskolán kívül, a természetben folytatott oktató-nevelői munkát.

Az ENSZ közgyűlése 2002. december 20-i határozatában a 2005 és 2014 közötti évtizedet a Fenntartható oktatás évtizedének (Decade of Education for Sustainable Development) nyilvánította. Megállapítja, hogy az analitikus ismeretekre, a tantárgyakra bontó tananyagban nyugvó iskolarendszer nem alkalmas a rendszerszemlélet kialakítására, mely alapfeltétele lenne a fenntarthatóságnak. A gyakorlati ismeretek, a konfliktuskezelési módszerek, a globális ismeretek jelen oktatási rendszerben elenyésző helyet foglalnak csak el.

Míg a 2003-as Nemzeti Környezeti Nevelési Stratégia javaslatot tesz az újszerű, részvételen, együttműködésen, interaktivitáson alapuló módszerek felsőoktatási intézmények oktatási rendszerébe való beépítésére, addig sajnálatosan ennek 2010-es változata már ezt a célkitűzést nem tartalmazza annak ellenére, hogy a legtöbb felsőoktatási intézményben a hagyományos oktatási módszerek mellett nem, vagy csak kismértékben jelennek meg a felsorolt készségeket, képességeket kialakító pedagógiai módszerek, mint például a terepgyakorlat, a projekt módszer.

## A VÍZMINŐSÉG-VÉDELEM OKTATÁSÁBAN ALKALMAZOTT HAGYOMÁNYOS PEDAGÓGIAI MÓDSZEREK

A Környezetmérnök alapképzésben jelenleg alkalmazott oktatási módszereket egy konkrét példa alapján kívánja a tanulmány áttekinteni és egyben bemutatni, hogy az előbb felsorolt célkitűzések megvalósítása ennek változatlanul hagyása mellett nem biztosítható. A Víztisztaság-védelem tantárgy oktatására a tantervben előírt óraszámok a vizsgált felsőoktatási intézményben heti egy óra előadás (kéthetente 2 x 45 perc) és heti két óra (2 x 45 perc) gyakorlat. A többi oktatási intézményben is hasonlóan alakulnak az óraszámok, bár eltérések mutatkoznak. Általában megfogalmazható, hogy a tantervekben előírt gyakorlati óraszám kevés és nem a rendeltetésének megfelelő feladatot tölti be (BODÁNE K. R. 2008). A tananyag jelenlegi heti tartalmi bontását és a gyakorlati foglalkozásokhoz rendelt módszereket (FALUS I. 2003) az 1. táblázat tartalmazza.

**1. TÁBLÁZAT: A vízminőség-védelem tananyag heti bontása a vizsgált felsőoktatási intézményben**

Hét	Előadás Minden második héten 2 x 45'	Gyakorlat Minden héten 2 x 45'	Módszer
1.	A víz társadalmi és természeti körforgása. Víz az emberi környezetben. Vízyerési lehetőségek.	A vízminőség általános jellemzése és a vízminősítés	előadás
		Felszíni és a felszín alatti vizek jellemzése, a terepi szemle jelentősége és a megfigyelési szempontok	előadás
3.	Hidrológiai alapfogalmak, vízhozam és mérése, vízállás, vízjáték és a vízhozam vízminőségre gyakorolt hatása.	A vízminősítés folyamata – mintavétel, minta fajtái, mintavételi eszközök, tartósítás. Mintavétel gyakorlatának bemutatása a VITUKI szervezésében	előadás szemléltetés – közvetlen megfigyelés
		Üzemlátogatás – Gellérthegyi víztároló megtekintése	tanulmányi kirándulás
5.	Felszíni és felszín alatti vizeket szennyező anyagok I. – szerves szennyezettség és oldott oxigéntartalom, nitrogénformák, foszforformák és az eutrofizáció.	A vízminősítés során alkalmazott analitikai módszerek, elvek és eszközök	előadás szemléltetés – közvetlen megfigyelés
		Vízminősítés a Víz Keretirányelv szerint, az ökológiai vízminősítés Biomonitoring jelentősége BISEL vízvizsgálat az Aranyhegyi patakon	előadás  munkáltató módszer

7.	Felszíni és felszín alatti vizeket szennyező anyagok II. – szénformák és a nehezen lebomló szerves szennyezők és mikroszennyezők.	Felszíni vízvizsgálat – mérés	munkáltató módszer
		Vízminőség szabályozás műszaki eszközei és a jogi szabályozás	előadás
9.	Vízminőség-szabályozás műszaki, jogi eszközei	Vízszennyezési bírság számítása	munkáltató módszer
		Olajszennyezés hatása és terjedése a felszíni és a felszín alatti vizekben	előadás
11.	Szennyezés terjedése a felszíni vizekben, az öntisztulás	Az olajkár elhárítás műszaki eszközei	előadás
	Szennyezés terjedése a felszín alatti vizekben	Hidrológiai modellezés – szennyezőanyagok terjedésének modellezése	Szemléltetés-közvetett megfigyelés
13.	A szennyezőanyag terhelések hidrobiológiai következményei. Zárthelyi dolgozat ea.	Zárthelyi dolgozat gyakorlat	számonkérés
		pót zárthelyi	számonkérés

## Előadás

A gyakorlatokon alkalmazott előadás célja új ismeretek közlése, törvényszerű összefüggések, szabályok, tételek, fogalmak megértetése, illetve egy-egy jelenség, esemény, folyamat, tárgy érzékletes, szemléletes bemutatása. Általában magában foglalja az elbeszélés, a magyarázat és a szemléltetés elemeit. A tanár aktív, a diák passzív befogadója az előadásoknak (FALUS I. 2003). A könnyebb érthetőséget szolgáló szemléltetés eszközeként ma leggyakrabban a számítógépes prezentáció jelenik meg a felsőoktatásban. A rendkívül nagy tananyag és a rendelkezésre álló rövid idő teszi szükségessé, hogy a gyakorlati foglalkozásokon is a tananyag elméleti feldolgozása valósuljon meg. Az időbeosztás (2 x 45 perc) nem teszi lehetővé a manipulatív tevékenységet, a terem mérete és a hallgatói létszám a csoportfoglalkozásokat gyakorlatilag ellehetetleníti (gyakorlati óra létszáma 25 fő). Ezek figyelembevételével az oktatók gyakran választják ezt a módszert.

## Tanulmányi kirándulás

Célja olyan valóságos ismeretek nyújtása, olyan attitűdök kialakítása, tapasztalatok szerzése, melyek az iskola határain belül nem érhetőek el (FALUS I. 2003).

A tanóra rövidege, illetve a tanulói csoportok „kredit-rendszerű” beosztása miatt azonban nehézségekbe ütközik megszervezése, így az oktató tanártól függ, hogy milyen mértékben vállalja fel az ezzel járó szervezési problémákat és többletmunkát. Egy-egy tanulmányi kirándulás, például egy üzemlátogatás legalább egy fél napot vesz igénybe, ami befolyásolja az egyéb oktatási órákat is. A rendelkezésre álló 2 x 45 perces óra keretein belül nem szervezhető iskolán kívüli program. Nagyfokú toleranciát és rugalmasságot igényel a többi oktató kollegától is, nem beszélve arról, hogy mivel a tanórán kívüli tevékenység nem tartozik a kötelező óraszámba, így a többnyire e téren anyagi ellenszolgáltatás nélkül dolgozó pedagógus lelkesedésén múlik ezeknek a foglalkozásoknak a megtartása.

A hallgatók időbeosztása sok esetben nem teszi lehetővé, hogy a táblázatban feltüntetett Gellérthegyi víztárolót megtekintsük. Ezekben az esetekben a téma feldolgozása előadás és számítógépes prezentáció formájában valósul meg, kihagyva annak lehetőségét, hogy a hallgató saját tapasztalatot szerezzen a víztározás feladataival, megoldásával kapcsolatban. Így annak a lehetősége is elvész, hogy az adott szakterületen dolgozó szakemberektől hallják a témával kapcsolatos ismereteket. A személyes kommunikáció a szakterület képviselőivel pedig minden tekintetben fontos lenne a mérnöki képzés során.

## Munkáltató módszer

A munkáltató módszer célja, hogy a hallgatók manipulatív tevékenységet végezzenek, egyénileg, párban vagy kis csoportokban tanári felügyelet mellett. Ez a módszer már a hallgató aktív cselekvésén alapul, módot adva a korábban szerzett elméleti ismeretek gyakorlati alkalmazására, gyakorlati készségek kialakítására, illetve begyakorlására, továbbfejlesztésére (FALUS I. 2003).

A vízszennyezési bírság számítási gyakorlat e módszerre épül, a hallgatók konkrét szám példán keresztül dolgozzák fel a vízminőség-védelem jogi szabályozásának ezt a változatát, melyhez szükséges elméleti ismereteket az előadás tananyaga tartalmazza.

Csoportmunka keretében zajlik a kémiai vízminősítés, valamint a külső terepen végzett biológiai minősítés. A kémiai vízvizsgálatok célja, hogy a hallgató az általa hozott vízminőtát a laborban rendelkezésre álló mérőműszerek használatával elemezze és a mért adatok (kb. 2-3 paraméter) alapján minősítse azt. Megismerkedik a mérőeszközök használatával, a mérés körülményeivel. Az idő rövidege és a mérések költségei miatt a gyakorlat 4-5 fős csoportokban valósul meg, így nem ad lehetőséget minden hallgatónak saját mérések elvégzésére. A csoportmunka azonban fontos az együttműködés, segítségnyújtás, társas kommunikáció készségének kialakításában.

A biológiai vízvizsgálat terepi munkát igényel, így hasonló problémák merülnek fel, mint a tanulmányi kirándulás esetében. Tanórán kívüli gyakorlatként valósul meg, mivel a két tanóra nem teszi lehetővé a helyszínrre jutást és a mérés lebonyolítását, így kötelezővé tenni sem lehet. A rendszerszemlélet, a vízi ökoszisztéma és a vízszennyezések kapcsolatának, feltérképezésének legjobb módszere.



## Szemléltetés

Célja a hallgatók képszerű-szemléletes gondolkodásának fejlesztése, gyakorlati alkalmazási lehetőségek feltárása, érdeklődés felkeltése és az elméletben tanultak alkalmazása (FALUS I. 2003).

A tantervben a vízminősítésnél használt mérési, elemzési módszerek és eszközök bemutatása során alkalmazott módszer. A vízfolyások – Jolánkai Géza és Bíró István által készített – szennyeződésterjedési transzport folyamatait számítógéppel modellező oktatási program (WQMCAL) bemutatásával arra kívánja felhívni a hallgatók figyelmét, hogy milyen lehetőséget teremt a modellezés a még meg nem történt folyamatok elemzésére, ily módon lehetőséget adva a prevencióra, mely a legfontosabb környezetvédelmi tevékenység.

A Vízminőség-védelem tárgy gyakorlati oktatásában az előadás kap hangsúlyt. Az e mellett megjelenő egyéb kezdeményezések általában olyan nehézségekbe ütköznek, melyek megoldását kevés oktató tudja felvállalni. Háttérbe szorulnak tehát a cselekedtető, cselekvésen át tanító módszerek, mivel a jelenlegi felsőoktatás ezek feltételeit nem biztosítja.

Szemléletmódváltásra van szükség, mivel ebben a hagyományos oktatási formában a környezetmérnökkel szembeni elvárások nem teljesíthetőek.

## ÚJ PEDAGÓGIAI MÓDSZEREK A VÍZMINŐSÉG-VÉDELEM GYAKORLATI OKTATÁSÁBAN

A szemléletformálás az iskolai oktatásban a tanórákon kívül megvalósított speciális programok (pl. környezetvédelmi-vízvédelmi szakkollégium, Környezetvédelmi Napok rendezvénysorozat, környezetbarát munkahely, stb.) keretei között, illetve az iskolán kívüli tevékenységek során valósítható meg a leghatékonyabban (KOVÁTSNÉ N. M. 2008). Meg kell teremteni annak a lehetőségét, hogy a hallgatók hosszabb időt tölthessenek egy-egy tárgy keretében iskolán kívüli környezetben üzemlátogatáson, terepgyakorlaton. A 2. táblázat a Vízminőség-védelem tárgy gyakorlati oktatásának egy olyan változatát kívánja bemutatni, amely a tömbösített órarend bevezetésével lehetőséget nyújt a folyamatos iskolán kívüli tevékenységek folytatásához. A felsőoktatási intézmény rugalmas hozzáállása mellett az így szervezett üzemlátogatás vagy egy terepi gyakorlat máris a tanórai kötelezettségek között jelenik meg, a tanterv szerves részeként kötelezővé téve mind az oktató, mind a hallgató számára. Az oktatók részéről így is többletmunkát igényel, a hallgatóktól pedig egy újfajta tanulási stílust, mely azonban jobban illeszkedik elvárásaikhoz.

A tömbösített órarend a három-hetenkénti 5 x 45 perc órabeosztással lehetővé teszi a gyakorlat rövid elméleti bevezetését, majd a közeli Aranyhegyi patak megközelítését (busszal 15 perc alatt elérhető) és az azon végzett kémiai, biológiai vizsgálatokat, vízhozam méréseket. A gyakorlatok között eltelt idő felhasználható otthoni kutatómunkára, adatgyűjtésre. Az előző felosztáshoz képest (1. táblázat) azonban meg kell jegyezni, hogy ez a fajta struktúra nagyobb önállóságot és kreativitást feltételez a hallgatóktól, melyben az aktív részvétel mellett az önálló tanulás, tananyag feldolgozás is fontos szerepet játszik. Olyan oktatási módszerekre van szükség, melyek az önszabályzó tanulás, a komplex gondolkodási, érzelmi,

akarati és cselekvési önfejlesztő képesség kialakítását eredményezik. Ezen módszerek egy új struktúráját adja meg Kovács-Németh Mária (2010) *Az erdőpedagógiától a környezetpedagógiáig* című könyvében, melyben az egyes módszerekhez hozzárendeli a tevékenységet és feladatot is. Az általa felállított elmélet szerint az önállóság, kreativitás, kutatás képességének kifejlesztését elősegítő módszerek például vizsgálat, megfigyelés, kísérlet, elemzés, terepkutatás, esettanulmány, tanulási szerződés, házi feladat, és a hatásvizsgálat.

2. TÁBLÁZAT: A Vízminőség-védelem tárgy témakörei tömbösített órarendi változatban

Hét	Előadás Minden második héten 2 x 45'  Σ14 óra	Gyakorlat 1., 4., 7., 10., 13. oktatási héten tömbösítve 5 x 45' + Az utolsó oktatási héten 3 x 45' számonkérés Σ 28 óra	Módszer	Tevékenység – feladat
1.	A víz társadalmi és természeti körforgása. Víz az emberi környezetben. Víznyerési lehetőségek.	Az Aranyhegyi patak bemutatása, terepszemle, mintavételi pontok kijelölése adatgyűjtés a vízfolyásról	megfigyelés  házi feladat	Empirikus adatgyűjtés, felvételezés, jegyzetelés, jegyzőkönyvezés  önálló adatgyűjtés
3.	Hidrológiai alapfogalmak, vízhozam és mérése, vízállás, vízjáték és a vízhozam vízminőségre gyakorolt hatása.			
5.	Felszíni és felszín alatti vizeket szennyező anyagok I. – szerves szennyezettség és oldott oxigéntartalom, nitrogénformák, foszforformák és az eutrofizáció.	A vízminősítés során alkalmazott analitikai módszerek és mérési elvek ismertetése  A terepgyakorlat feladatainak megbeszélése, csoportos feladatok kiosztása  Gellérthegyi víztároló üzemeltetőség	előadás, szemléltetés  kutatás  tanulmányi kirándulás	célok, problémák meghatározása
7.	Felszíni és felszín alatti vizeket szennyező anyagok II. – szénformák és a nehezen lebomló szerves szennyezők és mikroszennyezők.	A vizsgált Aranyhegyi patak vízhozamának mérése az egyszerű áramlási sebesség és a kémiai hígulások elvek alapján	terepkutatás	mérés
9.	Vízminőség-szabályozás műszaki, jogi eszközei.			
11.	Szennyezés terjedése a felszíni vizekben, az öntisztulás  Szennyezés terjedése a felszín alatti vizekben.	A kémiai paraméterek helyszíni és laborban történő vizsgálata  Biomonitoring – BISEL minősítés a helyszínen	terepkutatás	Mérés, kísérlet, vizsgálat

13.	A szennyezőanyag terhelések hidrobiológiai következményei. Zárthelyi dolgozat ea.	Mérési adatok egyeztetése, értékelés	elemzés	Adatfeldolgozás, összehasonlítás, rendszerezés
		Hidrológiai modellezés	szemléltetés	
		Jegyzőkönyvek beadása	számonkérés	
		Zárthelyi dolgozat		

A Vízminőség-védelem gyakorlat célkitűzése, hogy a hallgatók egy konkrét példán (Aranyhegyi patak) keresztül megismerjék a vízminőségre gyakorolt természetes és antropogén hatásokat, továbbá maguk is képesek legyenek olyan mérések elvégzésére, melyek a minőség meghatározásához szükségesek. A helyszínen tapasztaltak és a mérési adatok összevetésével képesek lesznek ok-okozati összefüggések feltárására. Az így kidolgozott új oktatási metodika a következő tevékenységekre, feladatok elvégzésére épül.

## Megfigyelés

A hallgatók az Aranyhegyi patak terepszemléjén és otthoni adatgyűjtésen keresztül feljegyzéseket, fényképeket készítenek, az így kapott adatokkal és azok elemzésével kijelölik a mintavételi pontokat, feltárják a legfőbb szennyezőforrásokat. Tapasztalati adatokat gyűjtenek a vízgyűjtő területről, a vízfolyásról, a természeti és antropogén hatásokról. Ez alapfeltétele az ok-okozati összefüggések megértésének (KOVÁTS-NÉMETH M. 2010).

## Házi feladat

Célja a terepen látottak, tapasztaltak kiegészítése önálló adatgyűjtéssel, és az így kapott adatokkal a vízminősítési terv elkészítése. A minősítéshez fontos feladat a mintavételi helyek meghatározása. Ez nem nélkülözheti a személyes terepbejárást, továbbá a terület alapos, mindenre kiterjedő feltérképezését a rendelkezésre álló dokumentumok, térképek segítségével. Ez utóbbi segítségével a patak vízgyűjtőterületnek lehatárolása elvégezhető. Az önálló tevékenység hozzájárul a felelősségérzet, a kötelességérzet kialakulásához (KOVÁTS-NÉMETH M. 2010).

## Kutatás

A terepszemlén látottak és az önálló tevékenységen keresztül feltárt adatok felhasználásával a probléma tisztán, világosan megfogalmazható. Ennek függvényében a terepkutatás lehetőséget ad arra is, hogy a hallgatók saját érdeklődésüknek megfelelően, például szakdolgozat, vagy TDK munka keretében önálló projekteket fogalmazzanak meg és a továbbiakban az ehhez szükséges vizsgálatokat végezzék el. A gyakorlat során a problémát a vízminősítés megvalósítása jelenti, tehát az ehhez szükséges adatok feltételezik a hallgatók tapasztalati és irodalmi tájékozottságát. Szükség van a mintavételi helyek, és a mérni kívánt paraméterek kiválasztására és ez alapján a vízminősítési terv elkészítésére.

## Terepkutatás

A klasszikus értelemben vett terepgyakorlatnak egy kibővített, több tevékenységi szintet meghatározó módszere, mely a mintavételt, a vízminőség vizsgálatát, valamint a mért adatok jegyzőkönyvbe történő rögzítését foglalja magába. A hallgatók 4-5 fős csoportokban az előre meghatározott mintavételi helyeken mintát vesznek, majd azokat a helyszínen és a laborban analizálják. Megtanulják használni a mérőeszközöket, jártasságot szereznek az egyes vízanalitikai eljárásokban. A feladat megvalósításához a feladatokat egymás között felosztják, segítik, támogatják egymást a cél elérése érdekében. Közvetett nevelő hatását szakirodalmi adatok is alátámasztják (NÉMETHNÉ K. J. 2006).

## Elemzés

Az elemzés során a fő cél, hogy a hallgatók a kutatás során kapott eredményeket értékelve továbbgondolják a feladatokat, összehasonlítást végezzenek más hasonló kutatási eredményekkel és ez alapján meg tudják fogalmazni végső következtetéseiket, az esetleges beavatkozási lehetőségeket a jobb vízminőség elérése érdekében. Ez nem nélkülözheti a rendszerszemléletet, az ok-okozati összefüggések meglátását. A féléves terepi munka során szerzett tapasztalatok, élmények és a hallgató önálló tanulásával, valamint tanórai munka során szerzett tudása együttesen biztosítják a problémamegoldás és tervezés, döntéshozatal képességeinek kialakulását. Ennek példáján már hasonló eseteket, helyzeteket könnyebben fog értékelni, gyakorlatot szerez a vízminőség vizsgálat tárgyában.

A bemutatott vízminőségi gyakorlat a szakmai képzésen túl biztosítja a komplex, átfogó látásmódot, az ökológiai szemlélet kialakítását. Olyan tanulási élményt nyújt a hallgatónak melyben többek között fejlődik a kritikus, kreatív gondolkodása, társas képességei, együttműködő készsége és konfliktuskezelő képessége. Szűk tantervi keretek között is (28 óra / félév) – némi rugalmasságot feltételezve az adott felsőoktatási intézménytől - sikerre vihető a környezetmérnök képzés. Több módszert alkalmazva az oktatás színesebbé, érdekesebbé válik, ami a jövőben a pályaválasztók érdeklődését is esetleg felkeltheti, ami egyre fontosabb szempont az intézmények számára, figyelembe véve a csökkenő érdeklődést (1. ábra) mutató felvételi létszámot.

## AZ ÖKOLÓGIAI SZEMPONTÚ VÍZMINŐSÍTÉS

A természet sokoldalúságából, véletlenszerűségéből, bonyolult, szövevényes kapcsolataiból következik, hogy csak „matematikai egyenletekkel” nem tudunk közelíteni az ok-okozati összefüggésekhez. Látni, érezni és tapasztalni szükséges a folyamatok megértéséhez. Ezt szolgálják a terepen végzett vizsgálatok, ahol a környezet adekvát oktatása során a megismerési folyamat az élet természetes komplexitásához igazodik.

A Vízminőség-védelmi terepkutatás célkitűzése:

- Kialakítani a vízgyűjtő-területi szemléletet.
- Felkészíteni a hallgatókat a VKI alkalmazására.
- Bekapcsolódni az országos szintű állapotfelmérésekbe, ezáltal hozzájárulni a célkitűzések megvalósításához.
- Mérési elvek alkalmazása, mérőeszközök használata. Hiteles mérési eredmények szolgáltatása és a mérési eredmények kiértékelése.
- Mérési eredmények alapján a modellezési folyamatok végrehajtása – ezáltal a beavatkozási lehetőségek megismerése.

A VKI által vízfolyásokra megkívánt ökológiai állapot felmérése a 3. táblázatban szereplő biológiai és az ezeket támogató hidromorfológiai és fizikai-kémiai minőségi jellemzők figyelembevételével történik. A mérendő paraméterek mutatják, hogy a mérnöki tervezésnek messzemenően figyelembe kell vennie a vízi élőlények preferenciáját. A korábban hazánkban végzett vizsgálatok eredményei is azt támasztják alá, hogy a hazai vizek állapotára az ökológia és a hidromorfológiai állapot jóval hangsúlyosabb befolyást gyakorol, mint a vízkémiai paraméterek. A hazánkban található több mint 900 felszíni vízfolyásból 600 kisvízfolyásnak minősül és ezek állapotjellemezéséhez, így a célkitűzés megvalósításához meglehetősen kevés adat áll rendelkezésre nemcsak hidrológiai, morfológiai, hanem ökológiai vonatkozásban is. A hiányzó adatokat azonban pótolni kell terepi méréssel vagy szakértői becslésekkel, illetve megbízható modelleredményekkel. Ehhez a munkához a felsőoktatási intézmények terepgyakorlatai is hozzájárulhatnak, melyek egy-egy kisvízfolyást kiragadva adatokkal szolgálhatnak az intézkedési tervekhez.

3. TÁBLÁZAT: Az ökológiai vízminősítés VKI szerint ajánlott paraméter csoportjai (VKI, 2004)

Ökológiai vízminősítés	Vízfolyásokban vizsgált paraméterek
Biológiai jellemzők	makrofiton, fitobenton makrogerinctelenek, halak
Biológiai elemeket támogató hidromorfológiai jellemzők	vízhozam jellemzők, kapcsolat a vízadókkal, mélység, szélesség, mederjellemezők, vízparti zóna
Biológiai elemeket támogató fizikai-kémiai és kémiai jellemzők	hőmérsékleti viszonyok, oxigén-háztartás, sótartalom, savasodási állapot, tápanyagok, jelentős mennyiségben bevezetett szennyezőanyagok, kiemelt veszélyes anyagok

A terepen végzett vizsgálatokat ennek megfelelően kell tervezni, figyelembe véve az adott oktatási intézmény lehetőségeit a mérések, vizsgálatok területén.

## Terepszemle

A vizes élőhelyeken (patakon, tavakon stb.) végzett vizsgálatok tervezésének első és legfontosabb lépése a vizsgált terület jellemző pontjainak – oldalágak, források vízutánpótlása, szennyvízbevezetés stb. – meghatározása, az alapos, minden részletre kiterjedő felmérés.

Első feladatként a vízgyűjtőterület lehatárolását kell elvégezni. Ez tantermi körülmények között elvégezhető. A vízgyűjtőterület ugyanis a felszín azon darabja, ahonnan valamely vízfolyás valamennyi felszíni és felszín alatti vizet összegyűjti és elvezeti. Mindig vízválasztó határolja, mely a terep legmagasabb pontjait összekötő vonal, így egy szintvonalas domborzati térkép segítségével kijelölhető és a helyszínen pontosítható. A patak vízgyűjtő területén a hallgatók több csoportban végzik a szemrevételezést, a terepszemlét, az adatok rögzítését, majd a csoportok az általuk tapasztaltakat megbeszélik, jegyzőkönyv formájában rögzítik. Ezen információk segítségével határozhatók meg a vizsgálati paraméterek.

*Célja*, hogy átfogó képet nyújtson az adott vízfolyásról, a vízgyűjtő területről; a későbbi rendszeres mérés-sorozat elindításához rögzítse az alapállapotot.

*Feladata* a mintavételi pontok kijelölése, térképen történő ábrázolása, a vízgyűjtő terület lehatárolása. A terepszemle során a következő szempontok alapján kell a jegyzőkönyvet elkészíteni (DUKAY I. 2000):

1. Dátum, pontos hely (térképen GPS segítségével pontosan bejelölt koordinátákkal);
2. Vegetációs periódus;
3. Látható szennyezések;
4. Befolyások;
5. Vízmélység (< 0,1 m, 0,1-0,5 m, 0,5-1,0 m, 1,0-2,0 m, > 2,0 m);
7. Meder szélessége (<1 m, 1-5 m, 5-25 m, 25-100 m, > 100 m);
8. Vízebesség (örvénylő, gyors, mérsékelt, lassú, stagnáló);
9. Meder árnyékoltsága;
10. Iszaposság;
11. Víz színe, átlátszóság (tisztá /> 50 cm/, zavaros /10-50 cm/ nagyon zavaros /<10 cm/),
12. Víz szaga;
13. Meder jellemző anyaga (kő, kavics, homok, iszap/sár);
14. Meder állapota (tisztá, algás, szerves törmelékkal borított);
15. Vízpart borítása (természetes kő, beton/kőlap, csupasz talaj, fű, bokor, fa);
16. Környező növényzet jellemzői;
17. Környék területhasználata (erdő, láp, mocsár, szántóföld, legelő, rét, lakott terület, ipari terület);
18. Ipari létesítmények;
19. Környezet általános állapota;
20. Időjárás;
21. vízfolyás típusa (forrás, hegyvidék, síkvidék, csatorna).

## Biológiai elemeket támogató hidromorfológiai jellemzők

A 3. táblázatban felsorolt paraméterek közül a vízhozamnak kiemelkedő szerepe van, melyet több kutatás eredménye is igazol (pl. Hock Béla). A vízhozam egyértelmű meghatározója a vízminőségnek, valamint ismerete elsősorban a vízgazdálkodás részére ad értékes információt a pillanatnyi vagy adott idő alatt rendelkezésre álló vízkészletről.

### Vízhozam meghatározása

A vízhozam méréseket 4 fő csoportba sorolja a szakirodalom (ZSUFFA I. 1997):

- Köbözés;
- Mérés mérőbukóval;
- Jelzőanyag mérése, vagy kémiai (hígulósos) vízhozam mérés, például sózással;
- Szelvényterület – sebesség mérésen alapuló vízhozam mérés, pl. sebességmérő szárnnyal.

A kiválasztott eljárás a vízhozamtól, a vízfolyás jellegétől és a rendelkezésre álló mérőeszközöktől függ. Az Aranyhegyi patak vízhozam meghatározását a hallgatók az integráló hígulósos vízhozam méréssel végzik, továbbá a vízfolyáson található viszonylag egyenes, közel állandó vízmélységű szakaszon az egyszerű sebesség meghatározáson alapuló mérést végzik el. Ez ugyan csak közelítő, tájékoztató jellegű adatot szolgáltat, de a meghatározáshoz szükséges adatok felvétele a meder felderítésében nyújt hasznos információkat, például hogyan lehet mélységet, mederszélességet meghatározni, milyen tényezők befolyásolják a mért adatokat, hogyan lehet átlagolni stb.

*Cél:* a vízfolyás pillanatnyi vízhozam hidrológiai hossz-szelvényének meghatározása.

*Feladat:* vízhozam mérése a kijelölt keresztmetszetekben.

### Vízhozam mérése sebességmérés alapján

A legegyszerűbb eljárás az úszóval történő vízhozam meghatározás, de csak közelítő eredményt ad. A vízhozam valamely vízfolyás kereszt-szelvényében (keresztmetszeti felületén) időegység alatt átfolyt vízmennyiség, tehát a kereszt-szelvény (A) ismeretében az alábbi egyenlet szerint határozható meg (ZSUFFA I. 1997):

$$Q \approx v_{\text{felszíni}} \cdot A$$

ahol:

Q – vízhozam [m<sup>3</sup>/s]

A – kereszt-szelvény területe [m<sup>2</sup>]

$v_{\text{felszíni}}$  – víz felszíni áramlási sebessége [m/s]

## Keresztszelvény A [m<sup>2</sup>] méretének meghatározása mérőszalag és mérőrúd segítségével

A két part közötti merőleges távolságot mérőszalag segítségével a hallgatók lemérik, az adatokat feljegyzik, majd ebben a keresztmetszetben a mélységet is meghatározzák. A két part közötti távolság függvényében (szakirodalom tartalmazza) kell a függvények számát meghatározni, majd lemérni ezekben a pontokban a patak mélységét egy mérőrúd segítségével, és a mélységek számtani középértékét számolva kapják meg a keresztmetszet számításához szükséges adatokat.

$$A = b \cdot h_{\text{átlag}}$$

ahol:

A – keresztmetszvény területe [m<sup>2</sup>]

b – két part merőleges távolsága [m]

$h_{\text{átlag}}$  – a mélységek számtani átlaga [m]

## A sebesség meghatározása

A sebesség legegyszerűbben egy úszó tárgy (pl. fadarab) segítségével határozható meg. Az úszó tárgy által megtett út és a hozzá tartozó idő függvényében a víz felszíni sebességének közelítő értéke meghatározható:

$$v = l/t$$

ahol:

$v_{\text{felszíni}}$  – víz felszíni áramlási sebessége [m/s]

l – vizsgált útszakasz a vízfolyás irányában [m]

t – az l út megtételéhez szükséges idő [s]

A mérési adatokat jegyzőkönyvben kell rögzíteni.

Méréshez szükséges eszközök: mérőszalag, mérőrúd, stopperóra.

A kisvízfolyásokon végzett vízhozam mérések alapján meghatározható a pillanatnyi vízhozam hidrológiai hossz-szelvénye, amely a vízgyűjtőfeltárás egyik alapvető feladata.

## Vízhozam mérés kémiai módszerrel

A kémiai vízhozam mérés vagy más néven hígulásos módszer lényege egy ismert koncentrációjú jelző anyagnak, például konyhasóoldatnak a folyamatos (állandó hozamú hígulásos mérés) vagy hirtelen történő (összegző, vagy integráló vízhozam mérés) beadagolása a vízfolyásba, majd elektrokémiai módszerrel a hígulás mértékének a meghatározása (KORIS K. – WINTER J. 1999). Mivel az állandó hozamú hígulásos mérés sóoldat-adagoló edény meglétét feltételezi, és ilyen berendezéssel a vizsgált intézmény nem rendelkezik, így a nagyobb körülményt és végrehajtási pontosságot igénylő integráló, vagy összegző vízhozam mérését végezzük el a hallgatók csoportmunka formájában.



**Feladat:** A méréshez 100 g mennyiségű finom sót 1 l patakvízben kell elkeverni egy vödörben, majd a vízfolyásba önteni. Lehetőleg egyenes patakszakaszt kell választani, vagy kell kialakítani, ahol nincsenek ellenáramlatok, holt terek. Az előre megtervezett mintavételi ponton, kb. a beöntéstől számított 10 m távolságban a folyásirányban a hallgatók kövek segítségével létrehozunk egy szűkülő áramlási szakaszt a biztos elkeveredés miatt, majd azonos időközönként, azonos térfogatú mintát vesznek, úgy, hogy a teljes mintavételi időtartam a sóhullám teljes levonulási idejét lefedje. Ez azt az időt jelenti, míg az utolsó minta sókoncentrációja a patak eredeti (só beadagolás előtti) értékét el nem éri, ez lesz a sóhullám levonulásának vége. Ez kísérleti úton például a vízfolyásba dobott maréknyi felaprózott falevéllal modellezhető, előre meghatározható, így a mintavételi idő felbontható egyenlő időközökre ( $\Delta t$ ) és meghatározható a mintaszám is. A mérések végén a mintákat egy nagyobb edényben összekeverve mérhető az átlagos fajlagos vezetőképesség.

A minták vezetőképességét megmérve a töménység (sókoncentráció) – vezetőképesség összefüggést ábrázoló görbe (szakirodalomban megtalálható) – segítségével meghatározható a  $C$  átlagtöménység és így kiszámítható a vízhozam, megszerkeszthető a sóhullám levonulási görbe.

A felső szelvénybe hirtelen (2-3 s alatt) beadagolt 100 g mennyiségű só által előidézett sóhullám időben változó  $c(t)$  koncentrációval szállítja el a sómennyiséget, melyre a sóháztartási egyenlet a következő (KORIS K. – WINTER J. 1999):

$$S = c_1 \cdot Q \cdot \Delta t + c_2 \cdot Q \cdot \Delta t + \dots + c_n \cdot Q \cdot \Delta t$$

ahol:

$S$  – a beadagolt só mennyisége [g]

$c_i$  – az  $i$ -edik időpillanatban vett minta koncentrációja [g/m<sup>3</sup>]

$\Delta t$  – a mintavételek között eltelt konstans időköz [s]

$Q$  – a patak ismeretlen vízhozama [m<sup>3</sup>/s]

$n$  – a  $\Delta t$  időintervallumonkénti mintavételek száma

$$S = Q \cdot n \cdot \Delta t \cdot \frac{(c_1 + c_2 + \dots + c_n)}{n}$$

Mivel  $n \cdot \Delta t = T$  a mintavételek össz-ideje (a sóhullám teljes levonulási ideje) az  $1/n \cdot (c_1 + c_2 + \dots + c_n) = C$  az átlagtöménység, a vízhozam meghatározását szolgáló összefüggés:

$$S = Q \cdot T \cdot C$$

Ennek alapján az ismeretlen vízhozam

$$Q = S / (T \cdot C)$$

ahol:

$Q$  – a patak ismeretlen vízhozama [m<sup>3</sup>/s]

$S$  – a beadagolt só mennyisége [g]

$T$  – a mintavételi szelvényben az átvonulási idő [s]

$C$  – az átlagos sőtöménység a mintavételi szelvényben [g/m<sup>3</sup>]

Ez a C töménység megegyezik a helyszínen azonos  $\Delta t$  időközökben vett, azonos mennyiségű vízminták összekeveredéséből származó átlagminta töménységével. Az átlagminta töménysége konduktométerrel meghatározható.

Méréshez szükséges eszközök: 10-15 db mintavételi mérőpohár, 1 db stopperóra, 1 db Hanna típusú fajlagos vezetőképesség mérő műszer, 1 kg finomított só (ebben az oldhatatlan részek aránya 1-1,5 súly%, a durvább minőségű sóban ugyanez 10 súly% körül mozog), 1 db vödör.

Az egyéb hidromorfológiai jellemzők a mérések kapcsán, például mélység, szélesség felvételre kerülnek a vízhozam mérésénél, melyet kiegészíthet a mederjellemzők, például szerkezet, anyag vizsgálata.

## Vízparti zóna vizsgálata

A vízparti zóna vizsgálata során a következő kérdések merülnek fel (VGT 2009):

- Vannak-e a vízi élőlények számára átjárhatatlan műtárgyak?
- A mederforma változatossága biztosítja-e az élőlények diverzitásához szükséges, térben és időben megfelelően változékony vízmélységeket, vízsebességeket és partformákat?
- Nincs-e jelentős feliszapolódás, vagy nem benőtt-e a meder, amely megváltoztatja a fenéken vagy annak közelében az életfeltételeket?
- Megtalálhatók-e a vízfolyásra jellemző növények, illetve betöltik-e kettős szerepüket: a meder védelme, ugyanakkor a parti ökoszisztémák fontos biológiai elemei, megfelelő-e a hullámtér állapota?

A kérdésekre adott válaszokat a terepen tapasztaltak alapján jegyzőkönyvben kell rögzíteni.

## Biológiai elemeket támogató kémiai jellemzők

A vízben oldott anyagok, gázok, melyek a csapadékkal, a talajból való kioldással, élőlények tápanyagcseréje, biokémiai reakciók vagy emberi tevékenység során bekövetkező szennyezéssel kerülnek a vizekbe nagymértékben befolyásolják a vízminőséget. Ezen anyagok egy része az élővilág számára fontos (pl. oxigén, kalcium, magnézium, nátrium, kálium stb.), más része viszont kifejezetten káros (pl. általában a nehézfémek, olajszármazékok, növényvédőszeres stb.).

A vizsgálat célja az oldott anyagok mennyiségi és minőségi meghatározása. Az eredmények határozzák meg a víz felhasználását, a víztisztítás szükséges mértékét, általában a vízminőséget, mely során a szennyezések forrásai is meghatározhatók. A vizsgálandó paraméterek körét a következő csoportosításban adja meg a VGT:

- Oxigén háztartás, szerves anyagok (oldott  $O_2$ ,  $KOI_K$ ,  $BOI_5$ ,  $NH_4-N$ );
- Tápanyagkínálat ( $NO_2-N$ ,  $NO_3-N$ ,  $ÖN$ ,  $PO_4-P$ , összes P);
- Savasodási állapot (pH);
- Sótartalom (fajlagos vezetőképesség, klorid).

A vízfelhasználások függvényében különböző rendeletek, szabványok tartalmazzák a mintavételezéssel kapcsolatos előírásokat, a gyakoriságot, a vizsgálandó paraméterek körét.

A vizsgálatokat rendszeresen és ugyanazokon a pontokon elvégezve, ügyelve a mintavétel körülményeire, pontosságára, értékes, hiánypótló, változásokat jól tükröző adatsorokhatározhatók meg a felsőoktatási gyakorlatok folyamatában.

A mintavételi hely kiválasztásánál a főbb szempontok a következők (DUKAY I. 2009):

- A mintavételi hely vízsebesség, mederszélesség szempontjából legyen átlagos.
- A szennyezés meghatározásához a feltételezett szennyező forrás alatt és felett is kell mintát venni, ügyelve az elkeveredésre.
- A mérési hely megközelítése lehetőleg egyszerű és biztonságos legyen.
- Kémia vízvizsgálathoz a mintát a biológiai vizsgálat előtt kell venni, mert felkeveredhet a víz, így megnövekedhet az oldott anyagok koncentrációja.
- Az adott keresztmetszely több pontjáról kell mintát venni a parttól és aljzattól távolabbi pontokon.
- A minta tartósítása szükséges, ha nem a helyszínen, hanem laborban történik a mérés.

*Feladat:* a vizsgálandó paraméterek közül azon jellemzők meghatározása, melyet a tanulmány készítésekor a meglévő műszerezettség lehetővé tesz:

1. Oldott oxigén
2. pH
3. Fajlagos vezetőképesség
4. Ammónia
5. Nitrit
6. Nitrát (ha a nitrát magas értéket mutat KOI mérése is javasolt)
7. Foszfát

## Oldott oxigén

A vízben oldott oxigén, a víz oxigéntelítettsége a vízminőség és a vízi élőlények szempontjából meghatározó. Koncentrációját meghatározzák részben a fiziográfiai sajátságok, a földrajzi fekvés, tengerszint feletti magasság, légnyomás, a meder mélysége, a környék éghajlata, széljárás és a víz kémiai tulajdonságai, de leginkább az élőlények okozta folyamatok, mert a természetes vizek oxigéntartalma a benépesedéssel és a vízi élet egész menetével van szoros kapcsolatban (GRIBOVSKI Z. 2005). A vízben végbemenő életfolyamat-

okhoz oxigén jelenléte szükséges, hiánya a víz minőségére káros, az élővilág pusztulását okozhatja. A vizekre jellemző oldott oxigéntartalom megállapításához nagyszámú adat és gyakran folyamatos mérés szükséges, mert értéke napszaktól, évszaktól és szennyezett-ségétől függően változik.

Méréshez szükséges eszköz: Hanna HI 3803 oldott oxigénmérő.

## A pH érték

A víz pH-ja jelzi, hogy a vízben oldott sók, gázok milyen mértékben tartalmaznak olyan anyagokat, mint például a hidrokarbonátokat, karbonátokat, szén-dioxidot, kén-dioxidot, humin-anyagokat, amelyek a víz savas, vagy lúgos kémhatását okozzák. Értéke 1-14 között változik, a tiszta víz semleges kémhatású, a természetben előforduló vizek pH értéke általában 4,5-8,3 között változik. A szikes tavak kémhatása általában lúgos, a lápos területeké savas, vagyis a meder összetételétől függ elsősorban az értéke. A pH értéke befolyásolja a tápanyagfelvételt, a mikroorganizmusok, a vízi állatok tevékenységét, szaporodását, így értékétől függően az élő szervezetek minőségi és mennyiségi elterjedése különböző. (SZILÁGYI F. 2007)

Méréshez szükséges eszköz: HANNA THE pHep M-4-30 (HI98107) típusú pH mérő.

## A fajlagos vezetőképesség mérése

A fajlagos vezetőképesség a vízben oldott sók mennyiségét mutatja. A mérés során azt a jelenséget használjuk fel, hogy a vízben a sók oldódás során töltéssel rendelkező részecskékre bomlanak, így megnő a víz vezetőképessége.

Méréshez szükséges eszköz: HANNA DiST (HI98304) típusú vezetőképesség mérő műszer.

## Ammónia, ammónium

Az ammónia a vízben szabad ammónia, vagy ammóniumion formájában fordulhat elő a pH függvényében, mely az élőlények szempontjából meghatározó, mivel a szabad ammónia (pH 12-nél 100%-ban ebben a formában van jelen) erős mérég. A felszíni vizekben a vegetációs időszakban a nitrifikációs folyamat első lépéseként a biokémiai lebomlás során keletkezik, majd a nitrifikáló baktériumok hatására nitritté, majd nitráttá alakul. Szennyvízbevezetés, műtrágyázás során számíthatunk nagyobb koncentrációban való megjelenésére.

Méréshez szükséges eszköz: MERCK Spectroquant NOVA 60 spektrofotométer.

## Nitrit

A nitrifikációs folyamat első lépéseként keletkezik, viszonylag gyors oxidációja miatt hamar átalakul nitráttá, ezért a felszíni vizek nitrit koncentrációja alacsony, viszont már igen kis koncentrációban veszélyes.

Méréshez szükséges eszköz: MERCK Spectroquant NOVA 60 spektrofotométer.

## Nitrát

A nitrát fontos növényi tápanyag, viszont az emberi szervezet számára nagy mennyiségben mérgező. Szennyvízbevezetés, műtrágyázás növeli a koncentráció értékét. Magas nitrát koncentráció esetén javasolt KOI mérést végezni, mely a vízben lévő szerves anyag mennyiségének mutatószáma.

Méréshez szükséges eszköz: MERCK Spectroquant NOVA 60 spektrofotométer.

## Foszfátok

Általában a felszíni vizek foszfáttartalma alacsony, növekedése elsősorban a szennyvízbevezetéseknek és a műtrágyák bemosódásának eredménye, vagyis egyértelműen antropogén hatás, bár természetes úton a kőzetekből oldódik a vízbe.

A megnövekedett foszfor és nitráttartalom együttes hatására elszaporodik a vízi növényzet (eutrofizáció), a vízben és iszapban lezajló bomlási folyamatok következtében csökken a víz oxigéntartalma. Az oxigénhiány miatt azonban a vízi élőlények elpusztulnak, a víz a bomló szerves anyagoktól sötét színűvé válik és a fényt nem engedi át, további vízminőség romlást indukálva (SZILÁGYI F. 2007).

Méréshez szükséges eszköz: MERCK Spectroquant NOVA 60 – spektrofotométer.

Az értékelést a 10/2010 (VIII. 18.) VM rendelet A felszíni víz szennyezettségi határértékei alapján kell elvégezni, illetve tájékoztató jelleggel érdemes az MSZ 12 749:1993 Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés szabványból az osztályba sorolás határértékeit is áttekinteni. Az értékelés alapját a VKI-ban és a kapcsolódó útmutatókban előírt, részben közösségi, részben nemzeti szinten rögzített minősítési módszerek képezik. A hazai minősítési rendszert a VGT tartalmazza.

## Biológiai vízminősítés a BISEL módszer alapján

A VKI a makrofiton, fitobenton, makrogerinctelenek, halak vizsgálatával írja elő a biológiai minősítést. A vizsgálat alapját az adja, hogy az egyes fajok biológiáját (pl. tápanyag-, oxigén-, pH és egyéb igényét) megismerve, következtetéseket lehet levonni a víz minőségére vonatkozóan. Az élő szervezetek különbözőképpen reagálnak a környezeti tényezők megváltozására, általában az életfeltételek megváltozására. Ennek kapcsán megváltozik a számuk, az előfordulási valószínűségük. A vízszennyezés kapcsán akár a faj teljes eltűnése is bekövetkezhet.

A vízi makrogerinctelen állatok segítségével történő biomonitorozás a gyakorlati környezet-, természetvédelmi munkában a vízfolyások terepen történő általános jellemzésére, a részletesebb vizsgálatok alapjaként használható (NÉMETHNÉ K. J. 2006).

A VKI az AQUEM minősítő rendszert ajánlja, de a terepi kutatás során ennek egyszerűbb, a hallgatók által könnyebben elvégezhető változatát, a BISEL vizsgálatot valósítjuk meg. A vizsgálat pontos leírását a Green Alapítvány által kiadott *Vízbiológiai praktikum* című kiadvány tartalmazza, lényegét a következőkben határozza meg:

A Belga Biotikus Index (BBI) egyszerűsített, könnyen használható változata a BISEL (Biotic Index at Secondary Education Level) módszer. A vízminőség bioindikátoraiként szolgáló makrogerinctelen élőlények körébe lapos- és gyűrűsférgék, puhatestűek (kagylók, csigák), ízeltlábúak (rákok, rovarok) tartoznak. Előfordulásukat adott vízfolyás szakaszon többek között saját életmódjuk, kémiai és a fizikai (pl. meder-morfológia) tényezők befolyásolják.

Legérzékenyebb nemzetségek: a Plecoptera (Álkérészek), Trichoptera (Tegzesek) és Ephemeroptera (Kérészek), a legnagyobb tűrőképességűek a Tubificidae (Csövájóférgék), Chironomidae (Árvaszúnyogfélék) és Syrphidae (Zengőlégyfélék) csoportok.

A Biotikus Index (BI) használatakor az indikátorszervezetek azonosítása csak egy adott rendszertani egységig (taxonig) történik. A beazonosított egyedek előfordulási gyakorisága alapján meghatározható a biotikus index és az alapján az osztályba sorolás. Általában a legmagasabb biotikus index (10) a jó vízminőségre, illetve a szennyeződés hiányára utal (2 Plecoptera nemzetség, és 16 vagy több taxonómiai egység). Ahogy az index értéke csökken, úgy romlik a vízminőség. Ha a biotikus index 5 vagy annál kevesebb, az nem csak azt jelenti, hogy a víz szennyezett, hanem azt is, hogy kritikus szintet ért el (BORIÁN Gy. 2001).

*Feladat:* A mintavételi helyet kiválasztva annak kb. 10–20 m-es környezetében történik a mintavételezés. Az összes megközelíthető élőhelyet, illetve mikrobiotópot meg kell vizsgálni, vagyis a vízfenék altalaját (homok, iszap, kő), a makronövényzetet (úszó, víz alatti, kiemelkedő), a víz fölé nyúló fák vízben lévő gyökereit, és az összes többi természetes és mesterséges úszó, vagy elmerült anyagot a vízben. A szabványos mintavételi idő 5 perc. A mintavételezéshez szabványos fémkeretes kúp alakú kézháló áll rendelkezésre. A minta megtisztítását követően szitaszűrőn történő szétválogatás, majd taxoncsoportok szerint az egyedek számának meghatározása következik. A kapott eredmények szabványos jegyzőkönyvbe történő rögzítésével a minősítés befejeződik.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A komplex gondolkodásmód, rendszerszemlélet kialakításához maga a természet, a vízi környezet biztosítja a legmegfelelőbb színteret. Látni, érezni és tapasztalni szükséges ahhoz, hogy a rendszer nagyfokú komplexitása felismerhetővé váljon, a rendszeren belül az ok-okozati kapcsolatok feltárára kerülhessenek. Ez előfeltétele annak, hogy a rendszer védelmére és szabályozására szolgáló beavatkozások és intézkedések megtervezhetőek legyenek. A tananyagnak és a hozzá kapcsolódó gyakorlati tevékenységnek úgy kell felépülnie,

hogyan a hallgató elfogadja és alkalmazza az „összevont (integrált) vízgyűjtő koncepciót”(VKI), és ezáltal biztosítani tudja a vízkészletek fenntartható hasznosítását. A terepkutatás e feladat megvalósításában fontos pedagógiai módszerként áll rendelkezésre, mely a Víztisztaság-védelem tárgy óraszámának tömbösítésével vagy a hét félév alatt egyszer ötnapos gyakorlattal beépíthető a tantervbe.

A tanulmányban bemutatott ökológiai minősítés megvalósíthatóságát egy 14 fős hallgatói csoport 5 napos eredményes terepkutatása támasztja alá. A hallgatók a következőket fogalmazták meg a tábor zárásakor: „a gyakorlat sokat segített az elmélet megértésében, mivel elég vizuális típus vagyok”; „bővítette a kémiai tudásomat, sokkal nagyobb önbizalommal végzem a méréseket”; „jó volt csapatban dolgozni és kirándulni”.

A részt vevő hallgatók eredményes TDK munkái és szakdolgozatai a módszer alkalmasságát igazolják. Az érdeklődés hasonló jellegű táborok iránt azt jelzi, hogy igény van a gyakorlati foglalkozásra.

A felsőoktatás oktatási színvonalának emelése társadalmi elvárás, mely – figyelembe véve a jelen generáció képességeit, igényeit – a hagyományos módszerekkel nem elégíthető ki. Minél hamarabb be kell vezetni az alternatív, csoportos munkán és tapasztaláson alapuló, önálló munkát is feltételező módszereket, melyek kialakíthatják, fejleszthetik azokat a kompetenciákat, melyeket a munkaadók feltételként állítanak a fiatal pályakezdők elé. Az ehhez szükséges pedagógiai módszerekkel rendelkezünk, így feladatunk, hogy merjük ezeket minél szélesebb körben alkalmazni és ehhez egy felsőoktatási reform megteremtse a szükséges feltételeket.

## IRODALOM

- BORIÁN GY. – BORSOS S. – HARTNER A. – VÉR A. (2001): Bioindikáció a középiskolai oktatásban Vízbiológiai praktikum Agrárszakoktatási Intézet, Budapest
- BODÁNÉ KENDROVICS R. (2008): Környezetvédelem a műszaki felsőoktatásban, XII. Apáczai Napok Nemzetközi Tudományos Konferencia A reneszánsz értékei, az értékek reneszánsza Tanulmánykötet Nyugat-magyarországi Egyetem Apáczai Csere János Kar, Győr, 101–111. old.
- DUKAY I. (2000): Kézikönyv a kisvízfolyások komplex vizsgálatához, Vác, Göncöl Alapítvány és Szövetség
- FALUS I. (2003): Didaktika Elméleti alapok a tanítás tanuláshoz, Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp.
- GRIBOVCSKI Z. – PANNONHALMI M. (2005): Vízvédelem oktatási segédlet, Nyugat-magyarországi Egyetem Geomatika és Mérnöki Létesítmények Intézet Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Tanszék Sopron 103. old
- JOLÁNKA G. (1999): A vízminőségvédelem alapjai, különös tekintettel a rendszerszemléletű ökohidrológiai módszerekre. ELTE egyetemi jegyzet, Budapest, 2-4. old.
- DR. KÁRÁSZ I. (2005): Ökológiai és környezetelemzési komplex terepgyakorlat, Oktatási segédanyag a Környezettan BSc szak részére Eszterházy Károly Főiskola Környezettudományi Tanszék, Eger
- KORIS K. – WINTER J. (1999): Hidrológiai mérőgyakorlat, Műegyetem Kiadó, Budapest.
- KOVÁTSNÉ NÉMETH M. (1998): Erdőpedagógia, Győr, 17. old.

KOVÁTS-NÉMETH M.(2010): Az erdőpedagógiától a környezetpedagógiáig, Comenius Kft., Pécs, 279. old.

NÉMETHNÉ KATONA J. (2006): A környezet- és természetvédelmi oktatás terepi lehetőségeinek alkalmazása és módszereinek továbbfejlesztése a Máriaremetei-szurdokvölgy példáján, Doktori (Phd) értekezés NYME Környezettudományi Intézet Sopron, 14 old.

SZILÁGYI F. – ORBÁN V. (2007): Alkalmazott hidrobiológia, Magyar Víziközmű Szövetség, Budapest

ZSUFFA I. (1997): Műszaki hidrológia II. Műegyetem Kiadó, Bp.

Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve hivatalos IM fordítás 2004. [www.euvki.hu](http://www.euvki.hu)

Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv Vízügyi és Központi Környezetvédelmi Igazgatóság 2009. december  
[www.euvki.hu](http://www.euvki.hu) 330 old, 379 old.

NKP. III. 3. melléklet a 96/2009. (XII. 9.) OGY határozathoz [www.vm.gov.hu](http://www.vm.gov.hu) 45.old.

Környezetmérnök képzés és kimeneti követelményei <http://www.nefmi.gov.hu/kkk>