

## A BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék története, munkásságának bemutatása és a jövőre vonatkozó tervei

Laky Dóra, Ács Tamás, Bódi Gábor, Buzás Kálmán, Clement Adrienne, Darabos Péter, Decsi Bence, Fülöp Roland, Jolánkai Zsolt, Juhász Endre, Kardos Máté Krisztián, Knolmár Marcell, Koncsos László, Koncsos Tamás, Kozma Zsolt, Licskó István, Murányi Gábor, Musa Ildikó, Raum László, Somlyódy László, Szilágyi Ferenc, Varga Laura, Patziger Miklós

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék,  
1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. (e-mail: laky.dora@emk.bme.hu)



### Kivonat

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék idén ünnepli 60. születésnapját. Ugyan a tanszék megalakulása hivatalosan csak 1989-ben történt, de az annak alapját képező szellemi alkotóműhely létrejötté ennél sokkal korábban, 1963-ra nyúlik vissza, amikor Öllös tanár úr a Vízgazdálkodási Tanszéken belül megalapította a Vízellátás-Csatornázás („VICSA”) csoportot. Jelen tanulmányban bemutatjuk a tanszék alapítását megelőző időszakot, majd a tanszékvezetőket és a hozzájuk kapcsolódó időszakok oktatási és kutatási tevékenységét, valamint a jövőre vonatkozó terveket. Röviden ismertetjük az elmúlt évtizedek kutatási projektjeit, oktatási tevékenységünket, illetve annak szakterületenként történő fejlődését.

### Kulcsszavak

Víz, oktatás, kutatás, tanszék alapítás, történelem, tervek.

## The history, activity and future plans of the BME Department of Sanitary and Environmental Engineering

### Abstract

The Budapest University of Technology and Economics (BME) Department of Sanitary and Environmental Engineering is celebrating its 60<sup>th</sup> birthday this year. Although the department was officially established only in 1989, the formation of the research group that gave the foundation of the department dates back as far as 1963. In this year Professor Öllös founded the Water Supply and Sewerage ("VICSA") group within the department of Water Management. In this study, the period before the official foundation of the department is presented, followed by the heads of the department and the activities during their management and the future plans. The research projects of the past decades are presented, as well as the educational activities and their development in each field.

### Keywords

Water, education, research, foundation of the department, history, plans.

### A KEZDETEK ÉS A TANSZÉK ALAPÍTÁSA

A közműhálózatok – úgy, mint vízellátó vagy szennyvízelvezető rendszerek – keletkezése szinte egyidős az ókori városalapításokkal. Talán a legismertebb példa erre a római birodalom kiváló mérnökeinek egyik alkotása, az aqueduct (csatornahíd). A középkorra azonban feledésbe merült az ókori közműfejlesztés tudománya. A XIII-XVI. század közti városépítések során a közművesítés elmaradt, melynek következtében nagy pestisjárvány sújtotta Európát 1348-1350 között. A XVIII. században lezajló ipari forradalom megteremtette a közműfejlesztések lehetőségét, 1761-től London vízellátásához már gőzszivattyút is igénybe vettek (Darabos és Mészáros 2004).

A budai tudományegyetem bölcsészeti karán 1782-ben alapított Institutum Geometrico-Hydrotechnicum volt az első polgári mérnök-képző intézet Európában, amelyben egyetemi szervezetben oktatták a műszaki tudományokat. A fő oktatott tárgy az alkalmazott matematika volt, amelynek keretében a földmérő és vízépítő ismereteket tanították. Az alapító rendelet kimondta továbbá, hogy nyilvános mérnöki állásra csak olyan személy alkalmazható, aki az

előírt matematikai tanulmányok elméletéből és gyakorlatából az egyetemen nyilvános vizsgát tett, azaz a mérnöki pálya ettől kezdve egyetemi végzettséghez volt kötve (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 2023).

A 19. században fellendülő ipar olyan szakemberigényt támasztott, amelyet a kizárólag földmérő és vízépítő mérnököket képző Institutum már nem tudott kielégíteni, így 1846-ban megnyitotta kapuit a József Ipartanoda (nevét Habsburg József nádor tiszteletére kapta) (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 2023).

A következő fontos mérföldkő a BME történetében 1850, amikor az Institutum és az Ipartanoda összevonásából új, nem felsőfokú tanintézet jött létre Joseph Industrieschule néven. Az intézet oktatási nyelve a német volt és csak a technikai osztályban folyt tovább a képzés. Hat évvel később, 1856-ban ismét felsőfokú tanintézetté emelték és Joseph Polytechnicum néven működött tovább. Ekkor kezdett differenciálódni az oktatás is, mivel már elkülönítették a gépészek, az általános mérnökök és a vegyészek képzését. 1860-ban visszaállították a magyar nyelvű okta-

tást és a politechnikum helyett már a Királyi József Műegyetem elnevezést használták. Ez volt a világon az első műszaki felsőoktatási intézmény, amely a nevében az egyetem szót viselte. Az 1871-ben felállított három szakosztály az egyetemes (1882-ig), a mérnöki és a gépészmérnöki volt (az építési és vegyész szakosztály az 1873/74-es tanévben kezdte meg működését, 1914-ben pedig posztgraduális jelleggel közgazdasági osztályt hoztak létre). A Műegyetem 1901-ben megkapta a doktori cím adományozásának jogát, amellyel először 1902-ben élt. Az első műszaki doktor Zielinski Szilárd volt, aki később az út- és vasútépítéstan professzora lett (*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem 2023*).

A közművesítés fontosságát a hazai szakemberek is felismerték. Például 1905-ben Forbath Imre mérnök magántanári képesítésért folyamodott a Műegyetemen. A képesítést a vízépítéstanak „a városok vízellátására és csatornázására, továbbá geodéziának a városok rendezésére” vonatkozó részéből kérvényezte (*Jegyzőkönyv 1905*).

1939-ben a mérnöki és építészmérnöki kar dékánja, Stachó Tibor jelentette, hogy a kar mérnöki osztályán a vízépítéstan tanszék kettéválasztásával létesített I. számú Vízépítéstan Tanszék vezetésének betöltésére kiírt pályázatra 7 folyamodvány érkezett be. A tanszék élére Németh Endre okleveles mérnök, királyi műszaki tanácsost jelölték. A dékán az indokolásban kiemelte: „az I. sz. Vízépítéstan Tanszék legfontosabb feladatát a vízépítéstan gyakorlati vonatkozású ágazat, nevezetesen az ármentesítés, a lecsapolás, a belvízrendezés, az öntözés és a közegészségügyi mérnöki munkálatok körébe tartozó vízellátás és csatornázás kérdései alkotják (*Dékáni előterjesztés 1939*). A szakmát pedig ekként aposztrofálta: „hazánkban valóban életkérdéssé vált a tudomány” (*Dékáni előterjesztés 1939*). Az idézett részlet az 1. ábrán olvasható. Ez előrevetíti a vízellátás-csatornázás és a települési és városi vízgazdálkodás tudományának egyre fontosabb szerepét is.

a közegészségügyi mérnöki munkálatok körébe tartozó vízellátás és csatornázás kérdései alkotják, ennek a kiterjedt és a jövő mezőgazdasági technikájának szempontjából hazánkban valóban életkérdéssé vált tudományágnak a sikeres és korszerű előadása egyrészt azt követeli, hogy az előadó tanár e tárgykör valamennyi ágazatában, a tervezésben és az építési kivitelben egyaránt alapos jártassággal bírjon, másrészt pedig rendelkezzen mindazokkal a képességekkel, amelyek a nagy előadási anyag megszerezéséhez és átfogóan egységes oktatásához szükségesek. Nemkülönbön fontos az I.sz.vízépítéstan tanszék vezetőjénél a jó előadói készség és az oktatási gyakorlat is, mert sikeres pedagógiai működésének ezek szinte a zálogai.

1. ábra. Részlet az 1939-es dékáni előterjesztésből (*Dékáni előterjesztés 1939*)  
Figure 1. Excerpt from the 1939 dean's proposal (*Dékáni előterjesztés 1939*)

A Rektori Tanács 1961-ben sajnálkozását fejezte ki, hogy nem tudta érvényesíteni a Művelődésügyi Minisztérium felé a városi vízellátás és csatornázás szak beindítását (*Feljegyzés 1961*). 1962-ben előterjesztették a Vízellátás és Csatornázás Tanszék létrehozását részletes indokolással (*Feljegyzés 1962*). Ez meghíusult, ugyanakkor az 1962-es docensi állások kiírása során az I. Vízépítéstan Tanszék mellett feljegyzésre került, hogy annak kimondottan a vízellátás és a csatornázás szakterületén való működése lenne előírandó (*Hazay 1962*).

A Víz Közmű és Környezetmérnöki Tanszék története erre az időszakra, az 1960-as évekre nyúlik vissza. Abban az időben három „vizes” szakirány volt az Építőmérnöki Karon: a Vízgazdálkodási Tanszékhez tartozott a Mezővíz szakirány és a Vízellátás-Csatornázás szakirány, a Vízépi-

tési Tanszékhez pedig a Vízépítés szakirány. 1963-ban a Vízgazdálkodási Tanszéken belül Öllös Géza megalapította a Vízellátás-Csatornázás („VICSA”) csoportot. 1971-ben az Egyetemi Tanács ülésén elhangzik, hogy „a vízépítési tanszék tekintetében sürget bennünket az idő, hiszen egy harmadik tanszék felállítása hosszú idő óta aktuális: a vízellátás és a csatornázás, és ezeknek a hiánya nagyon erősen érezhető” (*Jegyzőkönyv 1971*). Ebben az időben volt egy központi (oktatási minisztériumi) törekvés, melynek célja a közeli szakterületekkel foglalkozó tanszékek összevonása egy szervezeti egységbe. Így jöttek létre az Egyetemen az intézetek. Az intézetek kialakulását célzó miniszteri rendelet a szervezési szempontok közé betette, hogy az intézetek megalakulása során nem jöhet létre új tanszék. Így új tanszék ugyan nem alakult, de 1972-ben, amikor a két tanszék közül megalakult a Vízgazdálkodási és

Vízépítési Intézet, Öllös Gézáat kinevezték az Intézet Vízellátási és Csatornázási osztálya vezetőjének (*Jegyzőkönyv 1972*). A Vízellátási és Csatornázási osztályban („VICSA”) jött létre az a szellemi alkotóműhely, mely a mai Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék elődjének tekinthető.

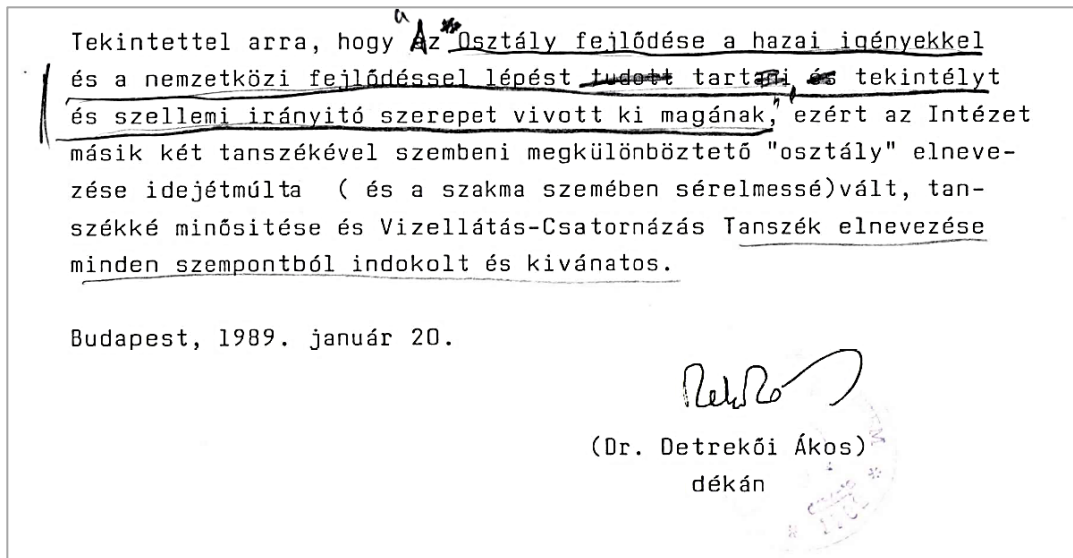
Ebben az időszakban számos olyan kolléga dolgozott Öllös tanár úr mellett, akik évtizedeken keresztül aktív oktatási tevékenységet folytattak a víziközmű szakmában, és így nevük több generációnyi vizes kolléga számára jól ismert: Dávidné Deli Matild, Dulovics Dezső, Szolnoky Csaba, Mészáros Gábor, Kollár György, Bozóky-Szeszich Károly, Bulla Miklós, Illés István, valamint Juhász Endre és Solti Dezső, akik külsős oktatóként szintén több évtizeden keresztül támogatták a tanszék működését. 1972-ben csatlakozott a csapathoz Buzás Kálmán, majd 1979-ben

Darabos Péter, akik – Raum Lászlóval együtt, aki korábban a Vízgazdálkodási Tanszéken dolgozott, majd később a VICSA munkatársa lett – a mai napig a tanszék aktív munkatársai.

### A BME VÍZI KÖZMŰ ÉS KÖRNYEZETMÉRŐKI TANSZÉK TÖRTÉNETE, MUNKÁSSÁGÁNAK BEMUTATÁSA ÉS A JÖVŐRE VONATKOZÓ TERVEI

#### ÖLLÖS GÉZA 1989-1994

A tanszékké alakulás csaknem 30 évet váratott magára, 1989-ben született meg a dékáni előterjesztés a Vízellátás-Csatornázás Osztály átalakításáról Vízellátás-Csatornázás Tanszékké (*Javaslat 1989*), melyet az Egyetemi Tanács elfogadott. A VICSA első tanszékvezetője Öllös Géza lett. Az előterjesztés egy részlete olvasható a 2. ábrán.



2. ábra. Részlet az 1989-es dékáni előterjesztésből (*Javaslat 1989*)  
Figure 2. Excerpt from the 1989 dean's proposal (*Javaslat 1989*)

Öllös tanár úr számos külföldi tanulmányúton vett részt, továbbá 1959-1986 között a Hidrológiai Közöny főszerkesztője is volt, így rengeteg személyes kapcsolattal rendelkezett és az így nyert tapasztalatokból elkezdett egy új, települési vízgazdálkodással foglalkozó tantárgyat felépíteni. A tárgyak oktatásában korábban a tervezési szempontok jelentek meg hangsúlyosan, emellett természetesen kivitelezési ismereteket is tanítottak. Öllös tanár úr azonban egy új szempontot, az üzemeltetői oldalt is beépítette a tananyagba, és nagy hangsúlyt fektetett a vízminőségi kérdésekre.

Ezt az időszakot az aktív oktatási tevékenység, illetve az oktatási tananyagok kidolgozása jellemezte. A kutatási tevékenység az akkori VITUKI (Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóintézet, akkoriban már Kutató Központ) és a VICSA között oly módon oszlott meg, hogy míg a VITUKI a nagyteréségi vízgazdálkodási, területi vízépítési és vízminőségvédelmi kutatásokat végezte nagyobb nemzetközi együttműködésekbe ültetve, a VICSA fő profilja a közműtervezés és ennek módszertani fejlesztése lett. A két

irány Somlyódy László professzor tanszékvezetése alatt egyesült a VICSA keretein belül.

A szakmérnök képzés indítása szintén Öllös tanár úr nevéhez kapcsolódik. Az elmúlt évtizedek alatt a tanszék ezt a hagyományt sikerrel megőrizte, ami a folyamatos tananyag fejlesztésnek és a szakmai kapcsolatai egyre szélesedő körének volt köszönhető.

A tanszék életében nagy lépés volt, amikor 1974-ben a VICSA beköltözhetett az UV épületbe, és ezzel együtt már saját laboratórium is rendelkezésre állt. Ekkor csatlakozott a kollégákhoz Perényi Ágnes, aki először labortechnikusként, később pedig laborvezetőként a VICSA munkatársa volt nyugdíjazásáig. A laboratóriumban lehetőség nyílt arra, hogy kutatási feladatokat hajtsanak végre, illetve az üzemeltetői szempontból fontos vízminőségi paraméterek vizsgálatára sor kerüljön. Ekkor még csak az UV épület felét foglalta el a VICSA (valamint a Vízgazdálkodási Tanszék két munkatársának, Ijjas professzor úr és Mészáros Csaba tanár úr szobája is itt volt), az épület másik fele az "utas" kollégáké volt.



1. kép. Öllös Géza (Fotó: Szilágyi Ferenc)  
Photo 1. Géza Öllös (Photo by Ferenc Szilágyi)



2. kép. A régi laboratórium az UV épületben (Fotó: Szilágyi Ferenc)  
Photo 2. The old laboratory in building UV (Photo by Ferenc Szilágyi)

#### **Szolnoky Csaba 1994-1996**

A '80-as évek közepén Öllös tanár úr nagydoktori fokozatot szerzett és így a rendszerváltást követően a VICSA osztályból tanszékké alakulhatott. Öllös tanár úr 1994-ben lemondott a tanszékvezetésről és a megbízott tanszékvezető Szolnoky Csaba lett. Szolnoky tanár úr rendkívüli munkabírású kolléga volt és tanszékvezetői megbízatásának két évében igyekezett a VICSA ipari

kapcsolatait erősíteni. Kiemelkedő kutatási eredményeket ért el a frissvíz-hűtésű erőművek környezeti hatásainak feltárásával és a folyóbeli szennyezés komplex folyamatainak meghatározásával. Munkássága a Paksi Atomerőmű és a vízi környezet összehangolását, a környezet fejlesztését szolgálta. Ezzel kapcsolatos kutatási munkáját a Magyar Tudományos Akadémia (MTA) nívódíjjal ismerte el.



3. kép. Szolnok Csaba (Fotó: Szilágyi Ferenc)  
Photo 3. Csaba Szolnok (Photo by Ferenc Szilágyi)

Szolnok tanár úr 1991 és 1997 között a BME Építőmérnöki Kar dékánhelyettese is volt. Erre az időszakra esett a kreditrendszerű építőmérnöki egyetemi oktatás megszervezése, mely során a vizes képzés átalakításában jelentős szerepet játszott.

#### Somlyódy László 1996-2008

1992-ben Somlyódy László egyetemi tanári kinevezést kapott a tanszéken. Somlyódy tanár úr 1985 és 1989 között a VITUKI Víztisztaság-védelmi Intézetének igazgatója, majd egy évig a VITUKI főigazgatója volt. 1996-ban bízták meg a Vízellátás-Csatornázás Tanszék vezetésével. Tizenkét éves mandátuma alatt bevezette a tanszékre az 1999-től oktatott környezetmérnöki szak egyes tárgyainak képzését, és ezzel párhuzamosan átnevezte a tanszékot Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékké (VKKT).

Somlyódy Lászlót 1998-ban az MTA rendes tagjává választották. Ebben az évben alapította meg az MTA és a BME Vízgazdálkodási Kutatócsoportját, amelynek vezetésével is megbízták. Ez egy nagyon komoly lehetőség volt a tanszék életében, hiszen ebben az évben a létszám jelentősen bővült, nyolc új kolléga érkezett, elsősorban a VITUKI-ból. Így bizonyos szakterületek ezzel még hangsúlyosabban jelenhettek meg (pl. hidrobiológia, vízkémia, környezeti modellezés) az oktatásban és a kutatásban egyaránt.

A tanszéki oktatási tevékenységben a hagyományosabbnak mondható, települési vízgazdálkodás témaköréhez tartozó tantárgyak mellett jelentős számban megjelentek a környezetmérnöki tárgyak is. Az Építőmérnöki Karon oktatott tárgyak mellett bővült a Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar Környezetmérnöki szakán oktatott tárgyak száma is. Ennek következtében a diplomázók, majd doktoranduszok körében is egyre jelentősebbé vált a környezetmérnök kollégák száma.

Somlyódy tanár úr nevéhez fűződik a tanszék nemzetközi kapcsolatainak további erősítése is. Ezt az időszakot a nagy hazai kutatási projektek mellett számos nemzetközi együttműködés is jellemezte, a tanszék fiatal kutatói pedig gyakran töltöttek fél, egy évet valamely külföldi kutatóintézetnél.

A tanszék infrastruktúrája is jelentősen fejlődött. 2003-ban megtörtént az épület teljes birtokbavétele (az új neve: U épület) és az eredetileg ideiglenesnek szánt épület közel tíz évig a VKKT munkahelyéül szolgált.

2004-ben az U épületben átadták a Víztisztasági Laboratóriumot, amely az Infrastruktúra ágazatos építőmérnök és a Környezetmérnök szakos hallgatók számára nemcsak a kötelező laborgyakorlatoknak adott otthont, hanem a Tudományos Diákkör (TDK) dolgozatok és a diplomamunkák elkészítéséhez, valamint a doktoranduszi kutatások és a szakértői munkák számára is megfelelő technikai háttérrel biztosított. 2007-ben pedig elkészült a BME Központi épületének alagsorában a Szennyvíztechnológiai Laboratórium. Ezzel a VKKT összes laborterülete 200 m<sup>2</sup>-re bővült.

Ez az időszak az oktatás szempontjából is jelentős változásokat hozott, hiszen a 2005/2006-os tanévben a BME-n is elindult a kétfélepcsős (BSc: alapszak, MSc: mesterszak) képzés. Az Építőmérnöki Karon alapszakon a tanszék szakterületei iránt érdeklődő hallgatók a Települési szakirányon (az Út és Vasútépítési Tanszékkel közösen indított szakirány), vagy a Környezeti szakirányon tanulhattak. Ezt követően pedig mesterszakon a Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékkel közösen indított Víz- és vízi környezetmérnöki szakirány adott lehetőséget az alapszakon megszerzett ismeretanyag elmélyítésére.



4. kép. Somlyódy László (Fotó: Szilágyi Ferenc)  
Photo 4. László Somlyódy (Photo by Ferenc Szilágyi)

A 2000 és 2010 közötti időszakot a több évre kiterjedő hazai finanszírozású kutatási projektek elnyerése és megvalósítása jellemezte. A több éves időtartamra kiterjedő kutatási feladatok megfelelő anyagi háttérrel és biztonságot jelentettek a jelentős kísérleti munkát, illetve a fejlett számítógépes programokat igénylő feladatok megoldásához is. A tanszéki infrastruktúra további fejlődésének újabb lökést adott a gazdálkodó szervezetek által kötelezően fizetendő szakképzési hozzájárulás célzott támogatással történő alakítása. A tanszék és a vízgazdálkodási ágazatban működő vállalkozások – elsősorban a víziközmű-szolgáltatásban és a vízminőség-védelemben érintett szakterületen – kitűnő kapcsolatainak eredményeként a célzott támogatások következtében lehetőség nyílt a hallgatói számítógépes laboratórium létesítésére és többszöri korszerűsítésére. Az „innovációs adó” néven bevezetett, a gazdálkodó szervezetek által kötelezően fizetendő kutatási-műszaki fejlesztési támogatás egy részének közvetlen megbízásokká konvertálhatósága lényegesen megerősítette a tanszék és a víziközmű-szolgáltatók kapcsolatait, valamint tovább növelte a tanszék biztonságos működését mind a kutatásokat, mind pedig a műszaki fejlesztéseket tekintve. A megerősödött kapcsolatok nagyon jó lehetőségeket biztosítottak a kutatási és a műszaki fejlesztési eredmények felülmenni és üzemi méretű „tesztelésére” is.

#### Koncsos László 2008-2021

2008-ban Koncsos László vette át a VKKT irányítását és 13 éves mandátuma alatt jelentős változások történtek az oktatási tevékenységben, illetve a tanszék infrastrukturális fejlesztésében. Koncsos tanár úr 1998 óta a tanszék munkatársa volt és fő szakterülete a vízminőségi, hidrológiai és hidrodinamikai modellezés, árvíz szabályozás, optimalizációs módszerek, valamint a nem pontszerű szennyvezetések modellezése. 2009-es habilitációját követően egyetemi tanári kinevezést kapott.



5. kép. Koncsos László (Fotó: Szilágyi Ferenc)  
Photo 5. László Koncsos (Photo by Ferenc Szilágyi)

Koncsos tanár úr tanszékvezetése alatt a nagyobb hazai és nemzetközi kutatási projektek mellett számos szakértői munka segítette az ipari kapcsolatok további erősítését. A víziközmű rendszerekhez tartozó kutatási témák mellett a vízi környezettel kapcsolatos kutatások is egyre nagyobb

szeretettel kaptak (pl. árvíz- és belvíz kockázatszámítás, természetközeli kockázatsökkentési paradigma, környezeti rendszerek modellezése és döntéstámogató rendszerek fejlesztése).

2012 egy újabb, igen jelentős év volt a tanszék történetében, hiszen a jelenlegi helyére, a központi épület magasföldszintjére költözött. Az új iroda a korábbihoz képest lényegesen nagyobb alapterületű (kb. 1000 m<sup>2</sup>), és a tanszéken belül az oktatói szobák és a gazdasági iroda mellett helyett kapott egy 25 fő befogadására alkalmas tanterem, tárgyalóterem, könyvtárszoba, számítástechnikai laboratórium, illetve az alagsori szinten, mintegy 500 m<sup>2</sup>-en az új vízminőségi laboratórium. A laboratóriumban elkülönül a hallgatói és a kutatói laboratórium. Az előbbiben elsősorban a képzéshez kapcsolódó laboratóriumi gyakorlatok zajlanak, a kutatói laboratóriumban pedig a szakértői és kutatói munkákhoz szükséges kísérletek, valamint az ehhez kapcsolódó vízminőségi vizsgálatok történnek. Külön helyiség áll rendelkezésre a nagyobb vízhozamokat igénylő kisminta vizsgálatok elvégzésére. Számos fizikai és kémiai vízminőségi paraméter mérésére van lehetőség, továbbá bizonyos mikroszkópos mérések végrehajtására is.



6. kép. Hallgatók laboratóriumi gyakorlaton  
(Fotó: Szilágyi Ferenc)  
Photo 6. Students at a laboratory course  
(Photo by Ferenc Szilágyi)

Az oktatáshoz kapcsolódó egyik legjelentősebb változás a tanszék saját, BSc szakos specializációjának megalapítása (Vízi közmű és környezetmérnöki specializáció), melyen a hallgatók az alapozó vízkémiai, vízminőségi, közmű tervezési ismeretek megszerzését követően betekintést nyernek az ivóvízkezelő és szennyvíztisztító technológiák tervezésébe, környezeti- és vízminőség-modellezési feladatokba, víziközmű rendszerek komplex tervezésébe és elsajátítják az ehhez szükséges modellezési ismereteket. Ez a szakirány a mai napig a 2015-ben meghatározott képzési terv szerint működik, természetesen a tananyag folyamatos fejlesztése, frissítése mellett.

A 2020-as év komoly kihívásokat jelentett, hiszen a Covid járvány miatt – a többi oktatási intézethez hasonlóan – a BME tanszékeinek is nagyon rövid idő alatt kellett átállnia a digitális oktatásra, távmunkára. A 2021/22-es tanév őszi féléve viszont már újra a szokásos jelenléti oktatás formájában indulhatott.

### Patziger Miklós 2021-

Patziger Miklós 2021. júliusában vette át a tanszék vezetését. Patziger tanár úr már 2013 óta a tanszék munkatársa volt. Doktori fokozatát a Grazi Műszaki Egyetemen szerezte, majd hazatérve a Mélyépterv Komplex Zrt.-nél dolgozott víz- és szennyvíztechnológiai osztályvezetőként, illetve ezzel párhuzamosan 4 évig oktatott a Szent István Egyetem Ybl Miklós Építéstudományi Karán.



7. kép. Patziger Miklós (Fotó: Philip János)  
Photo 7. Miklós Patziger (Photo by János Philip)

Patziger tanár urat a tanszék terveiről, a távlati célokról kérdeztük. „Az Építőmérnöki Kar, és ezen belül a VKKT számára is rendkívüli kihívást jelent a tehetséges

hallgatók megnyerése a szakterület számára. Ezért a célok között szerepel a tanszék által oktatott szakterületek népszerűsítése már az alapképzésen. Olyan tanszéki utánpótlás programot kívánok kidolgozni, ami a hallgatókat már az alapképzés során eléri és bekapcsolja a tanszéken folyó munkákba, a kutatásba, a szakértésbe, a tervezésbe és az oktatásba. Ezen hallgatók egy része reményeim szerint később Tudományos Diákköri Dolgozat (TDK) formájában, majd a doktoranduszi képzés keretében belül mélyítik el tudásukat egy-egy szakterületen. Úgy gondolom, hogy azok a hallgatók, akik kutatás helyett inkább a gyakorlat iránt érdeklődnek, szintén számos érdekes témát találhatnak nálunk, amelyet később szakdolgozat keretében ki tudnak dolgozni. Volt hallgatóinkkal nagyon jó kapcsolatot ápolunk, gyakran keressük egymást egy-egy szakmai kérdéssel kapcsolatban.”

Örvendetes, hogy a külföldi hallgatók száma évről évre növekszik. Egyre többen érkeznek hozzánk mesterképzésre a *Stipendium Hungaricum* ösztöndíj keretén belül, ugyanakkor a tanszéken fél évig tanuló ERASMUS ösztöndíjas hallgatók számában is növekvő tendencia figyelhető meg. A mesterképzésünk összes tárgyát már angol nyelven is tanítjuk, és elkezdődött az alapképzés angol nyelven történő oktatása is.

Szeptembertől az Infrastruktúra-építőmérnök mesterképzési szakunkat (amelynek része a Víz- és vízi környezetmérnöki specializáció is) levelező rendszerben is hirdetjük. Mivel a gyakorlat jelenleg is az, hogy a mesterképzés hallgatói már a szakmában dolgoznak és mellette végzik az egyetemi tanulmányaikat, számukra számottevő könnyebbséget jelent majd a levelező képzés idei tanévtől történő indítása. A 2023. szeptemberétől levelező rendszerben induló képzésen ennek hatására reményeink szerint az elkövetkező években növekedés várható a hallgatói létszámban.



8. kép. Patziger Miklós előadást tart a „Kutatók éjszakája” rendezvényen a tanszéki laboratóriumban (Fotó: Papp Helga)  
Photo 8. Miklós Patziger is giving a lecture in the laboratory of the department during the „Researchers' Night” event (Photo by Helga Papp)

A tanszék céljai között fontos megemlíteni a kutatási és a vállalkozási tevékenységek további erősítését. Kutatási célkitűzéseink a tanszék és elődjei 60 éves hagyományait követve a víziközmű és vízi-környezetmérnöki tématerületeken a tervezést, az üzemeltetést és a szakpolitikát kiszolgáló gyakorlatorientált kutatás irányvonalát képviselik. A kutatási tevékenységünkben szem előtt tartjuk a tudomány, valamint az államigazgatási és az ipari szerep-

lők igényeit, kérdésfeltevéseit. A tanszék hazai és nemzetközi reputációjának (döntéstámogatás, pályázatok, vállalkozói tevékenység, publikáció) erősítése érdekében olyan kutatásokat kell végeznünk, amelyek a hagyományos mérnöki tevékenységeken felül olyan speciális tudás és eszköztár birtokába juttatnak, amelyek a nemzetközi élvonalbeli kutatási és vállalkozási projekteknél, valamint az oktatásban igen keresettek és jól hasznosíthatók.

## OKTATÁSI TEVÉKENYSÉG

A tanszék oktatási tevékenységében az elmúlt évtizedekben számos változás történt, ugyanis a rendszeres tantárgy-reformok következtében az oktatott tantárgyak és a képzés jellege is több módosításon ment keresztül.

A rendszerváltást követő években a BME-n megszűnt a szakterületek szerinti kontingensek rendszere, mely a többi „vizes” tanszékkal együtt kedvezőtlenül érintette a VICSA-t. Új tanterveket alakítottak ki kari szinten, melynek következtében a VICSA szakmai tantárgyainak óraszámai csökkentek, viszont létrejöttek teljes évfolyamokra kiterjedő, nagylétszámú alaptárgyak. Pozitívumnak tekinthető, hogy az oktatási egység tanszékké alakult.

Az 1980-as évek második felétől külső támogatás igénybevételével lehetőség nyílt monográfiák kiadására is a már elkészült egyetemi jegyzetek mellett. Az említett monográfiák – melyek többé-kevésbé átfogták a VICSA (VKKT) szakmai tevékenységét – közel huszonöt éven át kisebb-nagyobb rendszerességgel jelentek meg Öllös professzor kitartó tevékenységének eredményeként. Könyveit a kutatással foglalkozó kollégák mellett a gyakorlatban dolgozó vizes szakemberek is használják a mai napig.

A nyugdíjba vonult Öllös professzor helyét – két éves átmeneti időszakot követően – Somlyódy professzor foglalta el, aki ebben az időszakban az MTA Műszaki Osztályának vezetését is ellátta. A több éves nemzetközi, és közel húsz éves VITUKI-s tapasztalattal rendelkező Somlyódy professzor lényeges változtatásokat kezdeményezett. Az oktatásban a közműves tantárgyak mellett jelentős szerep jutott a vízi környezetvédelemmel foglalkozó tantárgyaknak is. Kezdetben az új tárgyak oktatását külső előadók óraadói rendszerben valósították meg, majd az MTA speciális, vízzel foglalkozó kutatócsoportjának megalakulását követően „belső” munkatársak teljesítették a vízi környezettel kapcsolatos ismeretek átadását a diákok számára.

A Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar gesztorálásával az évezred kezdetén Környezetmérnök szak indult, melyben az egykori VICSA – megváltozott nevén VKKT – komoly szerephez jutott. A tanszék oktatóinak óraszámja jelentős mértékben megnőtt. Az új oktatási feladatok ellátásában elsősorban a tanszékhez rendelt MTA kutatócsoport tagjai és kisegítőként – elsősorban a gyakorlati foglalkozások megvalósításában – PhD hallgatók vettek részt. A VITUKI-ban és a Balatoni Limnológiai Kutatóintézetben (BLKI) hosszú időt eltöltött kutatókból kialakított MTA kutatócsoport tagjai gyorsan beilleszkedtek a tanszék közösségébe, és egyúttal szakmai tekintetben is jelentős változást hoztak.

Az oktatás tekintetében jelentős mérföldkő volt a kétlépcsős képzés (alap- és mesterképzés) bevezetése, amely az ötéves osztatlan képzés rendszerét váltotta fel.

Jelenleg tárgyaink jelentős része az Építőmérnöki Karhoz (ÉMK) tartozik, azonban több tárgyat tanítunk a Vegyészmérnöki és Biomérnöki Karon (VBK) is, ezen felül vannak szabadon választható tantárgyaink is. Hét tárgy oktatásával veszünk részt a Vásárhelyi Pál Építőmérnöki és Földtudományi Doktori Iskola képzési programjában. Oktatási tananyagainkat folyamatosan fejlesztjük és frissítjük

a változó szabályozások, a legújabb kutatási eredmények figyelembevételével, valamint nyomon követjük a vízipar igényeit is. Ennek a fejlesztési folyamatnak fontos része a tanszék TDK-tevékenysége, aminek eredményeként szinte minden évben saját szekciót tudunk indítani, hallgatóink az Országos Tudományos Diákkörök (OTDK) rendszeres szereplői.

Az alapképzés tantárgyainak jelentős részét, a mesterképzésen pedig az összes tantárgyunkat már angol nyelven is oktatjuk. A doktori képzésre is egyre több külföldi hallgató érkezik, így ezek a tantárgyak – amennyiben külföldi hallgató is jelentkezik rá az adott félévben – angol nyelven indulnak.

Az építőmérnöki alapképzésen (BSc) jelenleg a Vízi közmű és környezetmérnöki specializáció tartozik hozzánk, itt nappali képzés keretén belül tanítunk magyar és angol nyelven. Alapképzésen a törzstárgyak, infrastruktúra ágazatos tárgyak és szakirányos (specializációs) tárgyak oktatásában egyaránt részt veszünk. Az itt tanuló hallgatók olyan globális kihívásokra adandó mérnöki megoldások kidolgozásában vesznek részt, mint a klímaváltozás okozta vízhiány, a városi elöntések és az ember okozta környezeti szennyezések. A specializáció két egymással összefonódó szakterületen kínál alapszintű tudásanyagot.

A települési közművekkel foglalkozó specializációs tárgyak a települési vízgazdálkodás keretében a vízellátó hálózatok, a csatornázási rendszerek, a csapadékvíz-gazdálkodás, valamint a víz- és szennyvíztisztítási technológiák megismeréséhez és tervezéséhez nyújtanak mérnöki ismereteket. A hallgatók elsajátítják a rendszerek működését, alkalmazzák a folyamatokat leíró hálózat-hidraulikai modelleket, megtanulják a modern települési vízgazdálkodás tervezéséhez szükséges méretezési elveket és az üzemeltetéshez szükséges rendszerismereteket, melyekkel a tervezői, üzemeltetői és a kivitelezői területen szükséges, naprakész alaptudást szerezhetik meg. A specializáció keretében elvégzendő projektfeladat lefedi a víziközmű valamennyi szakágát, felkészíti a hallgatókat a komplex gondolkodásmódra és a csoportmunkában való hatékony együttműködésre.

A környezetmérnöki tárgyak keretében a hallgatók szélesebb körű ismereteket szereznek alapvető fenntarthatósági kérdésekről és azok mérnöki vonatkozásairól. Megismerkednek a vízi környezeti problémákkal, azok mérnöki megközelítésével és a hatások elemzéséhez szükséges módszerekkel. Megismerik a különböző közegeket érő környezetterhelések megelőzésének lehetőségeit, a környezeti elemekbe (elsősorban felszíni és felszín alatti víz és földtani közeg) jutott környezet- és egészségkárosító anyagok eltávolítási módszereit, a környezeti hatásvizsgálatok lefolytatásának követelményeit és módszertanát.

Mesterképzésen (MSc) 2023. szeptemberétől magyar nyelven levelező rendben, angol nyelven nappali képzés keretén belül tanítjuk a hallgatókat. A mesterképzésen a Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékkal közös specializáción, a Víz- és vízi környezetmérnöki specializáción végeznek a nálunk diplomázó hallgatók. A specializáció a területi és települési vízgazdálkodás multidiszciplináris jellegéhez igazodó széleskörű ismeretanyag átadását célozza.



Alapvető célkitűzés, hogy a specializáción végzők képesek legyenek a szakterületet érintő problémák azonosítására és önállóan megoldjanak a vízgazdálkodás valamely területéhez kapcsolódó problémát, elsajátítsák az ismeretek rendszerezésének módját, az átfogó problémamegoldó gondolkodást, illetve a szakértés és a kutatás-fejlesztés módszertanát.

A specializáción a tanszék által oktatott tárgyakban a hallgatók a víziközmű hálózatok, a víz- és szennyvíztisztítási technológiák, illetve a kék-zöld infrastruktúrák rendszerszintű méretezési, tervezési, rekonstrukciós és numerikus modellezési eljárásait ismerik meg és alkalmazzák. Terepi bejárások és létesítmény látogatások keretein belül mélyebben megismerik a vízi létesítmények tervezésével, működésével és üzemeltetésével kapcsolatos aktuális és jövőben várható kihívásokat, egyúttal azok széleskörű megoldási lehetőségeit.

A környezetmérnöki tárgyak keretein belül megismerik elsősorban a (vízi) környezet állapotát befolyásoló felszíni és felszín alatti vizekben és talajokban lejátszódó, mennyiségi és minőségi folyamatokat leíró elméleti hátteret, majd a gyakorlatban való alkalmazásukat. A specializáció hallgatói a vízi környezet állapotának megóvásával kapcsolatos műszaki megoldások lehetséges eszközeit, módszereit, tervezési eljárásait sajátíthatják el, továbbá a vonatkozó hazai és nemzetközi jogszabályi környezetet is megismerhetik.

A VBK által gesztorált Környezetmérnöki szakon az alapképzésben (környezettechnológia szakirány) és a mesterképzésben is oktatunk tárgyakat és részt veszünk a szakdolgozatok (BSc) és diplomamunkák (MSc) irányításában.

A következőkben bemutatjuk, hogy az egyes szakterületeken az oktatási tevékenységünk hogyan fejlődött az elmúlt évtizedekben.

### **Ivóvíztechnológia**

A Vízellátás-Csatornázás Osztály 1972. évi megalakulását megelőzően és néhány évig azt követően is az ivóvízzel kapcsolatos oktatás – részben az adott korszak igényeinek megfelelően – elsősorban a vízbeszerzésre és a vízelosztásra terjedt ki. Az ivóvíztisztítási eljárások alkalmazása iránti igény – néhány általánosnak nem tekinthető eset kivételével – nem volt jelentős. A magyarországi közüzemi ivóvízellátás forrása elsősorban a felszín alatti vízkészlet volt a Kárpát-medence sajátos hidrogeológiai adottságainak megfelelően. Tekintettel arra, hogy felszín alatti vizeink alapvetően négy nagy csoportba sorolhatók, változatos vízbeszerzési lehetőségek álltak rendelkezésre. Az alapvető elgondolás az volt, hogy a mélységi vizek – melyek elvileg több, rétegenként összefüggő vízzáró mezőt alkotnak – a felszíni eredetű szennyeződések nem engedik eljutni a mélységi víztartókba. Ennek következtében az országos ivóvízellátási program kialakításakor kiténtett szerephez jutottak a mélységi vízbázisok. A magyarországi települések döntő többségében mélységi vízbázisról kitermelt vízből származik az ivóvíz. Mennyiségét tekintve a mélységi eredetű ivóvízzel összemérhető, közel azonos mennyiségű a parti szűrésből származtatható szolgáltatót ivóvíz. Bár mind a felszíni víz, mind a parti szűrésű kutak hátoldali vízpótlódása hordozhatja a szennyező

anyagok megjelenésének lehetőségét, az így kitermelt víz a hazai gyakorlat tapasztalatai alapján csak ritkán igényelte komolyabb víztisztítási technológia alkalmazását. A többnyire csapadék eredetű karsztvíz is a minőségileg veszélyeztetett kategóriába sorolható, a XX. század közepén még kedvezőnek tekintett környezeti feltételek miatt a fertőtlenítésen kívül egyéb víztisztítási eljárások rendszeres alkalmazása nem merült fel. A talajvizek jelentős része már az 1960-as évek elejétől csak számottevő tisztítást követően kerülhetett az ivóvízellátó hálózatba, ennek következtében nem a tisztításra, hanem egyéb vízbázisokról történő helyettesítésére törekedtek. A különböző típusú felszíni vizekre (folyó, tó, tározó, öntözőcsatorna) telepített víztisztító üzemekben természetesen a tisztítási technológiák hatékony működtetése volt a legfontosabb, melynek nélkülözhetetlen tartozéka az egyes műtárgyakban kialakuló áramlási viszonyok pontos ismerete és szabályozása.

A Vízellátás-Csatornázás Osztály (VICSA) oktatási struktúrája az ivóvíz tekintetében nagymértékben igazodott a hazai vízellátás fent említett rendszeréhez. Az oktatásban kiemelt szerepet töltött be a vízbeszerzés. A VICSA megalakulása a magyarországi ivóvízellátási program elsősorban kis és közepes méretű településekre vonatkozó szakaszában történt, így nem meglepő a vízbeszerzés kiemelt szerepe. Sarkalatos pontja volt a tananyagban a nem gyakran alkalmazott, különböző víztisztítási technológiákhoz kapcsolódó műtárgyak kialakításának, optimális működtetésének részletes ismertetése is. Az UV épület kedvező működési feltételeket biztosított a VICSA munkatársai számára, de a legfontosabb az volt, hogy ebben az épületben kialakítható volt egy hallgatói mérőgyakorlatok számára is alkalmas biológiai-kémiai laboratórium. Az osztály oktatói a víztisztítási technológiák nemzetközi szinten jelentkező újdonságai, problémái tekintetében nagyon érzékenyek voltak, és rövid időn belül megjelenítették ezeket a tananyagban. Fontos szempont volt a komplex szemlélet érvényesítése az oktatásban. Ez a szemlélet-formálás elsősorban a hagyományos építőmérnöki tantárgyakban volt sikeres, a víz- és szennyvíztisztítási technológiák, valamint a vízminőség-szabályozás tekintetében azonban további fejlesztésekre volt szükség.

A 2000-es évek elején az ivóvíztisztítás tekintetében a korábbi évtizedek műtárgy-centrikusságát a lejátszódó folyamatok, a műtárgyak és az áramlási viszonyok egyidejű fontosságának szemlélete váltotta fel. Ebben az időszakban az ivóvízkezelés oktatását – Öllös tanár úr mellett – Szolnoky Csaba, Mészáros Gábor és Licsó István tanáruk végezték, akik az ivóvízkezelés komplex folyamatának más-más izgalmas területét mutatták be óráikon. A szakdolgozatok elkészítése – technológiai témakörök esetében – nem nélkülözhetette a megalapozó, előzetes laboratóriumi kísérleteket, vizsgálatokat. Fokozottan érvényes volt ez a megállapítás a víztisztítási technológia témájú PhD dolgozatok kidolgozásakor. PhD fokozatot szerzett hallgatóink egy része ma vagy hazai felsőoktatási intézményben oktat, vagy sikeres szakemberként dolgozik a víziközmű szektorban. Mind a szakértői munkák, mind a kutatási feladatok gyakran hoztak olyan eredményeket, melyek közvetlenül beépíthetőek voltak az aktuális tan-

anyagba. Az oktatás korszerűsítésében az utóbbi két évtizedben már jelentős részt képviseltek a saját vizsgálatok, valamint a hazai és nemzetközi tapasztalatok.

Az ivóvíztisztítási oktatási tananyagok fejlesztése során – mely elsősorban Laky Dóra munkásságához fűződik – szem előtt tartottuk a jogszabályi változásokat, így a 2000-es évek elejétől a tanórákon is hangsúlyosan megjelent pl. az arzén és ammónium eltávolítás technológiája (a már korábban is oktatott vastalanítás, mangán eltávolítás, gázmentesítés és felszíni víztisztítás mellett). A 2023. január óta hatályos új ivóvíz kormányrendelet újabb kihívásokat jelent az ivóvíz technológiákban, ezen tapasztalatokat is igyekszünk hatékonyan átültetni az oktatási gyakorlatba.

Alapképzésen a technológiai tantárgyakat megelőzik a Víz- és környezetkémia, a Hidrobiológia, valamint a Vízminőség c. tantárgyak, amelyek jó alapot szolgáltatnak az ivóvíz- és szennyvíztisztítással foglalkozó tárgyainkhoz. Ezen ágazatos tantárgyakat követően a specializáción megismertetjük a hallgatókkal az ivóvíz bázisokban található főbb szennyezőanyagokat, valamint bemutatjuk az ivóvízkezelő technológiák alapjait. Ezek az elméleti ismeretek alapozzák meg az alapképzés végén a tervezési feladatot (amely egy komplex, víziközmű tervezési feladat része), ahol egy mélységi vízbázisból származó nyersvíz kezelésének megtervezése a feladat. Mesterképzésen lehetőség van arra, hogy az egyes vízkezelő eljárások részleteit ismertessük, esettanulmány területek problémáit feldolgozzuk, valamint látogatásokat szervezzünk. Szakmérnöki képzésen két féléven keresztül oktatjuk az ivóvízkezelést.

Az ivóvíztisztítási technológiai tantárgyak oktatását jelenleg Laky Dóra vezeti.

### **Szennyvíztechnológia**

A szennyvíztisztítás általános oktatása hazánkban gyakorlatilag a '60-as évek közepétől indult be. A V. Nagy Imre által vezetett Vízgazdálkodási Intézet keretében a fiatal Öllös Géza kapott megbízást a víziközművek – benne természetesen a csatornázás és a szennyvíztisztítás – oktatásának megszervezésére. Az intézeten belül kezdetben csoport-, majd 1971-től osztály szervezeti egységként tevékenykedtek. Az agilitásáról is híres Öllös Géza rövid idő alatt több mint húsz jegyzetet írt az oktatás elősegítésére. A nappali és levelező kurzusok mellett a már végzett, de szennyvíztisztítás, szennyvíziszap kezelés oktatásában még nem részesült mérnökök is lehetőséget kaptak a továbbképzésre kétéves szakmérnöki képzés keretében.

A szennyvíztisztítás tárgy oktatásában a legnagyobb hűzőerőt 1971-től a pozsonyi egyetemről átkerült Dulovics Dezső képviselte, aki már akkor kitűnt a műanyag töltetű csepegtetőtestes tisztítás technológiával kapcsolatos kutatási eredményeivel. Az elmúlt 40 év alatt Dulovics Dezső egyetemi docens oszlopává vált a hazai szennyvíztisztítás oktatásának, és az oktatáson kívül több társadalmi és tudományos szervezet prominensként meghatározó szerepet

töltött be a hazai szennyvíztisztítás fejlesztése területén, melyet a szakma számos kitüntetéssel – egyebek között Reitter Ferenc díjjal – ismert el.

Szintén nagy előrelépésként kell elkönyvelni az építőmérnöki szemlélettől távol eső biokémia és a hidrobiológiai oktatás bevezetését. Annál is inkább fontos lépés volt, mivel a korszerű biológiai tisztítás ennek a szakterületnek az ismeretét nem nélkülözhetette.

Somlyódy László irányítása alatt fokozott súlyt kapott a vízminőség oktatása is. A tanszék oktatói az ivóvíz- és szennyvíztisztítás technológiai oktatásán kívül például a közműfejlesztés sorában a csatornázás és szennyvíztisztítás aktuális stratégiai fejlesztési programjainak kidolgozásában is közreműködtek.

A múlt hagyományait követve a szennyvíztisztítás oktatása nagy hangsúlyt kap a tanszéki palettán és az aktuális kihívások megoldására kész mérnököket képez a jelenlegi felsőoktatási rendszer négy képzési típusában: az alapképzésben, a mesterképzésben és a doktori, valamint a szakmérnök képzésben.

Hasonlóképpen, ahogy kezdetekben, a szennyvíz szervesanyagoktól és növényi tápanyagoktól történő megtisztítása volt a célkitűzés az egyre szigorodó feltételek szerint, manapság gyorsuló dinamikát követve szélesedik a szennyvíztisztítás ismeretanyaga és célkitűzéseinek rendszere.

A szervesanyagok és növényi tápanyagok eltávolításának az egyre növekvő követelményrendszere, a szennyvíztisztítás ezzel növekvő költsége – például energiaárak – és környezeti lábnyoma szükségessé teszi a szennyvíztisztítás szélesebb körű szakterületeinek az oktatását. Alapképzésben a hallgatók a szennyvíztechnológia alapjaival ismerkednek. Az oktatásban a fő irányvonalat a szennyvíztisztítás technológiai egységei és ezek tervezésének az alapjai képezik. A projektfeladat keretében a hallgatók egy konvencionális eleveniszapos szennyvíztisztítót terveznek a DWA A 131 tervezési irányelv alapján. Szintén alapeszköz jellegű felhasználást nyernek az alapképzés során a különböző eleveniszapos (ASM) és áramlástan modellek (CFD). A diplomamunkák már az alapképzés során közvetlen gyakorlati igényekből fakadó kérdésfeltevéseket dolgoznak fel.

A mesterképzés során a szennyvíztisztítás, iszapkezelés, energiahatékonyság és nyersanyag kinyerés szélesebb kiterjedésű tervezése és üzemeltetése képezi a hangsúlyt.

A doktori képzés során olyan egyéni témakörök kerülnek feldolgozásra, amelynek eredményei a tervezés és üzemeltetés nemzetközi szintű fejlődését szolgálják.

A szakmérnök képzésben szintén alapvető jellegű a szennyvíztisztítás oktatása. Itt a fenti témaköröket két féléven keresztül oktatjuk.

A technológiai tantárgyak szennyvíztisztítási témaköreinek oktatását jelenleg Patziger Miklós vezeti, több tanszéki munkatárs bevonásával (*Melléklet: 2. és 3. táblázat*).

### Közműhálózatok

A vízellátó és vízvezető hálózatok tervezésének, építésének és üzemeltetésének oktatása a tanszék egyik legrégebbi, mondhatni tradicionális feladatai közé tartozik. Az ezzel kapcsolatos ismeretek oktatása mindig is a tananyag szerves része volt.

A rendszerváltást megelőzően az oktatás preferenciáit alapvetően meghatározták az országos szintű ivózellátási és szennyvízelvezetési fejlesztési programok, amelyek megvalósításához képezni kellett tervező és kivitelező szakembereket. A tananyag kidolgozása, fejlesztése Bozóky-Szeszich Károly, Dávidné Deli Matild, Dulovics Dezső és Buzás Kálmán nevéhez fűződött, a gyakorlatokat az akkori fiatal oktatók, Bódi Gábor, Knolmár Marcell és Werner János vitték. Ebben az időszakban a hangsúly alapvetően a kommunális vízellátó- és vízvezető hálózatok tervezésének és kivitelezésének metodikájára helyeződött. A számítástechnika gyors fejlődésének kedvező eredményei elsősorban a vízelosztó rendszerekkel kapcsolatban jelentkeztek, melyet a VICSA oktatói nagyon hamar felismertek, és a tananyagban megjelentek.

A rendszerváltást követően a tanterv reformból adódó oktatási stratégia változás kikövetelt egy általánosabb megközelítést. Ennek következtében a tananyag kibővült minden építőmérnök hallgató számára az általános közműhálózati ismeretekkel, melynek oktatását kezdetben Darabos Péter, majd később Fülöp Roland vette át. A víziközműveken kívül a települési környezetben előforduló egyéb vezetékű közművek felépítését, tervezési, üzemeltetési sajátosságainak bemutatását is fontosnak tartjuk az építőmérnök hallgatóknak, hisz munkájuk során rendszeresen találkozhatnak ezekkel is.

Az ezredfordulót követően jelent meg az igény a hálózatrekonstrukcióval kapcsolatos speciális tervezési és kivitelezési ismeretek oktatásának bevezetésére. Ezen tananyagok kidolgozásában jelentős érdemekkel rendelkeznek Mészáros Pál, Kiss Emese és Artz József, mint külsős szakértők. Ennek kapcsán a tervezési módszertan oktatása mellett külön hangsúlyt fektettünk a tervezést megalapozó informatikai fejlesztési igények meghatározására és az innovatív építési technológiák bemutatására. Ez utóbbira sikerült olyan, a szakmában is elismert, gyakorlott szakembereket megnyerni, mint Solti Dezső és Lőrincz András. Az elméleti oktatás mellett gyakorlati bemutatókkal, szakmai kirándulásokkal sikerült kézzel-foghatóbbá tenni a tananyagot.

Az alapozó tárgyat követő infrastruktúra ágazat, majd szakirányú specializáció tananyaga már a víziközmű hálózatok tervezési, kivitelezési és üzemeltetési ismereteire fókuszál. Az alapképzésen az ágazatos, valamint specializációs képzésen, továbbá a mesterképzés és a szakirányú továbbképzés keretében is külön hangsúlyt kap a modellezés, aminek alapja a korszerű informatikai és azon belül is a hálózatok esetében kulcsfontosságú térinformatikai, SCADA és vállalatirányítási rendszerek alkalmazása.

Manapság a klímaváltozás települési környezetre gyakorolt hatása előtérbe helyezte az integrált települési vízgazdálkodáshoz kapcsolódó módszerek oktatását. Ezek-

ben a műszaki megoldások mellett nagy hangsúlyt kapnak a modellezési eszközök, és az azok megalapozását biztosító mérési, adatgyűjtési lehetőségek megismertetése. A csapadékvíz-gazdálkodás – Buzás Kálmán iskolateremtő munkájának köszönhetően – ma már része a tananyagnak. A vízvezetési problémák okozói és egyben károsultjai sok esetben a burkolt felületek, ezek speciális kialakításainak bemutatását szintén gyakorlott külsős oktatóként Tártsy László végzi.

A közműves területhez kapcsolódó tantárgyak oktatásának koordinálását jelenleg Darabos Péter és Fülöp Roland kollégáink végzik, számos tanszéki munkatárs bevonásával (*Melléklet: 2. és 3. táblázat*). Ehhez a területhez kapcsolódik a tanszék legnépszerűbb tárgya is, a Gyógy- és strandfürdők, mely Raum László által indított szabadon választható tárgy. Mintegy 450 fős kurzusait a BME összes karának hallgatói látogatják. A tantárgy koordinálását jelenleg Musa Ildikó laborvezetőnk végzi.

### Vízminőség és környezet

A víz minőségét érintő ismeretek a kezdetektől beletartoztak a tanszék oktatási palettájába, azonban ez a szakterület az elmúlt évtizedek során kibővült és ma már az oktatási tevékenységünk meghatározó részét képezi. A VICSA megalakulásakor Öllös professzor vezetése alatt épült be a tantervbe – először még csak választható tárgyként – a Kollár György által oktatott vízkémia és vízbiológia, melynek gyakorlati oktatásához az UV épületben létrehozott laboratórium adott helyet.

Jelentős változást hozott Somlyódy professzor érkezése, akinek köszönhetően a környezetvédelem egyre nagyobb hangsúlyt kapott az építőmérnöki oktatásban. Az 1990-es évek közepén bevezetett tantervi átalakításokkal az oktatott tárgyak spektruma kiszélesedett, a kredit rendszerű képzésben lehetőség nyílt új tárgyak bevezetésére és a környezetvédelem horizontálisan is részévé vált az építőmérnöki tananyagok. Ennek fontos eleme volt a Környezetvédelem és ökológia című tárgy felvétele az építőmérnöki törzsanyagba, melyben a természettudományos alapismeretek átadása mellett a hallgatókkal a mérnöki tevékenység környezeti hatásait ismertettük meg. Az ökológia oktatását az első években vendég előadóként Dévai György, a Debreceni Egyetem professzora, majd később már tanszéki oktatóként Szilágyi Ferenc kollégánk látta el. A kreditrendszer kialakításával új szakirányok – települési és vízminőségi – jelentek meg. A szakirányos törzs és választható tárgyak, többek között a Vízkémia és hidrobiológia, a Vízminőség-szabályozás, a Környezeti hatások, a Városi környezetvédelem és a Hulladék-gazdálkodás a környezeti hatások elemzéséhez és azok kezeléséhez nyújtottak specifikus ismereteket és egyben megalapozták a víz- és szennyvíztechnológia elsajátításához szükséges ismereteket.

A vízminőségi és környezetmérnöki tananyag oktatásában és a tantervek kidolgozásában Somlyódy professzor mellett jelentős szerepe volt Buzás Kálmánnak. A tárgyak oktatását a VITUKI-ból érkezett új kollégák, Szilágyi Ferenc és Licskó István segítették, majd később már a tan-

széken doktoránsként kezdett munkatársak, Clement Adrienne, Budai Péter, Kozma Zsolt, Kardos Máté és Jolánkai Zsolt vették át a stafétabotot. Az oktatást külső oktatók is segítették és segítik jelenleg is, így téve lehetővé a környezetvédelmi szakterület teljesebb lefedését. Takács Attila mesteroktatóként, valamint Sándor Géza közel egy évtizeden át oktatta a hulladékgazdálkodást, a Környezeti hatásvizsgálatok című tárgy keretében pedig Reiniger Róbert vezetésével valós példákon keresztül ismerhetik meg a jogszabályban is előírt tevékenység folyamatát.

A Környezetmérnöki alapok ma is része az építőmérnöki törzstárgyaknak és a VBK által gesztorált környezetmérnöki alapképzés törzsanyagának. Az alapképzések szakirányos és specializációs tárgyainak tananyaga a rendkívül dinamikus fejlődő szakterületi igényeket követve folyamatosan fejlődik, bővül. A környezetmérnöki tárgyak keretében a hallgatók szélesebb körű ismereteket szereznek alapvető fenntarthatósági kérdésekről és azok mérnöki vonatkozásairól. Megismerkednek a vízi környezeti problémákkal, azok mérnöki megközelítésével és a hatások elemzéséhez szükséges módszerekkel. Megismerik a különböző közegeket érő környezetterhelések megelőzésének és mérséklésének lehetőségeit, a környezeti elemekbe – elsősorban felszíni és felszín alatti vízbe és földtani közegekbe – jutott környezet- és egészségkárosító anyagok eltávolítási módszereit, megismerik a kárelhárítás eszközeit, a környezeti hatásvizsgálatok lefolytatásának követelményeit és módszertanát. A tananyag fontos része a Musa Ildikó laborvezető által oktatott vízkémiai és hidrobiológiai laborgyakorlat, melynek kiegészítéseként egy választható tárgy keretében a hallgatók elsajátíthatják az általános vízanalitikai méréseket. A vízminőségi területen készülő TDK- és szakdolgozatoknak fontos eleme az önálló mérésekben alapuló kísérleti munka.

Az alapképzésben megszerzett tudást a mérnöki szakértői munkákban, hatósági és igazgatási területen egyaránt hasznosíthatják. A mesterképzésben a hatáselemzésekhez szükséges mérnöki eszköztár (térinformatikai szoftverek, terjedési modellek) gyakorlati szintű megismertetése mellett nagy hangsúlyt kap a folyamatok megértése. A környezetmérnöki tárgyak keretein belül a hallgatók elsajátítják a (vízi) környezet állapotát befolyásoló felszíni és felszín alatti vizekben és talajokban lejátszódó, mennyiségi és minőségi folyamatokat leíró elméleti hátteret, majd ezek gyakorlatban való alkalmazását, a vízi környezeti monitoring pedig a mintavételezési és mérési módszerekhez nyújt magas szintű elméleti és gyakorlati ismereteket. A diplomamunka során elvárás, hogy a hallgatók önállóan megoldjanak valamely környezetvédelemhez kapcsolódó feladatot. A mesterképzésben végzettek esetében alapvető célkitűzés, hogy a hallgatók elsajátítsák az ismeretek rendszerezésének módját és a szakértés és a kutatás-fejlesztés módszertanát, valamint a környezeti problémák kezeléséhez szükséges átfogó problémamegoldó gondolkodást.

### **Területi vízgazdálkodás**

Az elmúlt két évtizedben a tanszék egyik fontos oktatás-kutatási témakörévé vált a területi vízgazdálkodás. A hazai vízkészleteket érintő mennyiségi szélsőségek (árvíz-belvíz-aszály) vizsgálatát folyamatosan bővülő mérési,

térinformatikai és modellezési eszköztár támogatja. Ezekkel az Ökológia, a Mérnökökológia, a Környezeti rendszerek, valamint a Környezeti rendszerek és kockázatok modellezése tárgyak keretében ismertetjük meg a hallgatókat.

Az éghajlatváltozás és az intenzív területhasználat hatásai nagymértékben befolyásolják a domb- és síkvidéki vízgyűjtők hidrológiai viszonyait. A sokszor kedvezőtlen hatásokkal, az előidézett problémákkal a hagyományos vízgazdálkodás csak részben képes megbirkózni, főként ágazati válaszokat kínálva, ami korlátozott és/vagy költséges megoldást jelent. A területhasználati-vízgazdálkodási-ökológiai konfliktusok feloldásában jelenthet előrelépést az ökoszisztéma szolgáltatás keretrendszer alkalmazása és a természetalapú vízmegtartó megoldások előnyben részesítése.

A területi vízgazdálkodási stratégiák, megoldások többszemponú elemzése feltételezi a hidrológiai szélsőségekhez kötődő kockázatok számszerűsítését, a területi víz-visszatartás (pl. mélyártéri elárasztások, belvíz visszatartás) hatásainak feltérképezését szimulációs úton, valamint az éghajlati és területhasználati viszonyokra vonatkozó alternatívák összehasonlítását. További fontos kérdéskörként vizsgálendő a hidrológiai és transzport folyamatokra döntő jelentőséggel bíró talajtani adottságok szerepe.

Ezen szerteágazó feladatkör alapvetéseivel, kulcsfogalmaival, fő elemzési módszereivel, a gyakorlatban alkalmazott monitoring rendszereivel és az elérhető vízügyi, meteorológiai, talajtani, területhasználati, környezeti adatforrásokkal ismertetjük meg a hallgatókat BSc és MSc tárgyakban, illetve szakdolgozat/diplomamunka keretében. Az oktatás során nagy hangsúlyt fektetünk az elméleti megalapozás mellett a gyakorlati alkalmazások bemutatására is, elsősorban a szakma által használt és/vagy szabad hozzáférésű szoftverek (QGIS, Hydrus-1D, MODFLOW, InVEST stb.) tantermi elsajátítására.

A területi vízgazdálkodás témaköréhez kapcsolódó tantárgyak oktatásának koordinálását jelenleg Kónyos professzor és Kozma Zsolt docens végzik, több tanszéki munkatárs bevonásával (*Melléklet: 2. és 3. táblázat*).

### **Vízellátás-Csatornázás szakirányú továbbképzés (szakmérnök képzés)**

A tanszéken folyó Vízellátás-Csatornázás szakirányú továbbképzés több évtizedes múltra tekint vissza. A képzést a folyamatosan változó szakmai igények, az új tudományos és kutatás-fejlesztési eredmények megjelenése és ezek gyakorlatba történő átvitele teszi szükségessé, ezért a szakmérnöki képzés anyagát is folyamatosan frissítjük. A képzés szakmai presztízsét a folyamatosság mellett az is mutatja, hogy az államigazgatás a kurzusok színvonalát elismerve, jogszabályokban is rögzített szakmai jogszabályokat kötött a képzésben megszerzett oklevélhez. A szakirányú továbbképzés koordinátora Darabos Péter címzetes docens.

A tanszéken folyó Vízellátás-Csatornázás szakirányú továbbképzés célja olyan üzemeltetési, tervezési, igazgatási feladatokat ellátó szakmérnökök képzése, akik feladataikat a legújabb elméleti és gyakorlati eredmények ismeretével

retében, azokat alkalmazva magas színvonalon tudják megoldani. A képzés négy aktív félévből áll, melyben az egész szakterületet átfogó továbbképzést biztosítunk. Ez azért is igen lényeges, mivel a nappali képzés jelentős átalakulásával a speciális szakirányú ismeretek részben kimaradnak a képzésből, másrészt számos nem építőmérnöki végzettségű mérnök kíván a vízellátás-csatornázás szakmában elhelyezkedni. Az ő számukra éppen egyes építőmérnöki szakmaspecifikus ismeretek átadása vált a képzés lényegi részévé. A hallgatók többsége mára inkább környezetmérnöki, vegyész- és gépészmérnöki alapvégzettséggel rendelkezve jelentkezik a továbbképzésre. Az építőmérnöki végzettségük egyre kevesebben vannak, általában a hallgatóság ~20-25%-át teszik ki. A kurzusokat két évente (páratlan években) hirdetjük meg és 30-40 fő közötti létszámmal folyamatosan tudtuk és tudjuk elindítani. A résztvevőket legnagyobb számban a víziközmű üzemeltető vállalatok küldik, azzal a nem titkolt meggyőződéssel, hogy a nálunk szerzett ismeretek garanciát jelentenek a munkavállaló alkalmassága tekintetében. Az utóbbi években egyre több megkeresés érkezik nem mérnöki végzettségű (geológus, biológus, vegyész stb.) kollégák részéről, hogy a szakirányú továbbképzés rendszerét rájuk is terjesszük ki. Erre a jelenlegi jogszabályi keretek között megoldást kell keresnünk, tudván azt, hogy az ilyen jellegű képzések indításának egyik legfontosabb feltétele az, hogy a szerzett végbizonyítvány illeszkedjen a szakmai jogszabályi rendszerbe.

### Diplomázó hallgatóink

Diplomázó hallgatóink száma az elmúlt 10 évben jellemzően 20 és 40 fő között alakul évente, amennyiben az építőmérnöki és környezetmérnöki képzésen alapszakon, mesterszakon, továbbá a szakmérnöki képzésen diplomamunkát készítő hallgatók összesített számát tekintjük. Végzett hallgatóink leginkább a tervezői, a kivitelezői és az üzemeltetői szektorban, illetve a hatósági és az igazgatási területen helyezkednek el. A hallgatók egy része környezetvédelmi cégeknél szakértői munkákkal, hatásvizsgálatokkal és kárelhárítási feladatokkal foglalkozik.

### JÖVŐKÉPÜNK

A tanszék alapfeladata az alapítási célkitűzéséből és rendeltetéséből adódóan az, hogy a jelenkor jövőben várhatóan erősödő, súlyosbodó települési és városi vízgazdálkodási kihívásaira nemzetközi és hazai léptékű megoldásokat találó mérnököket képezzen, illetve koncepciókat alkosson.

A települési és városi vízgazdálkodást olyan erősödő hatások érik, amelyek a jelenlegi rendszerek és koncepciók fenntarthatóságát veszélyeztetik. Ilyenek:

- az éghajlatváltozás és az ezzel együttjáró szélsőséges vízbőséges és aszályos időszakok,
- a demográfiai növekedés, külső és belső migráció,
- a vizek elszennyeződése (mikro- és makroléptékű szennyezők),
- a kimerülő nyersanyagkészletek,
- az energiaválság,
- a nem mindig célirányos szabályozás (politikai, gazdasági), nemzetközi és hazai szabályozási és finanszírozási környezet, illetve
- a munkaerőhiány az ágazatban.

Ebből olyan „eredmények” adódnak, amelyek közvetlen megoldást igényelnek:

- vízhiány,
- árvíz,
- elöregedő és elavuló vízinfrastruktúra,
- ivóvíz és öntözővíz ellátásbiztonság csökkenése,
- üzemeltetési költségek megállíthatatlan növekedése, valamint
- nagy beruházási igény.

A megoldás ezért a következő irányba kell, hogy mutasson:

- a víz és szennyvízrendszereink hatékonyabbá és rugalmasabbá tétele,
- hatékony, tervezett, célzott beruházások,
- vízelvezetés és vízmegtartás ésszerű kombinációja,
- vízmegtartás mennyiségi és minőségi értelemben (területi és városi vízmegtartás),
- a víz- és energiahatékonyság jegyében energiafelhasználás csökkentés, valamint energiatermelés vízből és használt vízből,
- nyersanyagkinyerés használt vízből, illetve
- szürkevíz és nyersanyag használat (*eddig* „wastewater treatment”, *mostantól* „water resources recovery” *eddig* szennyező, esetleg hulladék, *mostantól* fűtőanyag, építőanyag, növényi tápanyag, használati víz).

A tanszéknek a fenti megoldásokban innovatív alkotó és oktató szerepet kell betöltenie. Elsőrendű feladat a hatékony mérnökök – tehát csupa nagy betűvel “MÉRNÖKÖK” – képzése, amely feladat a tanszék hagyományörző, szilárd mérnöki alapismeretekre támaszkodó, ugyanakkor innovatív újító szellemű látásmódjából, koncepcióalkotó tevékenységéből és konzultatív szakembereket összehozó, kompetenciákat kapcsoló szerepéből adódik.

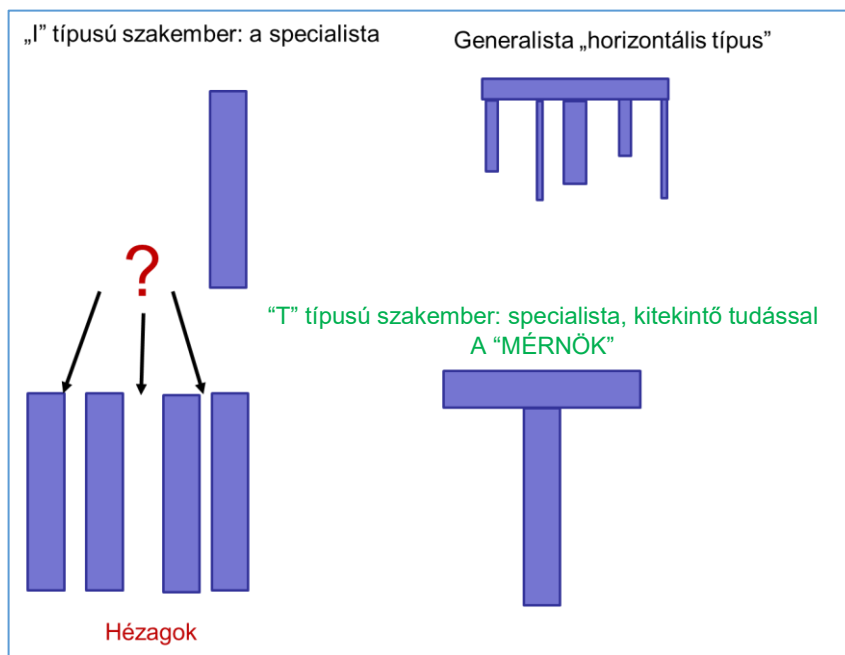
### A VKKT, mint oktató: “A MÉRNÖKÖK”

2023-ban, amikor a részlettervezés egyes elemeit gépi módszerek veszik át, amikor a mérés és a számítástechnika a módszereit és a kapacitásait tekintve nem ismer határokat, olyan mérnököket kell képeznünk, akik ezeket a módszereket a jó célok érdekében kellő mélységben ismerik, fejlesztik és alkalmazzák. A “MÉRNÖK” az egyre specializálódó szakterületén belül mély szilárd alapismeretekkel és tapasztalattal bír, ugyanakkor ezt kapcsolni tudja a társzakterületek és a társadalom igényeivel úgy, hogy azokat alapismeret szintjén átlátja. A szakterületét legalább egy, szükségszerűen angolul, de ideális esetben több idegen nyelven gyakorolja, ugyanakkor ápolja a szakterületének magyar nyelvű kifejezésrendszerét. Ez utóbbi azért különösen fontos, mert az egyes szakterületek nagy ütemű fejlődése miatt a külföldi szakirodalomban közölt felismerések helyes magyar nyelvű átültetésre és alkalmazásra kell, hogy kerüljenek.

Korunkban a MÉRNÖK, aki saját szakterületét mélyen ápolja (I típusú specialista), ki kell, hogy tudjon tekinteni a horizontális tudományok területére is (T típusú specialista) (*Uhlenbrook és de Jong 2012*). Az építőmérnöki képzésben az építőmérnöki diszciplínák közötti mé-

lyebb átlátás mellett, mint a geotechnika, az építéstechnológiák, a szerkezettervezés, az út- és vasúttervezés, a BIM, a vízgazdálkodás és a vízépítés, a VKKT szilárd, mély alapú ismereteket nyújt a közművek, a vízi környezetvédelem, a vízminőség-védelem, a víz- és szennyvíz-

technológia és ezek legkorszerűbb módszerei és eszközszerkezete területén. Ugyanakkor alkalmassá teszi a végzett mérnökhallgatókat az egyéb mérnöki és nem mérnöki szakterületek, társadalmi, jogi, gazdaságtudományi és etikai kérdések integrálására a tevékenységükben.



3. ábra. A kompetencia profilok sematikus ábrája: az „I” típusú, a generalista és a „T” típusú szakember (Uhlenbrook és de Jong 2012)

Figure 3. Schematic sketch of the competency profiles of I-shaped professionals, generalists, and T-shaped professionals (Uhlenbrook and de Jong 2012)

A „T” típusú szakemberek összekapcsolódásának, azaz az egyre specializálódóbb szakterületek interdiszciplináris együttműködésének eredménye a hatékony mérnöki tevékenység (4. ábra).

#### A VKKT, mint koncepcióalkotó

A tanszék úgy tudja a fenti küldetését ellátni az oktatásban, ha maga is erősödő mértékben integrálódik a nemzetközi és hazai fejlesztési feladatokba. Fontos feladatunk, hogy támogatást nyújtsunk a meglévő víziközmű és környezetmérnöki rendszereink hatékonyabbá tételében újszerű nemzetközi jó gyakorlatok és saját innovációink bevezetésével. Kifejezett küldetésünk a jövőbe mutató új koncepciók megalapozása és a meglévő rendszerek ezekbe történő integrálása. Lehetséges scenáriók, változatelemzések lefolytatása és ezzel a beruházók, a beruházásokban résztvevők és a döntéshozók támogatása.

#### A VKKT, mint a találkozások helye

A korszerű mérnökök képzése nem szorítkozhat pusztán a nappali, vagy levelező alap- és mesterképzésben, PhD, illetve szakmérnök képzésben résztvevők oktatására. Az egyes szakemberek, szakterületek találkozási helyeként kell megjelenünk, ezért a jövőben erősebb mértékben és az eddigieknél gyakrabban szervezünk tematikus napokat gyakorló szakembereknek az általunk művelt szakterületeken a társszakterületek bevonásával. Fontos a hazai és a nemzetközi irányvonalak összekapcsolása, eredményeink bemutatása a nemzetközi közönségnek és ezek ütköztetése a legújabb nemzetközi tendenciákkal. Erre jó példa a tanszékünk által a közeljövőben megrendezésre kerülő IWA 14. Nagy szennyvíztisztító telepek konferenciája (<https://lwtp2024.org/>), illetve az ugyanebben az évben tanszékünk szervezésében sorra kerülő nemzetközi River Basins konferencia (<https://riverbasins.kit.edu>).



4. ábra. “T” típusú szakemberek interdiszciplináris együttműködése (Uhlenbrook és de Jong 2012 alapján módosított ábra)  
Figure 4. Interdisciplinary cooperation of T-shaped professionals (adopted from Uhlenbrook and de Jong 2012, modified)



5. ábra. A szennyvízvilág Budapesten találkozik – Az IWA 14. Nagy szennyvíztisztító telepek konferenciájának honlapja (<https://lwwtpp2024.org/>)

Figure 5. The wastewater experts will meet in Budapest – Homepage of the 14<sup>th</sup> IWA Large Wastewater Treatment Plants Conference (<https://lwwtpp2024.org/>)



6. ábra. A River Basins konferencia honlapja (<https://riverbasins.kit.edu>)

Figure 6. The homepage of the River Basins Conference (<https://riverbasins.kit.edu>)



## A TANSZÉK FONTOSABB PROJEKTJEINEK RÖVID BEMUTATÁSA

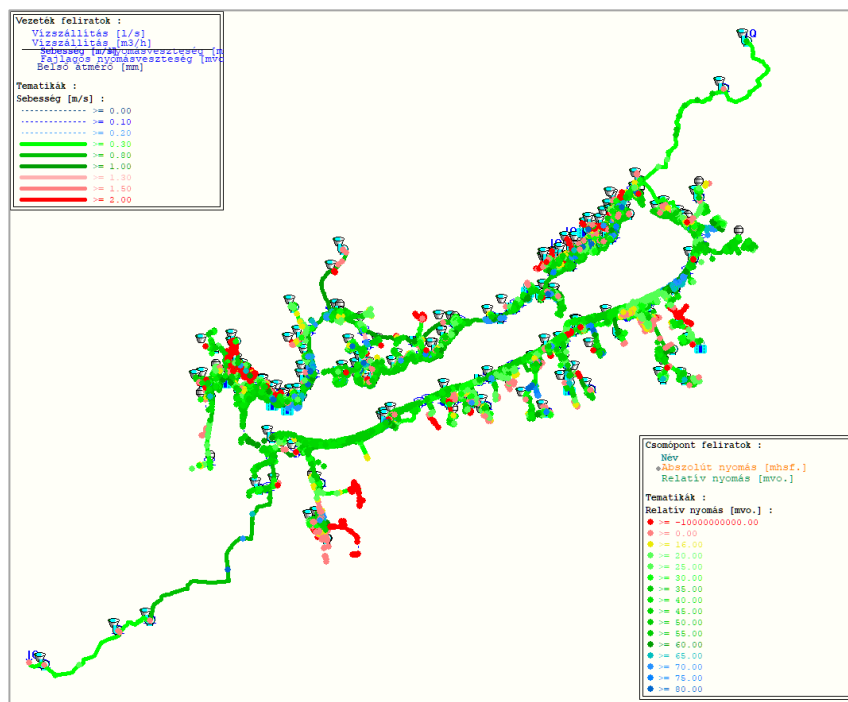
A tanszék a fennállása során rendkívül sokrétű feladatokat kapott és dolgozott ki, amelyekből a következőkben egy rövid válogatást mutatunk be. Ezek nagyrészt konkrét megoldási javaslatokat tartalmazó mérnöki tanácsadói feladatok, amelyeket elméleti kutatásokkal is megalapoztunk. A projekttevékenység biztosítja a gyakorlatorientált oktatási program kialakítását és a tanszéki infrastruktúra fejlesztési forrásának megteremtését. A következőkben néhány válogatott projektet mutatunk be az elmúlt évtizedekből és a jelenkorból.

### Projektek Öllös Géza tanszékvezetése alatt Vízellátó hálózatok modellezése

A hálózaton keresztüli közműszolgáltatás tervezésének, fejlesztésének mindig is egyik legnehezebb feladata a hálózatok tervezése, méretezése volt, tekintettel

a feladat méretére. A megoldás a számítógépek megjelenésével került testközelbe. A számítógép használatával történő hálózatmodellezés úttörői közül szűkebb szakmánkat tekintve Bozóky-Szeszich Károly munkásságát kell kiemelni, aki már az 1960-as évek közepétől programot készített a feladat megoldására. Az ő iskola-teremtő munkásságának eredménye egyrészt, hogy a hazai szakmai gyakorlatban világszínvonalú, hazai fejlesztésű szoftvereket használhatnak a mérnökök, másrészt, hogy az egyetemi oktatás keretében a szoftverek alkalmazására is felkészülnek a szakemberek.

A tanszéken fejlesztett vízellátó hálózatok hidraulikai modellezésére készült program (HCWP) továbbfejlesztett változatát és a kapcsolódó műszaki informatikai eszközt jelenleg is sikerrel alkalmazzák a víziközmű üzemeltető és tervező szervezetek szakemberei.



7. ábra. Hálózathidraulikai modell, számítási eredmény megjelenítés (HCWP print screen)  
Figure 7. Network hydraulic model, display of calculation results (HCWP print screen)

### A csatornatervezéstől a hidrodinamikai modellezésig

A tanszéken a települési csatornázással kapcsolatos oktatási, műszaki tanácsadói és szakértői munkák jellegének változása követte a víziközművek fejlesztésének ismert folyamatát: az ivóvízellátás rendszereinek kiépülése lényegesen előtte járt a szennyvízcsatorna hálózatokénak. Közben az ivóvízellátó hálózatok hidraulikai méretezésében már számítógépes programokat használtunk, a csatornázásban még az egyszerű hidrológiai-hidraulikai alapon nyugvó kézi számítási módszereket és a tanszéken kidolgozott méretezési diagramokat használtunk, például hálózati tározók méretezésére.

Az országban uniós támogatással nagyszabású csatornázási, szennyvíztisztítási fejlesztési program indult a múlt század végén, aminek a keretében sokezer kilométernyi hálózattervezési munka vált szükségessé. Öllös professzor tanszékvezetése alatt készítettük el az 1980-as évek végén Markaz település csatornahálózatának tervét. Ugyanakkor

sikerült a tanszéknek az első PC-t beszerezni, melyeken az AutoCAD Version 2.6-ot is futtatni tudtuk. A terveket az akkoriban szokásos tusrajzos technika helyett az AutoCAD-re általunk fejlesztett LISP programokkal készítettük el és nyomtattuk ki az akkor rendelkezésre álló A3 plotteren. Azóta számtalan csatornatervet készítettünk Magyarország kisebb-nagyobb településein, de pl. Szenegál több városának teljes hálózatára is. A tervek rajzi részeinek elkészítése helyett egyre inkább áttértünk a rajzoló programunk (SEWCAD) fejlesztésére, így az elkövetkező években több ezer km csatornaterv készült az általunk fejlesztett CAD programmal.

A programfejlesztés befejezésével egyre inkább áttértünk a csatornahálózatok hidrodinamikai vizsgálatára, amire elsősorban az egyesített rendszerű hálózatoknál volt nagy szükség. A jelentősen bővült és korszerűsödött tanszéki számítógéppark segítségével az elavult kézi számítások alapját képező egyszerű Chezy képlet helyét átvették a

hálózati lefolyás valós fizikai folyamatait leíró parciális differenciálegyenletek, a lefolyások csúcszhalmainak becslését pedig felváltotta a hálózatban lefutó árhullámok számítása, ami sokkal több információt hordozott az egyes műtárgyak (szivattyúk, tározók) működéséről. A városi vízgyűjtőről lefolyó csapadékvíz vizsgálatánál pedig lehetővé vált az időben változó lefolyás számítása.

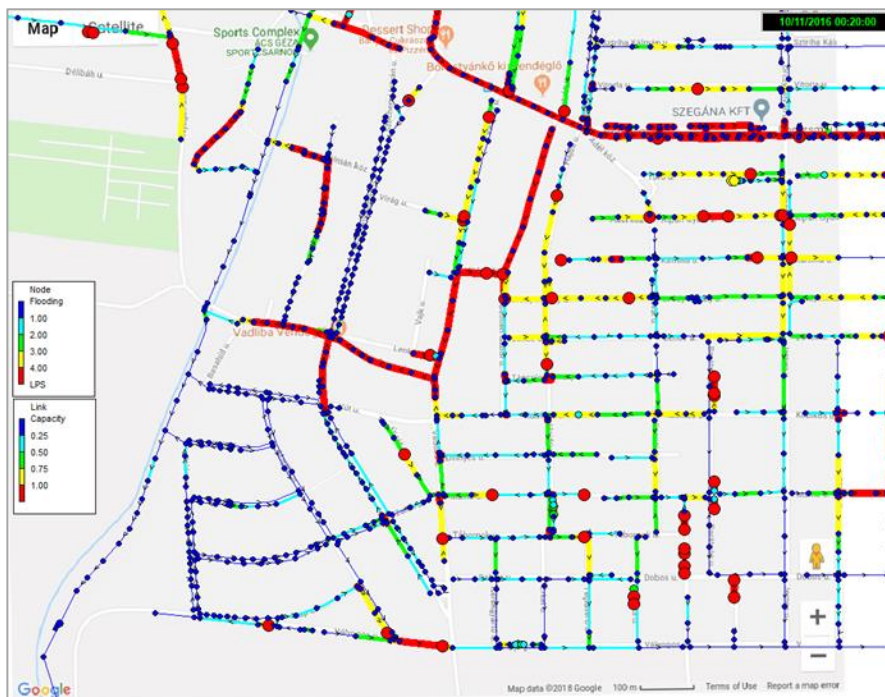
Számos település hidrodinamikai méretezését, felülvizsgálatát végeztük el. Így a líbiai Zawiya város csatornázási terveit közvetlenül az első líbiai polgárháború kitérése előtt az SWMM program éppen elkészült 5.0 verziójával készítettük el. Marosvásárhely teljes csatornahálózatát az angol WinDAP szimulációs programmal, Sopron csatornahálózatát a DHI Mike Urban szoftverrel, Szeged csatornahálózatát SWMM 5.1 szoftverrel

modelleztük. Itt a cél a hálózatrészek kapacitáshiányossági okainak kiderítése volt, melynek első lépéseként a kiöntési helyeket azonosítottuk. A 8. ábrán a pirossal jelzett csomópontok és a vezetékágak a kiöntési helyeket és a túlterhelt vezeték szakaszokat mutatják. Azóta az 1D hidrodinamikai vizsgálatokat (pl. Budapest XII. kerület) általában az SWMM legújabb verzióival, a 2D elöntési vizsgálatokat HEC-RAS szoftverrel (pl. Kánató), míg a 3D műtárgy vizsgálatokat Ansys Fluent programmal (pl. MOL Százhalombatta) végezzük.

A modellezett településeken a hidrodinamikai modellek kalibrálásához csapadék- és áramlásmérő hálózatot telepítettünk a legkorszerűbb kereskedelmi, valamint az általunk fejlesztett műszerek alkalmazásával.



9. kép. Csapadék- és áramlásmérés a modell kalibrálásához (Fotó: Knolmár Marcell)  
Photo 9. Precipitation and flow measurements to support model calibration (Photo by Marcell Knolmár)



8. ábra. Felszíni elöntések és csatorna kapacitások kihasználtsága (Fülöp és társai 2018)  
Figure 8. Surface flooding and capacity of sewers (Fülöp et al. 2018)

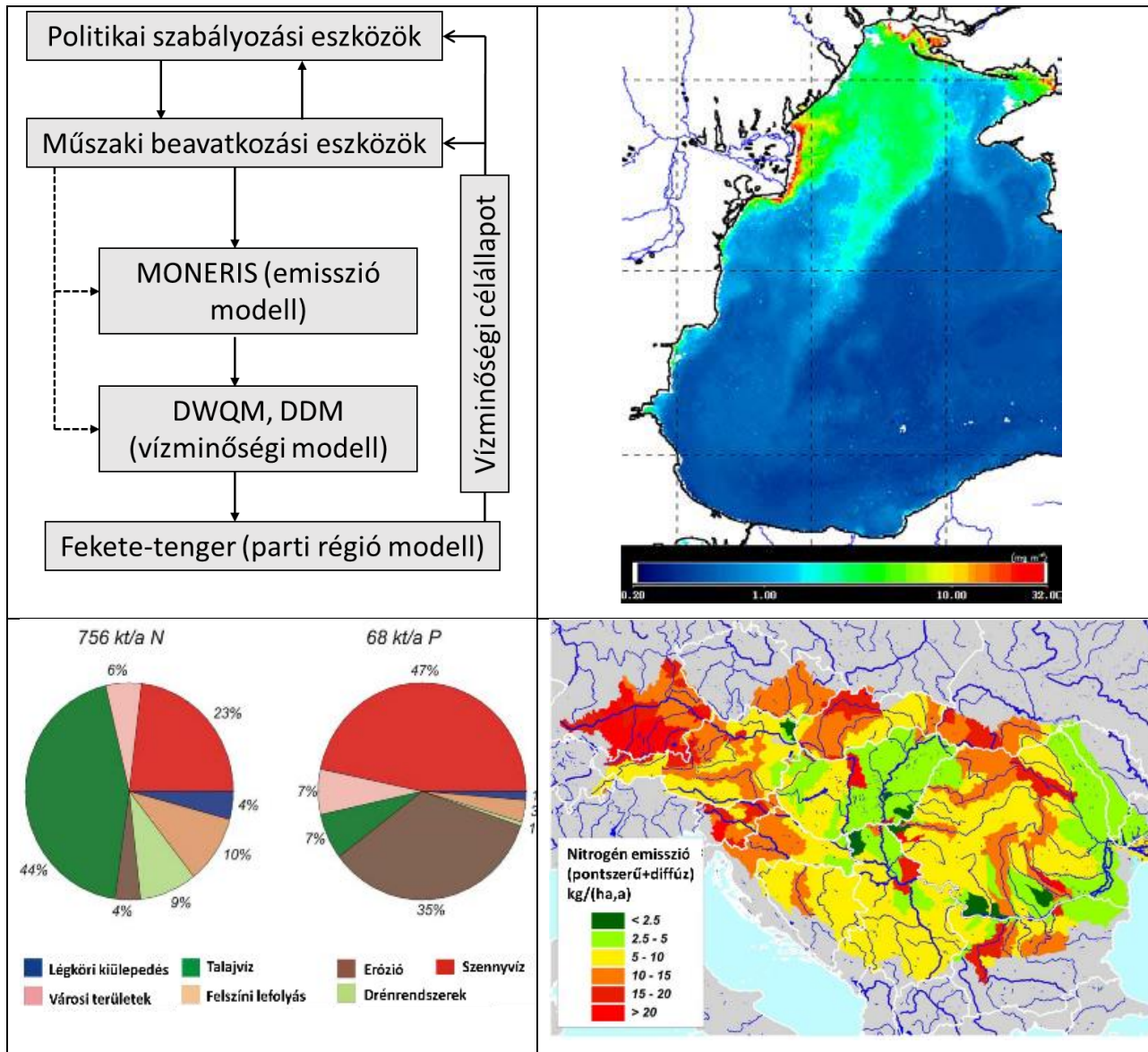
**Projektek Somlyódy László tanszékvezetése alatt  
Duna medence tápanyagforgalma (Phare 1995-1997,  
EU-5 daNUbs 2001-2005)**

A mintegy 2,9 ezer km hosszú Duna Európa második legnagyobb folyója. A 6 400 m<sup>3</sup>/s-os átlagos hozamával 55%-kal járul hozzá a Fekete-tengerbe jutó édesvíz mennyiségéhez. Az antropogén terhelések (elsősorban a Duna vízrendszerébe juttatott növényi tápanyagok) az 1980-as évek végén a Duna-deltában és a Fekete-tenger nyugati partjainál fokozott problémaként jelentkeztek, melynek következtében a sérülékeny öböl az anoxia jeleit mutatta.

A természetföldrajzi és gazdasági szempontból is heterogén terület vízgazdálkodási problémáinak megoldása komoly kihívást jelent. Az ezt segítő nemzetközi együttműködés az 1990-es évek elejére nyúlik vissza, melynek eredménye az 1998-ban megkötött Duna Védelmi Egyezmény és a Duna védelmére létrehozott Nemzetközi Bizottság (ICPDR), mint operatív szerv. Valamennyi dunai ország elfogadta az európai Víz Keretirányelvet (VKI), mint az integrált vízgazdálkodás jogszabályi keretét, amelynek

Duna vízgyűjtő szintű végrehajtását az ICPDR koordinálja.

Az 1990-es években számos, a Duna medence vízgazdálkodását megalapozó kutatás indult, melyekben a tanszék meghatározó szakmai szerepet töltött be. Az 1995-1997 között Phare támogatással megvalósított projektben 8 ország partnerei részvételével elsőként alkalmaztunk az anyagmérlegen alapuló, a vízgyűjtő tápanyagáramait a forrásoktól a befogadóiig meghatározó „material accounting” módszert. A kutatás folytatásaként az EU-5 program keretében támogatott daNUbs („Nutrient Management in the Danube Basin and its Impact on the Black Sea”, 2001-2005) projektben 16 partnerrel átfogóan vizsgáltuk a Duna medence tápanyagforgalmát és a szabályozás lehetőségeit. A MONERIS (vízgyűjtő tápanyag emissziós modell), a DWQM, DDM (Dunára, a mellékfolyókra és a deltára alkalmazott vízminőségi modell), valamint a BSSM (a Fekete-tengerre készült modell) összekapcsolásával forgatókönyv elemzések készültek a tápanyag terhelés csökkentési stratégiák kidolgozásához.



9. ábra. A tanszék közreműködésével készült daNUbs projektben alkalmazott módszer és eredmények (Kroiss 2005)

Figure 9. The methodology and results of the daNUbs project prepared with the cooperation of the department (Kroiss 2005)

A 9. ábrásozat a daNUbs projekt módszertanát (összekapcsolt modelleken alapuló forgatókönyv elemzés), az összes nitrogén kibocsátás területi megoszlását a Duna vízgyűjtőn és a nitrogén és foszfor terhelés források szerinti megoszlását (MONERIS emisszió modell eredménye), valamint a Fekete-tengerben az alga biomassa térbeli eloszlását mutatja (SeaWiFS felvétel).

#### **Kis-Balaton működésének értékelése (1996-1997)**

A Zala torkolatánál, a Balaton egykori medencéje egy részén létesített Kis-Balaton célja a Balaton tápanyagterhelésének csökkentése. A két tározóból álló létesítmény kiépítéséről 1983-ban született döntés a Balaton átfogó vízminőség-szabályozási stratégiájának elemeként. A kiépített rendszer majd fél évszázados modern története során több átalakításon esett át, míg 2015-ben elérte jelenlegi állapotát. A 16 km<sup>2</sup>-es Hídvégi-tó (I. ütem, vagy Felső-tározó) 1985-ben került elárasztásra. A Fenéki-tó (más néven II. ütem, vagy Alsó-tározó) megvalósítása jelentősen elhúzódtott, mivel 1992-ben a tervezett mintegy 54 km<sup>2</sup>-es terület csak részlegesen került víz alá a 16 km<sup>2</sup>-es Ingói-berek bekapcsolásával. Az akkor ideiglenesnek gondolt állapot több mint két évtizedig tartott. Végül 2012-2014. között európai uniós támogatással valósult meg a teljes rendszer, amelyet 2015-ben helyeztek üzembe (Somlyódy 2018).

Az üzemelés első időszakában a Felső-tározó a határfok szempontjából az elvárásoknak megfelelően működött: a Zalából érkező foszforterhelés közel felét visszatartotta. Később a kedvezőtlen jelek gyarapodtak, ugyanis a Hídvégi-tóban kialakult intenzív algásodás az időközben elárasztott Ingói-berek unikális nádas állományát veszélyeztette, a rendszer határfoka pedig jelentősen visszaesett. A tározók továbbépítése kérdésessé vált. Somlyódy László interdiszciplináris munkacsoportot alakított (melyben a tanszék több munkatársa is részt vett) a működés felülvizsgálatára. A 10 háttér tanulmányból és azok szintéziséből álló átfogó jelentés (Somlyódy és Herodek 1996) számos tervváltozatot megvizsgálva (i) a vízminőség-védelem, (ii) a természetvédelem, (iii) az árvízvédelem és (iv) a gazdaságosság szempontjait mérlegelve adott javaslatokat a II. ütem befejezéséhez. A vizsgálatok egyik fontos eszköze egy olyan dinamikus foszforforgalmi modell létrehozása volt, mellyel a két tározó-tér jövőbeli foszforvisszatartása becsülhető. A főbb ajánlások között szerepelt az Ingói-berek leválasztása és a vízforgalmának csak a természetvédelmi igények szerinti biztosítása, valamint tározók megkerülési lehetőségének kiépítése a foszfor eltávolítás tapasztalt, és a jövőben várható bizonytalanságai miatt. Mindez rugalmas üzemvitelt és folyamatos monitorozást igényel.

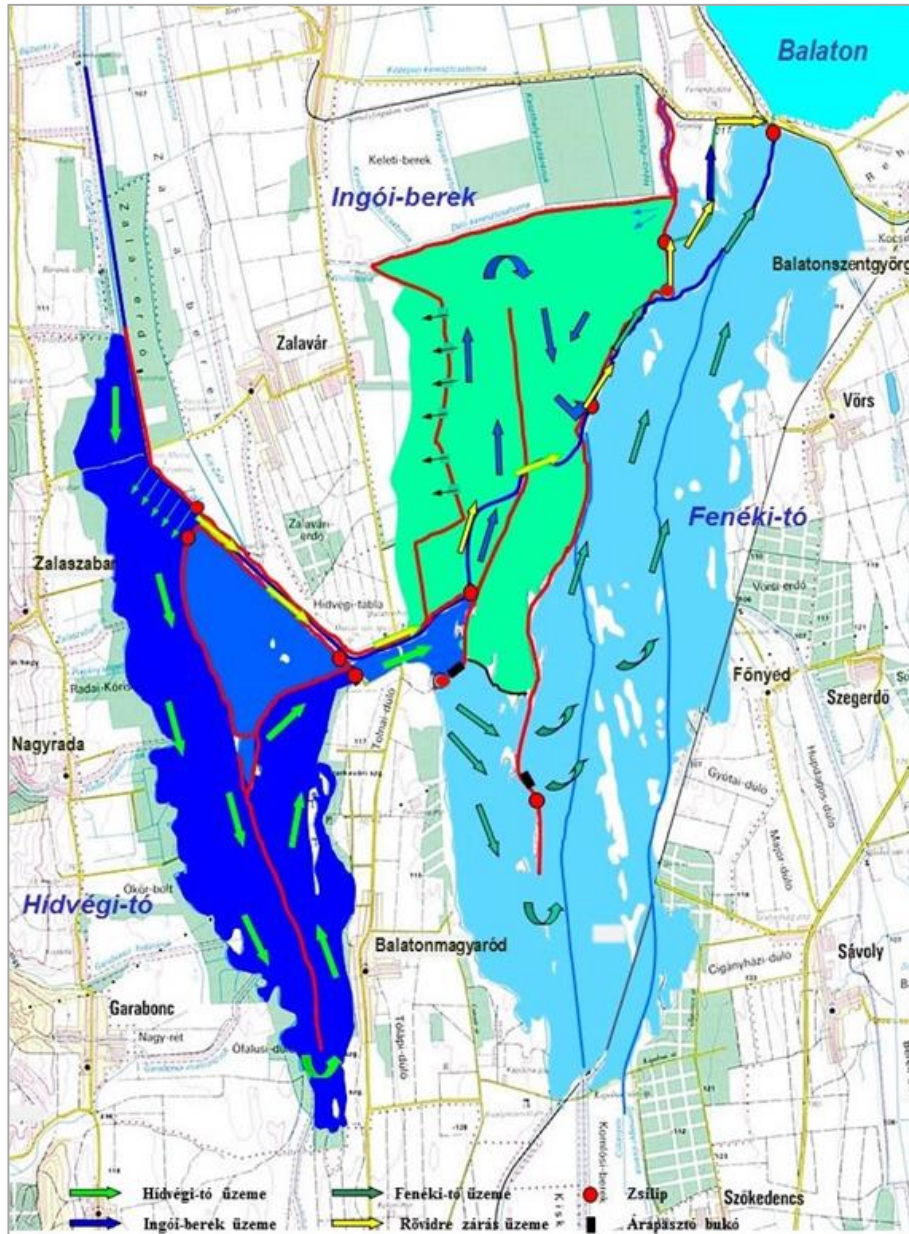
A felülvizsgálatot követően a Kis-Balaton további soráról – forráshiány miatt – hosszú ideig nem született döntés. A kivitelezési projekt (2012-2014) előkészítése tíz évvel a Somlyódy–Herodek-munkacsoport tanulmányának

befejezése után kezdődött meg. Az elfogadott változatban lényegében a felülvizsgálat összes tétele elfogadást nyert.

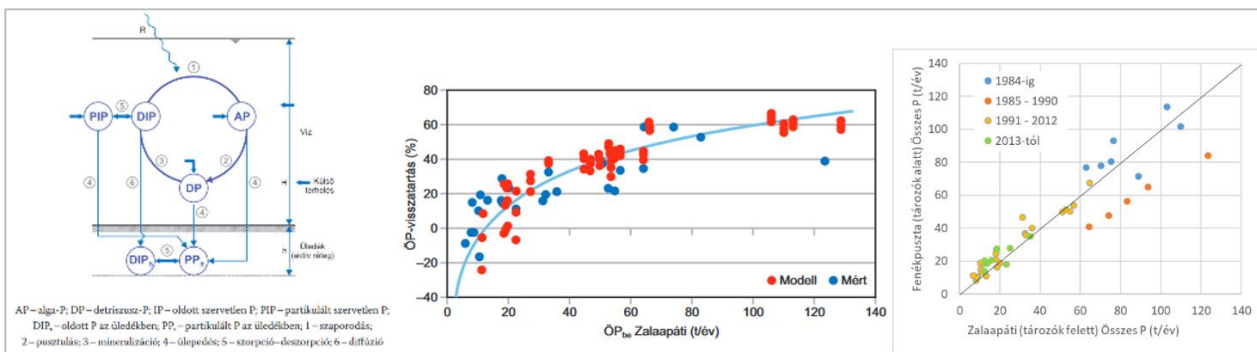
Az eltelt közel három évtized alatt – köszönhetően az üzemeltető Nyugat-dunántúli Vízügyi Igazgatóság által végzett méréseknek – lehetőség volt a változások nyomán követésére (Szilágyi és Clement 2013, Hatvani és társai 2017, Clement és társai 2019). A Kis-Balaton legfőbb működési paraméterének az összes foszfor eltávolítás hatékonyságát tekinthetjük, melyre a Zala befolyó és elfolyó szelvényében mért anyagáramokból van információnk. A mérések mutatják, hogy a kezdeti magas eltávolítás nem tért vissza, sőt egyes tározóterekben előfordul negatív mérleg is. A változás elsődlegesen a Zalán érkező (külső) terhelés alakulásával magyarázható: a felülvizsgálat időszaka-hoz képest harmadára, a tervezéskori állapothoz képest több mint 90%-kal esett vissza a 2000-es évek elejére. A Zala vízgyűjtőn bekövetkezett változások a Balaton szempontjából mindenképpen pozitív hatásúak, azonban szembe kell nézni a ténnyel, hogy a Kis-Balaton, mint természetes „szűrőrendszer” kapacitása véges, a tározók elsődleges szerepe a nagy árvizekkel érkező terhelés megfogásában van. A rendszert a terhelésre adott válasz szempontjából a következő szabály jellemzi: a foszfor (P) visszatartás a külső terheléssel arányos, ha az lecsökken, a tározó nemlineáris módon P-kibocsátóvá is válhat. A további eredményes működés kulcsa a folyamatos nyomon követésen alapuló okos üzemeltetésben rejlik.

#### **A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében (NKFP, 2002-2006)**

A kilencvenes évek végétől a következő évtized végéig sorozatban támadó árvizek a Duna és Tisza vízgyűjtőjén ráirányították a figyelmet az árvízi kockázatok számítására és az ezzel kapcsolatos modellezési igényekre. Kifejlesztettünk egy úttörő jelentőségű modellt, az ARES-t – az első hazai osztott paraméterű hidrológiai modellt –, amely hazai viszonylatban először alkalmazott távérzékelési adatokat a talaj, a területhasználat, a domborzat és a radar észlelések mezzőrzési információinak feldolgozásával. Kiemelkedően gyors megoldási algoritmus lehetővé tette több tízezer km<sup>2</sup>-es területek (pl. Felső-Tisza) szenarioanalízisét. Az ARES-be építettünk elárasztási algoritmust, valamint először 1D és 2D modell-kommunikációt. A modellrendszert sikerrel alkalmaztuk a Cigándi- és a Beregi VTT (Vásárhelyi Terv Továbbfejlesztése) tározók megalapozó számításainál. Először végeztünk folyóvíz szinten a Tisza hazai szakaszán, külföldi vízgyűjtő területek bevonásával kockázatelemzést, amelyben a VTT változatok mellett széles spektrumban elemeztük a további töltésemelés, illetve természetközeli árvízszabályozási változatok (mélyárterek) kockázati hatásait. A modellrendszerbe épített 1D Saint-Venant modell alkalmazásával megalapoztuk a tározó működés optimális megvalósítását. Az eredmények hasznosultak más nemzetközi projekteknél és a doktori kutatásokban is (Koncsos L. és Balogh 2007).

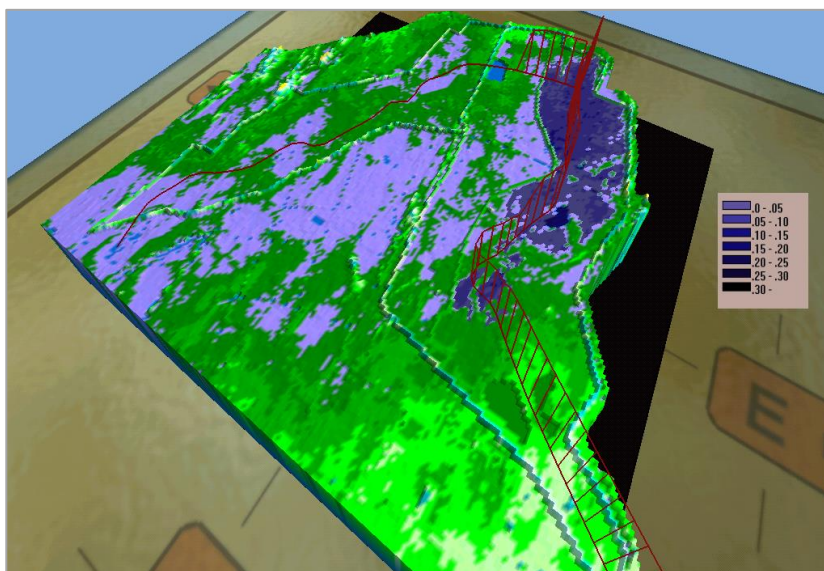


10. ábra. A Kis-Balaton vízvédelmi rendszer és jellemző átfolyási áramképe (Somlyódy 2018)  
 Figure 10. The Kis-Balaton water protection system and its flow pathways (Somlyódy 2018)



11. ábra. A foszfor (P) visszatartás előrejelzéséhez használt dinamikus modell felépítése (balra) és igazolása mért adatokkal (középen). A kilépő anyagáram a beérkező terhelés függvényében a tározórendszer globális P anyagforgalmának jellemzése, a működés szempontjából eltérő időszakokban (jobbra) (Somlyódy 2018)

Figure 11. Structure of the dynamic model used to predict P retention (left) and its verification with measured data (middle). Total P balance of the system in different operational periods represented by outflow P flux as a function of the incoming load (right) (Somlyódy 2018)



12. ábra. A Cigándi tározó megalapozó elárasztási számításai az ARES 1D-2D modell kombinációjának alkalmazásával (Koncsos L. 2006)

Figure 12. Preliminary inundation ARES 1D-2D coupled model simulations for the emergency flood reservoir at Cigánd (Koncsos, L. 2006)

#### ***A vízszint változásának hatása a Balaton ökológiai állapotára (BALÖKO, 2005-2007)***

A Balaton-kutatás Somlyódy professzor vezetése alatt vált a tanszéki munkák szerves részévé. A Balaton Európa egyik legfontosabb üdülőtava, Közép-Európa legnagyobb állóvize, limnológiai és vízminőség-szabályozási szempontból számos egyedi tulajdonság hordozója. A tavat alapvetően két, egymástól nem független probléma jellemzi: (i) az eutrofizálódás és (ii) a szélsőséges éghajlati viszonyokból adódóan a vízszintcsökkenés veszélye.

Somlyódy László nevéhez fűződik az 1980-as években kidolgozott vízminőség-szabályozási stratégia (Somlyódy és van Straten 1986), melynek megvalósításával a Balaton külső tápanyagterhelése jelentős mértékben csökkent és ennek eredményeként a tó eutrofizálódása is számottevően visszaszorult (Istvánovics és társai 2007). Az ezredfordulón azonban újabb kihívással kellett szembenézni. Három egymást követő aszályos évben a tó természetes vízkészlet-változása negatív irányba fordult és 2003-ra riasztóan alacsony vízállás alakult ki a tóban. Megoldásként felvetődött a vízpótlás kérdése. Válaszként Somlyódy és társai (2003) „Tenni vagy nem tenni” címmel széleskörű elemzésekkel igazolták, hogy a Balaton akkori ökológiai állapota nem igényelt vízpótlást. Ugyanakkor a tanulmány felhívta a figyelmet az elővigyázatosságra, jelezve a kis vízállások növekvő előfordulási valószínűségét.

Az egy évvel később elnyert NKFP 3B022-2004: „A vízszint változásának hatása a Balaton ökológiai állapotára” (BALÖKO, 2005-2007) hároméves kutatási program célja az éghajlatváltozás komplex hidrológiai és ökológiai hatáselemzése volt. A munkában Somlyódy László akadémikus irányítása alatt több tanszéki és az MTA Vízgazdálkodási Kutatócsoport munkatársai vettek részt, a koordinátor az MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézet volt. A dekompozíció és az aggregáció elvét követő módszertan (Somlyódy és van Straten 1986) alkalmazása során az alábbi főbb lépéseket végeztük el:

- Az éghajlati forgatókönyveket globális és regionális éghajlati modellek segítségével állítottuk elő a Balaton térségére;
- A lefolyás és a tápanyagterhelés számítására – a rendelkezésre álló adatok területi és időbeli felbontása által meghatározottan – különböző, fizikai alapú, osztott paraméterű vízgyűjtő modelleket alkalmaztunk;
- A tó vízszintváltozásait a múltbeli megfigyeléseken alapuló statisztikai modellből vezettük le, amelyben éghajlati kutatások alapján figyelembe vettük a főbb paraméterek várható változásait;
- Az élővilágot a főbb társulásokkal (fitoplankton, zooplankton, makrofiton stb.) jellemeztük és mérésekre alapozva egymást kiegészítő modelleket alkalmaztunk: például az alga esetében újszerű, egyszerű populációdinamikai közelítést és kétdimenziós hidrodinamikai és transzport modellt, valamint anyagforgalmi egyenletekre épített, a térben kialakuló finom mintázat vizsgálatára alkalmas eljárást fejlesztettünk;
- A modellfejlesztéshez és azok igazolásához hosszú idejű megfigyelési adatsorokat és a projektben végzett méréseket használtunk. A környezeti változók (napsugárzás, szélsébség, levegő- és vízhőmérséklet, lebegőanyag koncentráció) és az algák mennyiségének és fajösszetételének mérését (DF módszer) a Keszthelyi-medencében felállított mérőállomáson végeztük. A hínár elterjedésének elemzéséhez egyed alapú modellt fejlesztettünk.
- A módszereket – a forgatókönyvek által meghatározott módon – lehetséges jövőbeni változások elemzésére és kívánatos stratégiák kidolgozására használtuk.

#### ***Hálózatrekonstrukció K+F (2004-2008)***

2004 és 2008 között egy hiánypótló kutatás-fejlesztési programot hajtottunk végre 27 víziközmű üzemeltető szervezet támogatásával és együttműködésével. A projekt és annak eredményei szakmai szempontból jelentős előrelépési lehetőségeket rejtettek magukban, azonban a 2008-as

gazdasági válság, az üzemeltető szervezeti struktúra átalakulása, majd ezt követően a rezsisökkentés olyan forráshiányt teremtett az ágazatban, hogy a projektben meghatározott hosszútávú célkitűzések megvalósítása illuzórikussá vált. Mindenesetre a projekt lelkének számító műszaki informatikai fejlesztések eredményei azért átszivárogtak a gyakorlatba és ennek következtében a víziközmű ágazat számára az e-közmű 2012-es bevezetése nem jelentett komoly megrázkódtatást. A projekt főbb eredményei a következők voltak:

- csőanyag vizsgálatok,
- alkalmazási ajánlások,
- rekonstrukciós stratégiák,
- informatikai fejlesztések.

Egy igen fontos kimenete a projektnek az volt, hogy a BME VKKT a projektben résztvevő cégekkel egyetértésben úgy határozott, hogy az elkészült szoftvercsomagot ingyenesen elérhetővé teszi minden érdeklődő számára.

#### **Mélyégi vizek tisztítására alkalmas komplex technológia kidolgozása (GVOP, 2005-2007)**

Konzorciumvezető: BME VKKT, külső partnerek: Szegedi Tudományegyetem Kolloidkémia Tanszéke, BWT & CHRIST Hungária Kft., Hajdú-Bihari Önkormányzatok Vízmű Zrt.

A 201/2001-es Kormányrendelet bevezetésével a mélyégi vizek minőségével kapcsolatos legégetőbb probléma Magyarországon a vizek arzén és ammóniumion tartalma lett. A három éves kutatómunka során több száz laboratóriumi kísérlet, és két helyszínen folytatott, több hónapig tartó félüzemi kísérletsorozat végrehajtására került sor. Az arzénmentesítés során főként a koagulációs technológiát vizsgáltuk, továbbá adszorpciós technológiával kapcsolatos kísérletek is történtek. Ammónium mentesítésre a zeolitos adszorpció mellett a törésponti klórozásos technológia biztonságos alkalmazhatóságát is vizsgáltuk.

Az arzénmentesítés vizsgálata során feltártuk, hogy mely vízminőségi paraméterek befolyásolják jelentős mértékben az arzén oldott-szilárd fázisátmenetét a koagulációs technológia alkalmazása során. A laboratóriumi vizsgálatokat részben szintetikus modelloldatokkal, részben valós, arzént tartalmazó vizekkel hajtottuk végre (ez utóbbi vizsgálatokat jellemzően a helyszínen végeztük). Az arzén oxidációs száma, a vizek orto-foszfát ion koncentrációja, a szilikát, valamint a szervesanyag tartalma bizonyult a legjelentősebb befolyásoló tényezőnek. A poharas kísérletek mellett félüzemi vizsgálatokat is végrehajtottunk, melyek célja az arzéntartalmú csapadék szűrésével kapcsolatos egyes kérdések tisztázása volt (pl. elérhető szűrésési határfok, keverés szerepe, szűrő visszaöblítések gyakorisága).



10. kép. A félüzemi arzénmentesítő kísérleti berendezés beüzemelése (Fotó: Laky Dóra)  
Photo 10. Preparation for starting the arsenic removal pilot scale experiments (Photo by Dóra Laky)

#### **Savas csapadék hatása a felszíni vizekre**

Az ENSZ EGB az 1980-as évek közepén hozta létre a "Convention on Long Range Transboundary Air Pollution" elnevezésű nemzetközi együttműködési programot. Ennek egyik részfeladatát teljesíti az "International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes" nevet viselő alprogram. A munkacsoportban nyugat-, észak-, közép-európai és észak-amerikai országok, valamint Oroszország vesznek részt. A rendszeres, minden évben megrendezésre kerülő közös konferenciákon és munkacsoport üléseken a feladat megoldásában résztvevő tagországok szakértő képviselői:

- értékelik az előző évben végzett vizsgálataikat, egyeztetik az alkalmazott módszereiket,

- új módszereket dolgoznak ki (pl. légköri eredetű savasodás jelzése biomonitoringgal),
- kezdeményezik az európai és az észak-amerikai felszíni vizek savasodási állapotának és légköri eredetű savasodásra való érzékenységének térképezését,
- javasolják az említett régiókra vonatkozó egységes adatbázis kialakítását.

A 90-es években lényeges haladást értek el az észak-amerikai és az észak-európai államokban a légköri eredetű nitrogénterhelés modellezésében. A munkacsoport 2006-tól magyar javaslatra a Víz Keretirányelv (EU VKI) figyelembevételével bővítette tevékenységét. A munkacsoport működése a környezetvédelem nagy térségre kiterjedő sikertörténete, ugyanis az előrejelzések és javaslatok

figyelembevételével megvalósított beavatkozások nyomán a 2000. évtől a felszíni vizek pH értékének korábbi csökkenése megszűnt, majd növekedésnek indult. Magyarországot a munkacsoportban kezdetben a VITUKI Vízműszervelet Intézete, majd 1998-tól a BME VKKT képviselte a Csórréti-tározó, mint nemzetközi mintaterület rendszeres vizsgálatával. A rendszeres anyagi támogatás megszűnését követően (2009-) a BME VKKT szünetelteti a munkacsoportban történő közreműködését.

#### ***Kommunális szennyvizek kémiai előkezelése (1999-2008)***

A városi szennyvizek biológiailag könnyen bontható komponensei elsősorban oldott állapotú szerves anyagok. A vízben rosszul oldódó szerves anyagok csaknem kivétel nélkül a biológiailag nehezen, vagy nagyon nehezen bontható anyagok csoportjába sorolhatók. Könnyű belátni, hogy a lebegőanyagok lehető legnagyobb mértékű eltávolítása a biológiai tisztítási fokozatot megelőzően jelentősen meggyorsíthatja a levegőztető medencében lejátszódó lebontási folyamatokat. Amennyiben a felszíni vizek tisztításában széleskörűen használt koagulációs (esetleg még a flokkulációs) folyamatokat alkalmazzuk, a levegőztető medencébe nagyrészt csak a könnyen bontható szerves anyagok jutnak el, melyek lebontása lényegesen kisebb oxigén mennyiséget igényel, mint a nehezen bontható lebegőanyagoké. Az ammóniumionok nitrifikációja kisebb iszapkor mellett valósítható meg, ha kis lebegőanyag koncentrációjú szennyvíz lép be a levegőztető medencébe. Az előülepítő medence előtt megvalósított koaguláció (esetleg flokkuláció is) a szennyvíz szerves lebegőanyagainak döntő részét ülepíthetővé teszi már az előülepítőben. Lényegesen megnő a nyersiszap mennyisége, melynek következtében rothasztó jelenléte esetében nő a keletkező biogáz mennyisége, egyúttal a kisebb levegőztetési igény energiamegtakarítást tesz lehetővé. A biogáz képződés növelése idegen anyagok rothasztóba történő betáplálása nélkül is megvalósítható. A kémiai előkezelés hátránya, hogy a szimultán denitrifikáció alkalmazása esetén csökken a nitrát eltávolítás határfoka, több iszap képződik és vegyszereket kell alkalmazni. Laboratóriumi vizsgálataink mellett féléves, üzemi vizsgálatokra is sor került – nem mindig ideális körülmények között –, melyek kedvező eredményekkel zárultak gazdaságossági

szempontból is. A részben kutatás-fejlesztési támogatások, részben víziközmű vállalatok megbízásainak teljesítése során nyert eredmények felhasználásával a VKKT-n két PhD disszertáció is készült.

#### ***Nagyvárosi szennyvíztisztító próbaüzeme és üzemoptimalizációja (1999-2001)***

A tanszék és a víziközmű szolgáltatók közötti szoros kapcsolatot az ezredfordulót követő években jól reprezentálják az FCSM Zrt-vel közös projektek. Központilag finanszírozott kutatási feladatok megoldásában történő együttműködés mellett a tanszék több célfeladat megoldásában is együttműködött az ország egyik legnagyobb víziközmű szolgáltatójával. Felkérésre a VKKT elvégezte az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep csatornahálózata kijelölt szakaszainak részleges környezetvédelmi felülvizsgálatát, elsősorban a kellemetlen szaghatások okainak meghatározására koncentrálna. A csatornahálózatban gyűjtött gázminták elemzési adatainak értékelése alapján meghatározásra került azon vegyületek egy része, melyek elsősorban felelősek a lakossági szennyvizek elvezetése során képződő bűzös anyagok megjelenéséért. A következő lépésben sor került az Észak-pesti Szennyvíztisztító Telep teljeskörű környezetvédelmi felülvizsgálatára is, folytatva a kellemetlen szaghatások okainak és mérséklésük lehetőségeinek feltárását. A XX. század utolsó éveiben nagyszabású korszerűsítésre került sor az FCSM Zrt. Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepén, melynek próbaüzemi működtetésének ellenőrzésére felkérték a VKKT-t. A tanszék a feladat megoldásába bevonta a BME VBK egyik tanszékét is. A próbaüzemi időszakban a VKKT munkatársai nagyszámú vizsgálatot végeztek különböző üzemállapotok mellett. A vizsgálati időszak túlnyúlt a kötelező próbaüzemi időszakon. A nagyszámú mérési eredmény kiváló lehetőséget biztosított a nappali képzésben résztvevő néhány hallgató diplomamunkájának elkészítéséhez, továbbá a tanszék több PhD hallgatója nagyon jól fel tudta használni a különleges körülmények között végzett vizsgálatok eredményeit később elkészített disszertációjában. Bár az adott szennyvíztisztító telep méretei lényegesen nagyobbak, mint az átlagos hazai szennyvíztisztítóké, a vizsgálati eredmények egy része közvetlenül hasznosítható volt a tananyag-korszerűsítés során is.



11. kép. A Dél-Pesti Szennyvíztisztító Telep (Fotó: FCSM)  
Photo 11. The South-Pest Wastewater Treatment Plant (Photo by FCSM)



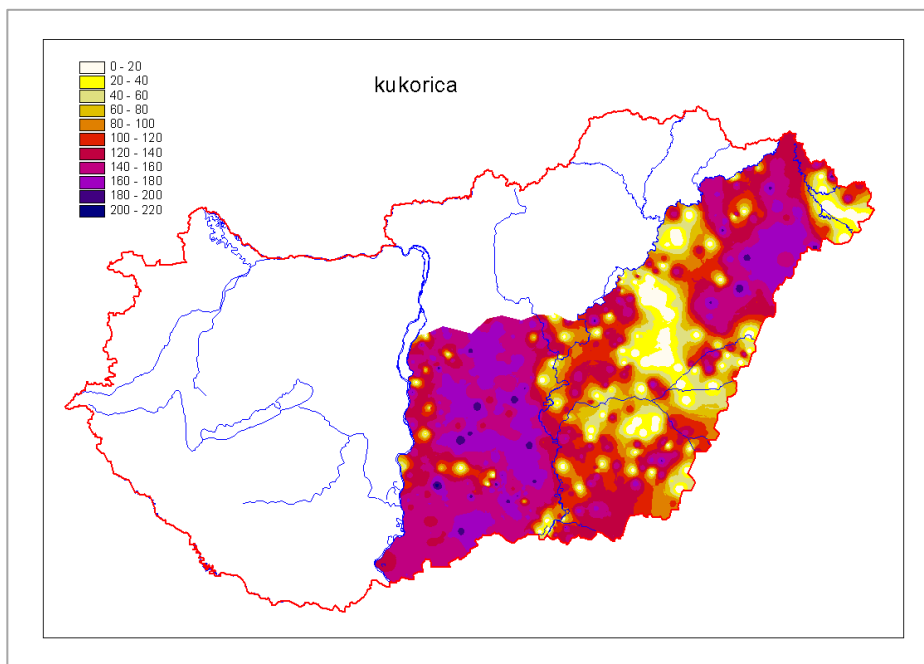
### Kutatási projektek Koncsos László tanszékvezetése alatt

#### SCENES projekt (Water Scenarios for Europe and for Neighboring States, SCENES, 2008-12, EU)

Résztevők: Finnish Environment Institute, Helsinki, University of Kassel, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Universidad Politecnica de Madrid, Madrid, Stichting Waterloopkundig Laboratorium, Delft Hydraulics, Delft, Natural Environment Research Council, Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, Alterra, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, Warsaw Agricultural University, Baltic Environmental Forum, Tallinn University, Ecole National du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Montpellier, International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies – Mediterranean Agronomic Institute of Bari.

A SCENES projekt a Tisza-medence természetes vízkészleteinek alakulását vizsgálta 2027-ig minden részletre kiterjedő, biztos alapokon nyugvó forgatókönyvek kidolgozásával. A vizsgálati terület tartalmazta a Tisza Szeged fölötti vízgyűjtőjét. A projekt forgatókönyvei referencia-ként alkalmasak arra, hogy a Magyarország vízkészleteit

érintő fejlesztési tervek kidolgozása során felhívják a döntéshozók és érintettek figyelmét a felmerülő vízkészlet problémákra, mint például az aszályosság fokozódása. A SCENES által kifejlesztett forgatókönyvek a gazdasági fejlődés és a környezeti szabályozás tengelyei mentén relevánsak a jövőbeni trendeket befolyásoló hatások számszerűsítésére. A SCENES projekt terméke kettős: vízminőségi és vízmennyiségi forgatókönyv. A vízminőségi forgatókönyvek részleteiben következetes képet adnak arról, – figyelembe véve a kibocsátási modelleket – hogy hogyan alakulnak a vízkészletek Magyarország különböző részein 2027-ig. A mennyiségi forgatókönyvek, amelyeket korszerű számítógépes modellek segítségével hoztunk létre, számszerű információval egészítették ki a minőségi forgatókönyveket, korábban figyelembe nem vett trendeket és dinamikákat mutatva fel. A minőségi forgatókönyv-elemzés a vízminőség ökológiai és hidrológiai vonatkozásaira összpontosított, különös tekintettel a VKI követelményeire. A projektben először került alkalmazásra a háromfázisú talajzóna nedvességtranszport egyenlete, a Richards egyenlet országos léptékben, az aszályosság mértékének leírására.



13. ábra. A tenyészidőszaki vízhiány [mm] kukorica haszonnövény esetén (a szenáriókban az éghajlati változások következtében változó vízkészlet problémát tártuk fel 2027-ig) (Koncsos L. 2008)

Figure 13. Growing season water deficit [mm] for maize crop (in the scenarios, the problem of changing water availability due to climate change until 2027 is explored) (Koncsos, L. 2008)

#### WateRisk projekt: Jövőképtől a vízkészlet-kockázatig (NKFIH, 2009-2011)

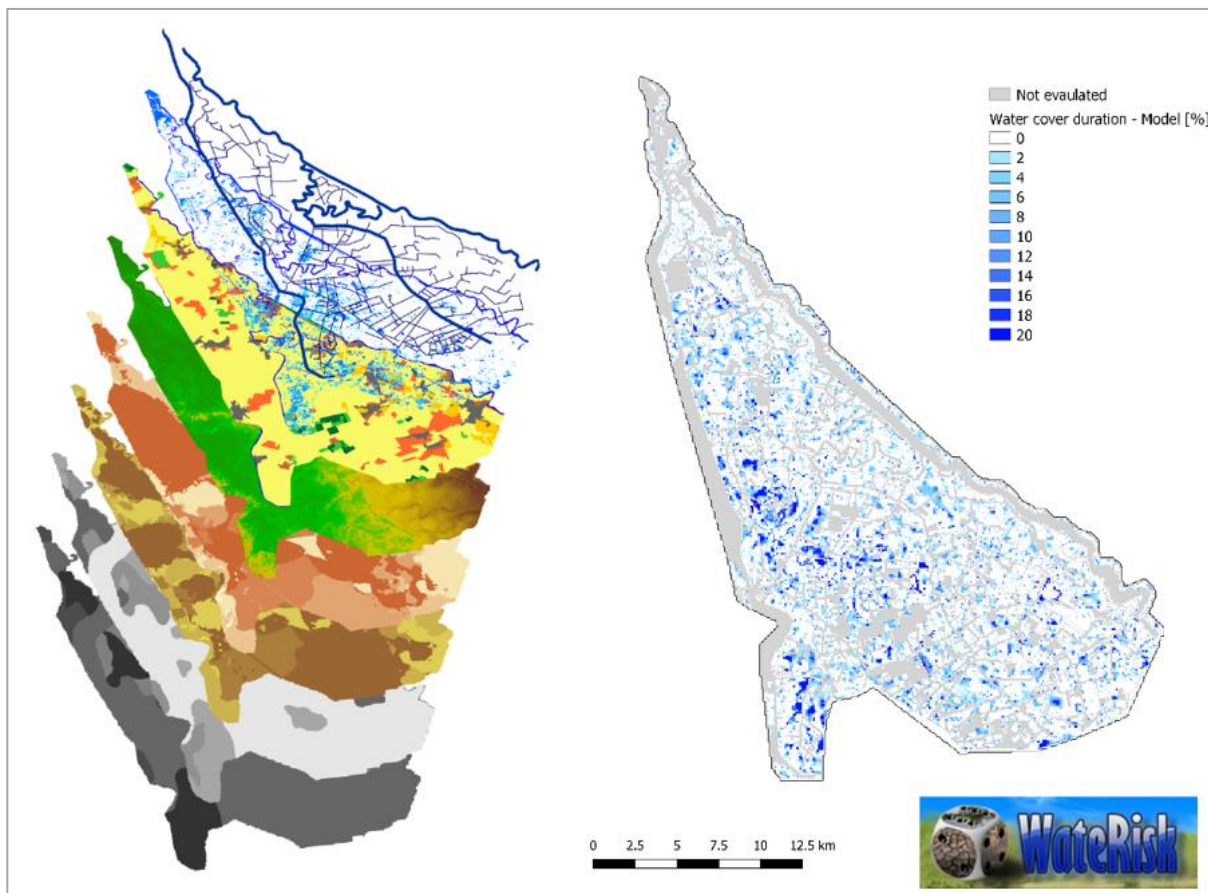
Az Alföldön egyik legfontosabb kihívás a szélsőséges hidrológiai helyzetek kezelése (árvíz, belvíz, aszály). Az éghajlatváltozással fokozódó „sok víz-kevés víz” problémakör nem csak vízügyi, hanem egyben területhasználati, gazdasági, társadalmi és ökológiai kérdés is. Egy ehhez igazodó átfogó megoldás érdekében az öt partneres WateRisk projekt egy integrált, felhasználóbarát döntéstámogató rendszer kidolgozását és tesztelését tűzte ki célul. Ennek központi eleme egy saját fejlesztésű integrált hidroló-

giai modell és a hozzá kapcsolt hozambecslő modulok. A döntéstámogató rendszerrel végzett több évtizedes forgatókönyvek elemzése lehetővé tette a hidrológiai szélsőségek kockázatalapú értékelését.

A rendszert több hazai mintaterületen teszteltük: belvíz-veszélyeztetettség és kockázattérképezés a Szamos-Kraszna-közben, a klímaváltozás és a vízpótlás hatásai a Duna-Tisza közti Homokhátságon, vízvisszatartás és elárasztások a nagykorú mélyártérben és az ökológiai fókuszterületek kijelölésének alternatívái a Marosszögben.

A projekt több szempontból is úttörő munka volt. Elsőként alkalmaztunk osztott paraméteres hidrológiai modellt a belvíz szimulációjához. Szintén az elsők között végeztünk el hazai területeken átfogó ökoszisz-

téma-szolgáltatás elemzést, amelynek része volt a környezeti folyamatok (vízállapotok, attól függő biológiai produkció) becslése és az erre épülő közgazdasági értékelés is.



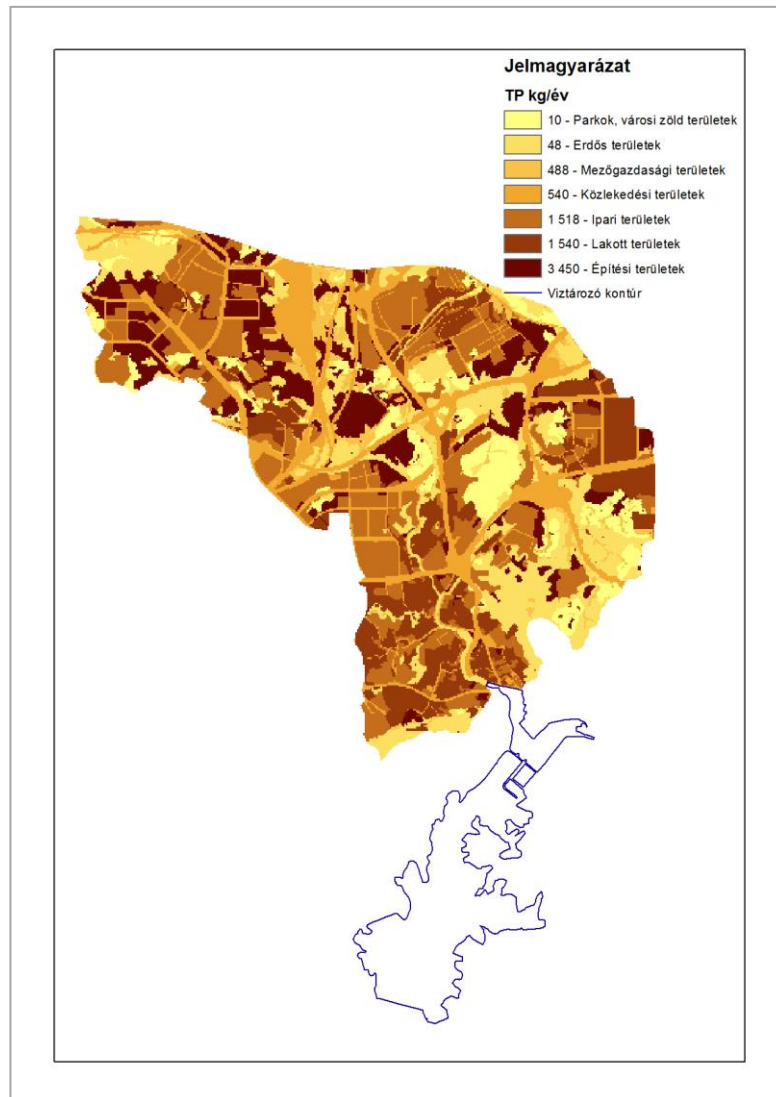
14. ábra. Hidrológiai modellezés során felhasznált környezeti adatok (vízfolyás hálózat, belvíz fedvény, felszínborítás, domborzat, talajtan és sekényföldtan) köre (balra) és a szimulációs úton előállított belvíz-veszélyeztetettség térkép (jobbra) a Szamos-Kraszna köz belvízvédelmi rendszerre (Kozma 2019)

Figure 14. Environmental input data for hydrological modelling (river and channel network, inland excess water coverage, land use and land cover, topography, soil and geological conditions; left) and the simulation-based inland excess hazard map (right) for the Szamos-Kraszna Interfluve (Kozma 2019)

#### **ENVISHEN projekt (TÉT, 2011-2013)**

A projekt a kínai Shenzhen város és a városon átfolyó Shawan folyó tápanyagterhelését vizsgálta a diffúziós eredetű szennyezés modellezési becslésével, valamint a Shawan árvíz kockázati hatásait elemezte, a nagy lebegőanyag terhelés miatt megfigyelhető feliszapolódás következtében. Szorosan kapcsolódott a vizsgálatokhoz a kb. 10 millió ember ivóvízellátását szolgáló, Shenzhen mellett fekvő tározó havária okozta vízminőség romlásának elemzése, amely a Shawanon bekövetkező havária miatt felléphet. A vizsgálatok modellezési alapját az ARES modell képezte, amely tápanyagterhelési modulokkal egészült ki. Shenzhen a térség leghatalmasabb és legdinamikusabban fejlődő megapolisza több mint 10 millió lakossal, és mintegy 2000 km<sup>2</sup>-es kiter-

jedéssel. Jól elkülöníthetően kiterjedt belvárosias centruma, hatalmas iparterületei és a dinamikus fejlődő lakóövezetek, külvárosok jellemzik. A Shawan folyó vízgyűjtője is hasonló képet mutat, azzal a különbséggel, hogy ezen a vízgyűjtőn a területek részaránya eltér a város egészére jellemző arányoktól. Diffúz terhelések szempontjából domináns szerepet játszanak a nagy kiterjedésű fejlesztési területek, melyekről a megnövekedett erózió miatt jelentős tápanyagterhelés léphet fel. Szintén kiemelkedő jelentőségűek azok a területek, melyeken ipari tevékenységet folytatnak, ugyanis innen is jelentős terhelés várható. Hasonlóan kiemelhető a közlekedési területek kimagasló részaránya. A projekt hasznos információkat szolgáltatott a vízminőségi- és árvíz kockázatok csökkentésével kapcsolatban.



15. ábra. A Shawan folyó (Kína) vízgyűjtőjén számított összes-foszfor terhelés (Koncsos L. 2013)  
Figure 15. Total phosphorus load calculated for the Shawan River (China) (Koncsos, L. 2013)

#### **Közreműködés az Ivóvíz-minőség javító programban (IMJP) (2007-2015)**

Az IMJP megvalósítása során kiemelt figyelmet kellett fordítani az arzén és az ammóniumionok eltávolítására. Az ammóniumionok megfelelő mértékű csökkentésére két – kifogástalannak nem tekinthető – eljárás széleskörű alkalmazására került sor: a mikrobiológiai oxidációra (nitrifikáció) és a törésponti klórozásra. Ez utóbbi esetben nagyon gyakran egészségügyi szempontból káros fertőtlenítési melléktermékek képződésére került sor. Egy közepes lakosságú város új víztisztító üzemének átadása csaknem meghiúsult az egészségügyi hatóság utólagos AOX koncentrációt érintő kifogásai miatt. A fővállalkozó megbízásából a BME VKKT részletes vizsgálatokat végzett a fertőtlenítési melléktermékek csökkentése érdekében. Ennek eredményeként kijelölésre került az a mélységi vizet kitermelő kút, melynek vízminősége alkalmatlan a törésponti klórozásra, valamint kiderült a kivitelező csalafintasága (az aktív-szén adszorber 1 m vastagságú töltetének nagy része ásványi anyag volt). Egy megyeszékhelyen létesített vízmű minden szempontból korszerűnek tekinthető vas-,

mangán- és ammóniumion eltávolítási technológiája – némi tervezési pontatlanság miatt – csak rendkívüli üzemeltetési nehézségek mellett volt működtethető. A BME VKKT körültekintő vizsgálati eredményei és korábbi tapasztalatai alapján kétféle víztisztítási technológiára történő bővítést javasolt, melynek megvalósítását követően a működtetési problémák megszűntek. A BME VKKT a továbbiakban is figyelemmel kíséri az adott víztisztítási technológia működtetését és a tapasztalatokat minden oktatási formában (nappali, szakmérnöki) messzemenően felhasználja.

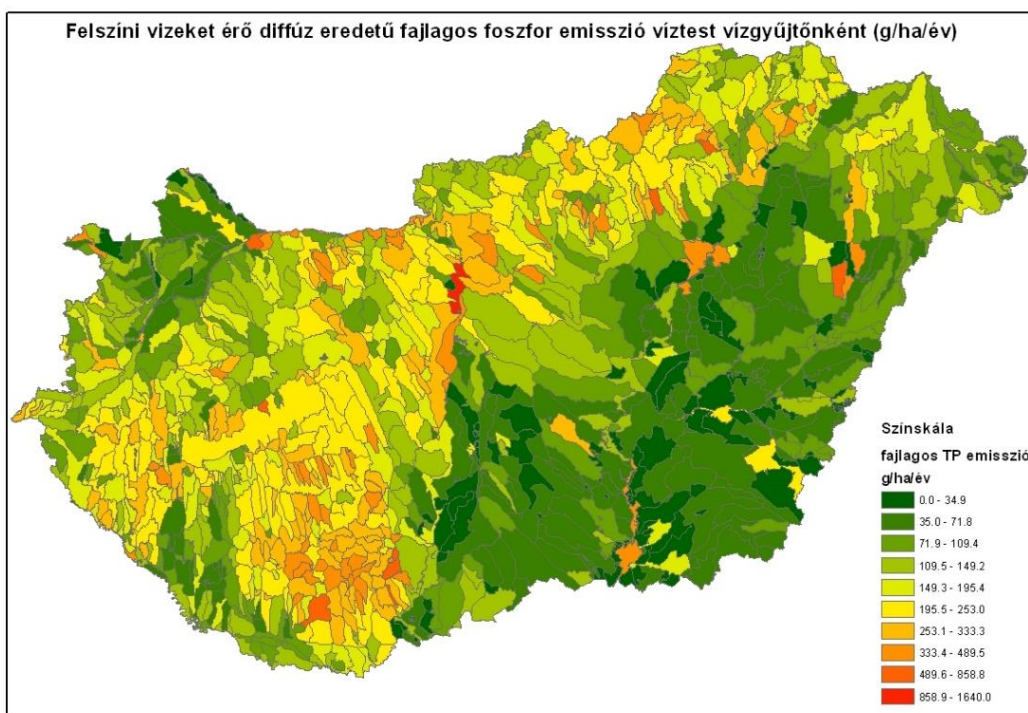
Az említett két példa mellett több egyéb ivóvíztisztító rendszer megvalósulásában közreműködtünk: volt ahol a tervek véleményezése volt a feladatunk, egy másik projekt esetében még a tervezési fázis előtt kértek tőlünk szakvéleményt azzal kapcsolatban, hogy mely ammóniumion-mentesítő eljárást javasoljuk az adott településen, és volt olyan együttműködésünk, ahol a már megvalósult vízkezelők üzemeltetésével kapcsolatban lépett fel probléma, és a technológiák optimalizálására kértek fel bennünket.

**Diffúz tápanyagterhelés modellezése (2014-2021)**

Az EU Víz Keretirányelv (VKI) előírja a felszíni vizek jó ökológiai állapotának elérését, mely a közel ezer hazai felszíni víztest többségét érinti. A beavatkozások tervezéséhez fontos információt jelent, hogy nem-pontszerű forrásokból hol, mekkora tápanyagterhelés jut a felszíni vizekbe. Közvetlen mérési lehetőség hiányában a diffúz terhelés meghatározása modellszámításokkal végezhető. Az Országos Vízügytő-gazdálkodási Terv első felülvizsgálatához (VGT2) a MONERIS (Behrendt 2003) modellel készítettünk országos becslést. A számítás térbeli alapegysége a víztestek vízgyűjtője, ami lehetővé teszi az emissziók területi diverzifikálását. A modellt a későbbiekben a hazai viszonyokra továbbfejlesztettük és a számításokat megismételtük a Nitrát Direktíva által szükségessé váló vizsgálatokhoz, majd az Országos Vízügytő-gazdálkodási Terv második felülvizsgálatához (VGT3) is, különböző számítási időszakokra. A nagy adatigényű modellezési feladat különböző tér- és időléptékben rendelkezésre álló területi, hidrometeorológiai és antropogén forrásokra vonat-

kozó adatok térinformatikai feldolgozását igényelte. Egyes folyamatokhoz külön almodelleket építettünk (pl. lefolyás, erózió számítására). A modellt 62 db hazai kis és közepes vízgyűjtőn validáltuk (Jolánkai és társai 2020).

A modell segítségével a tápanyagtranszport szempontjából domináns terjedési útvonalak meghatározhatók, ezáltal a terheléscsökkentő beavatkozások jobban tervezhetők. Továbbá lehetőség nyílik a természetes háttérterhelés és az antropogén hatások elkülönítésére. A folyamatok megismerése mellett a modell forgatókönyv elemzéseket is lehetővé tesz, melyekben jövőbeni gazdálkodási és klimatikus tényezők szerepét is figyelembe véve vizsgáltuk a beavatkozási lehetőségek (pl. eróziócsökkentés, műtrágyázás korlátozása, csatornarendszerek tározókapacitásának növelése) eredményességét. A munka folytatásában a terhelésszámításokat az uniós és a hazai szabályozásban egyre nagyobb figyelmet kapó ún. veszélyes anyagokra (gyógyszermaradványok, növényvédő szerek, ipari kémikáliák) is kiterjesztjük.



16. ábra. A fajlagos összes foszfor emissziók térbeli eloszlása Magyarországon a 2009-2012-es időszakra (Jolánkai és társai 2015)

Figure 16. Specific total phosphorus emissions in Hungary for the 2009-2012 period (Jolánkai et al. 2015)

**Felszín alatti vizektől függő ökoszisztémák vízigénye (2004-2023)**

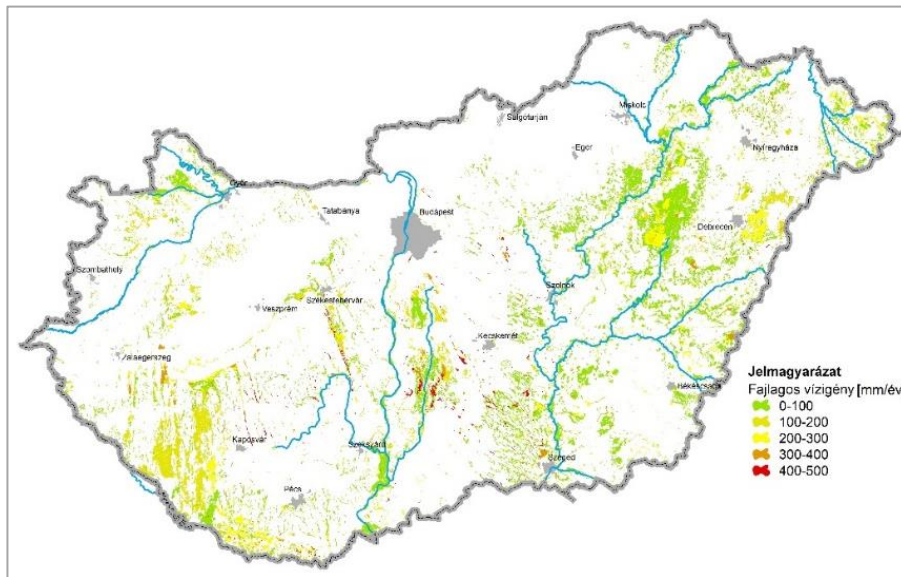
Az EU Víz Keretirányelv (VKI) újfajta, ökológikus szemléletet hozott a hazai vízgazdálkodásba, ami a felszín alatti vízkészletekkel való gazdálkodást is új alapokra helyezte. Tudatosult a szakmában, hogy egyrészt a vízkivételek ökológiai hatásaival foglalkozni kell, másrészt az emberi vízhasználatoknak nem csak a megújuló készletek korlátossága szab határt, hanem a felszín alatti vizektől függő ökoszisztémák (FAVÖKO) vízigényének is meg kell jelennie a vízkészlet-gazdálkodási mérlegben.

A FAVÖKO-k talajvízforgalmát és vízellátottságát lokális (pl. kállósemjéni Nyárjas lág, Kőérberki szikes rét),

vízigényét táji (pl. Nyírség, Rétköz), majd országos léptékben – a Vízügytő-gazdálkodási Tervben és első felülvizsgálatában – is vizsgáltuk. Az eltérő térléptékek eltérő megközelítést és módszertant igényeltek, de közös elemként mindegyik mögött részletes, a felszín alatti talaj- és talajvíztér szivárgási folyamatait leíró, részben saját fejlesztésű matematikai modellek álltak. Szimulációk sokaságán keresztül elemeztük, hogy különböző környezeti adottságok mellett a talajvíz szintje és dinamikája hogyan befolyásolja az élőhelyek hidrológiai viszonyait. Az eredmények térbeli kiterjesztésével pedig felszín alatti víztest léptékben kaptunk képet a vízkészlet-gazdálkodást meghatározó ökológiai talajvízigenyről.

A kidolgozott módszerek erőssége, hogy átjárhatóságot teremtenek az ökológia élőhelyek vízigényére vonat-

kozó tapasztalati tudás és a vízkészletek igénybevételének modellezésen alapuló számszerűsítése között.



17. ábra. A valószínűsíthetően FAVÖKO élőhelyek foltjai és fajlagos talajvízigényük (Ács és Kozma 2016)  
Figure 17. Presumably groundwater dependent habitats in Hungary and the estimated water demand of these ecosystems (Ács and Kozma 2016)

### Talajtani elemzések (2013- )

A felszíni és felszín alatti hidrológiai folyamatok szempontjából meghatározó jelentősége van a vízgyűjtők talajtani adottságainak. A talajtani adatbázisok térbeli és tematikus fejlődése jelentősen javítja a hidrológiai modellek bemenő adatellátottságát, ami látszólag a paraméterkalibráció jelentőségét is csökkenti. Ugyanakkor a talajtérképek és a hidrológiai modellek is bizonytalanságokkal terhelték, így a „több adat” nem feltétlenül jelent „megbízhatóbb” eredményt.

A témakör vizsgálata érdekében a Talajtani Kutatóintézet (ELKH TAKI) együttműködve tanszékünk egy évtizede végez elemzéseket. Ennek egy fontos állomása volt a Szabó Brigitta (ELKH TAKI) vezette OTKA KH124765 kutatás (2017-2019), amelynek célja a magyarországi talajokra alkalmazható talajhidraulikai előrejelzési módszerek kidolgozása és 3D talajhidraulikai térképek készítése volt 100 m-es felbontásban a Balaton vízgyűjtőjére. Az előállított térképek megbízhatóságát hidrológiai (SWAT) és szivárgáshidraulikai (Hydrus-1D) modellek, valamint a Balaton vízgyűjtőjéről származó monitoring adatok segítségével teszteltük.

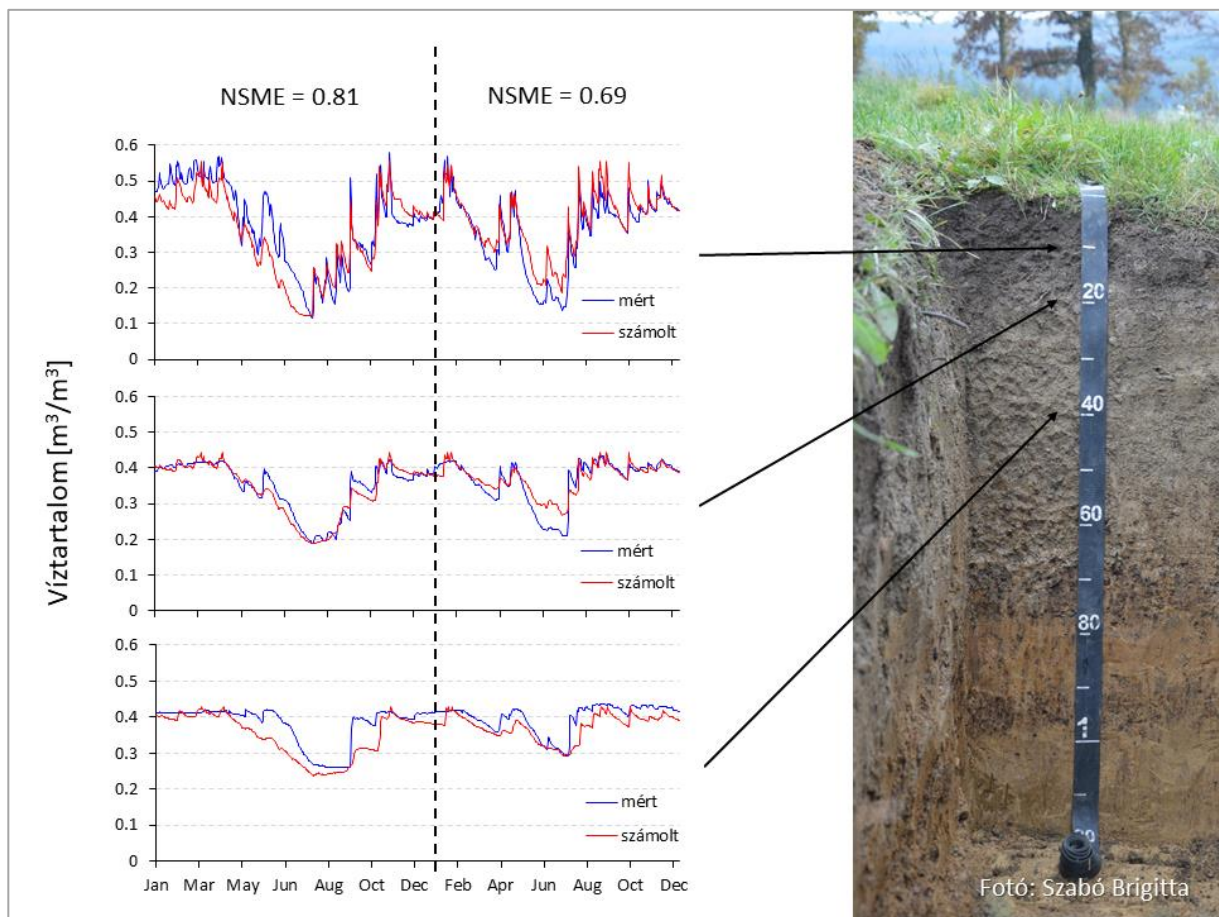
A 18. ábra a kutatásban résztvevő Manninger Miklós (Soproni Egyetem) által Szalafőn üzemeltetett meteorológiai és talajnedvesség monitoring pontra mutatja be a saját fejlesztésű keretprogram segítségével beállított Hydrus-1D modell eredményeit. Az első év – kalibráció, a második év – validáció. Az ábrán feltüntetett NSME (Nash-Sutcliffe modellhatékonysági mutató) minél nagyobb, annál jobb a mért és számított idősorok egyezése; a maximuma 1. A jelenleg is zajló talajtani vizsgálatok alapján a talajtan-hidrológia kapcsolat pontosabb megértését, a számítások javulását várjuk.

### Ökoszisztéma-szolgáltatások számszerűsítése – NÖSZTÉP (Agrárminisztérium, 2016-2020)

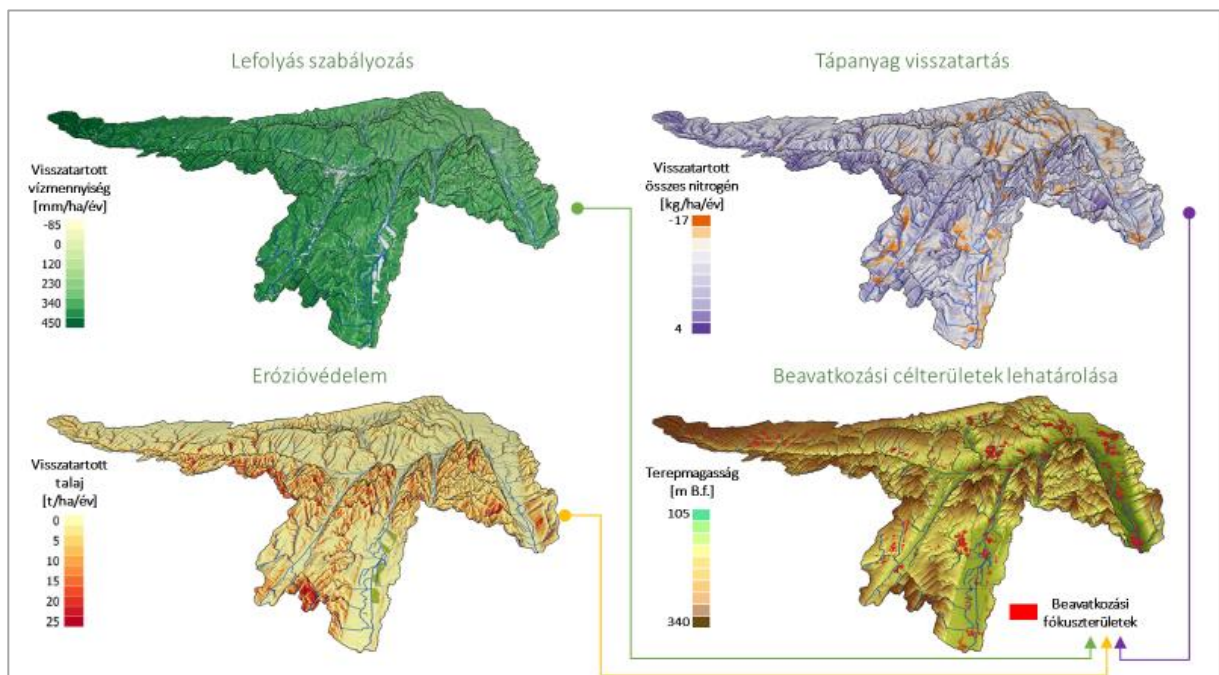
A természeti tőke számszerűsítése, értékelése régóta kihívást jelent a kutatótársadalomnak, ugyanakkor az ezredforduló után bemutatott ökoszisztéma-szolgáltatások (ÖSz) keretrendszere előrelépést jelentett. Számos interdiszciplináris elemzés keretében kezdtek el a természeti és a társadalmi rendszerek közötti kapcsolatokkal foglalkozni. Az ÖSz a 2010-es évekre a fenntarthatósági tematikájú vizsgálatok egyik vezető irányává vált. Az EU Biodiverzitás Stratégia 2020 kötelezően előírta a tagállamok számára, hogy térképezzék fel az ökoszisztéma-szolgáltatásokat. Ezt hazánk a Nemzeti Ökoszisztéma-szolgáltatások Értékelése és Térképezése Projektben valósította meg.

A projekt jelentős vízgazdálkodási vonatkozással bírt: dedikált munkacsoportban értékeltük a hidrológiai és vízminőségi vonatkozású ökoszisztéma-szolgáltatásokat (aszálmérséklés, árvízvesztés-csökkentés domb- és síkvidéken, eróziókontroll és diffúz tápanyagok szűrése). A munkacsoportban térinformatikai indikátorok fejlesztésével és integrálásával Magyarországot lefedő aktuális és potenciális ÖSz térképeket hoztunk létre a témában érintett diszciplínák vezető kutatóival.

A Zala vízgyűjtőn az országonál részletesebb elemzést végeztünk el. Különböző adatigényű, metodikájú, megbízhatóságú módszerekkel számszerűsítettük az ökoszisztéma-szolgáltatásokat. Célunk volt, hogy az aktuálisan rendelkezésre álló ÖSz térképezési eljárásai között meghatározzuk az átjárhatóságot, preferenciákat. Emellett lehatároltuk azokat a területeket, melyek aktuális terület-használati viszonyai gyenge ökoszisztéma-szolgáltatást nyújtanak, ezért alkalmas helyszínei lehetnek célzott ÖSz-t javító beavatkozásoknak.



18. ábra. Mért és számított talajnedvesség idősorok (balra) és feltárt talajszelevény (jobbra) Szalafőn (Kozma és társai 2019)  
 Figure 18. Measured and simulated soil moisture time series (left) and the excavated soil profile at Szalafő (right)  
 (Kozma et al. 2019)

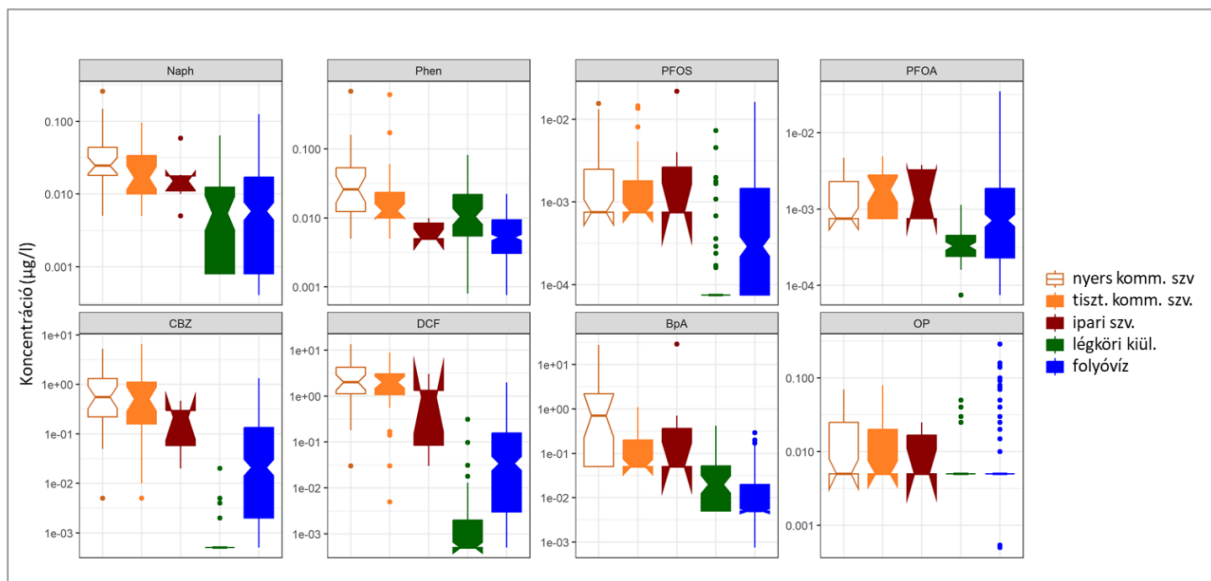


19. ábra. A Zala vízgyűjtőn végzett lehetséges beavatkozási területek lehatárolásának eredményei az ökoszisztéma-szolgáltatások térképezése alapján (Decsi és társai 2020, 2022)  
 Figure 19. Results of the delineation of possible intervention areas in the Zala watershed, based on mapping hydrological ecosystem services (Decsi et al. 2020, 2022)

### Veszélyes anyagok a Duna vízgyűjtőn (Danube Hazard, 2020-2023)

Az elmúlt évtizedekben – elsődlegesen a szennyvíz infrastruktúra fejlesztésében tett erőfeszítéseknek és a mezőgazdasági tápanyaghasználat mérséklésének köszönhetően – a vizek terhelése csökkent. A vízminőségi problémák azonban továbbra is jelen vannak a Duna vízgyűjtőn és a VKI céljaként megfogalmazott ökológiai jó állapot elérését akadályozó tényezők közt továbbra is kiemelten szerepel a tápanyagterhelés. A 21. század újabb problémák felismerése felé fordította a figyelmet. Az EU VKI az emberi egészségre és az élővilágra kockázatot jelentő veszélyes anyag szennyezettséget a legfontosabb megoldandó vízminőségi problémának nyilvánította. A Duna Transznacionális Program által támogatott Danube

Hazard m3c („Veszélyesanyag szennyezés kezelése a Duna vízgyűjtőjén, méréssel, modellezéssel alapuló szabályozással és kapacitásépítéssel”) projektben 2020-2023 között 14 Duna vízgyűjtőn fekvő országból 11 projekt partnerrel és 12 stratégiai partnerrel dolgoztunk együtt. A kutatás célja a veszélyes anyagok forrásainak és terjedési útvonalainak azonosítása és ezt segítő modellezéssel alapuló forgatókönyv elemzés a Duna-medencére. A módszertan a tápanyagforgalom tanulmányozásához hasonló megközelítéssel alapult, a különböző léptékű (mintaterületi és a teljes Duna-medencét magában foglaló) modellezés mellett egy célzott, a súlyos adathiányt pótló mintaterületi monitoring program megvalósításával is kiegészült, melynek célja a költségkímélő mérési koncepció demonstrálása volt.



20. ábra. Szerves mikroszennyezők koncentrációja különböző közegekben (Kardos és társai 2023)  
Figure 20. Concentrations of selected micropollutants across different pathways (Kardos et al. 2023)

A dobozdiagramok egyes szerves mikroszennyezők (Naph – naftalin, Phen – fenol, PFOS, PFOA – perfluoroktán szulfonát és perfluoroktánsav, CBZ – karbamazepin, DCF – diklofenák, BpA – biszfenol-A, OP – oktilfenol) különböző közegekben (WW muni raw/treat – tisztítatlan/tisztított kommunális szennyvíz, WW indu treat – ipari szennyvíz, AD – légköri kiülepedés-csapadékvíz, RIV – folyóvíz) mért koncentrációit mutatják a Dunában és a hét mintaterületi vízgyűjtőn végzett mérések alapján.

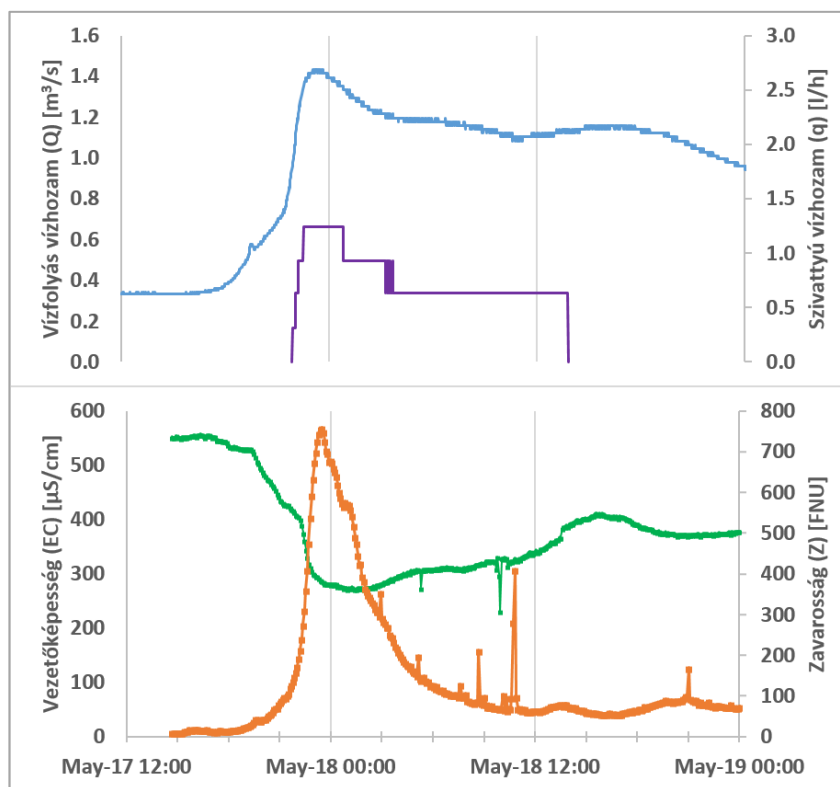
### Kisvízfolyások vízminőségének mintavétellel kiegészített online monitorozása

Vízfolyásaink minőségének rendszeres vizsgálata közel hatvanéves múltra tekint vissza. A hagyományos monitoring rendszerek általános jellemzője, hogy a mintavételekre egyenletes időközönként, a kapacitásoktól függő rendszerességgel kerül sor és a mérések a víztest koncentrációk meghatározására irányulnak. Az ilyen programok elsődlegesen a vizek állapotértékelését célozzák; hiányosságuk, hogy nem nyújtanak elegendő információt a terhelésekről, a szennyezési forrásokról és a kibocsátási útvo-

nalakról, ezáltal nem teszik lehetővé a folyamatok vízgyűjtő szintű megismerését.

A technológia mai szintjén a legtöbb vízminőségi jellemző nem mérhető folytonosan, hanem mintamérésre és laboratóriumi analitikai munkára van szükség a paraméterek meghatározásához. Lehetséges azonban egyszerűbb jellemzők, ún. proxy változók (szenzoroson mérhető paraméterek, mint az elektromos vezetőképesség, oldott oxigén, hőmérséklet, zavarosság stb.) online mérése, ezek változása indikátora lehet a körülményesebben mérhető vízminőségi jellemzők (pl. összes lebegőanyag, összes iontartalom stb.) változásának.

A tanszékünkön folyó kutatási munka keretében olyan műszert fejlesztünk, mely képes a vízfolyásban a fent leírt online mérhető állapotjellemzők értékének függvényében mintát venni. Az így vett minta laboratóriumi elemzése a minősített események alkalmával mérhető koncentrációkra ad információt, lehetővé téve ezzel a terhelések pontosabb számszerűsítését és támogatva a vízgyűjtő léptékű modellezést (Budai és társai 2020).



21. ábra. Vízfolyás vízhozam (kék), mintavevő edénybe szivattyúzott vízhozam (lila), elektromos vezetőképesség (zöld) és zavarosság (narancssárga) változása a Zagyva-patak Nemti szelvényében 2021. májusában. Látható, hogy a vezetőképesség az árhullám elején hirtelen lecsökken (oldott anyagok koncentrációjának csökkenése), valamint, hogy az árhullám első része szállítja a lebegőanyag döntő hányadát („first flush”) (Kardos és társai 2023)

Figure 21. The change of river flow (blue), pump discharge (purple), electric conductivity (green) and turbidity (orange) at Zagyva, Nemti, May of 2021. The figure shows how the electric conductivity decreases as the river flow increases (due to the decrease of the concentration of dissolved compounds), meanwhile turbidity increases (due to „first flush”) (Kardos et al. 2023)

#### Vízátteresztő burkolatos pályaszerkezetek tervezési alapjainak kidolgozása (2019- )

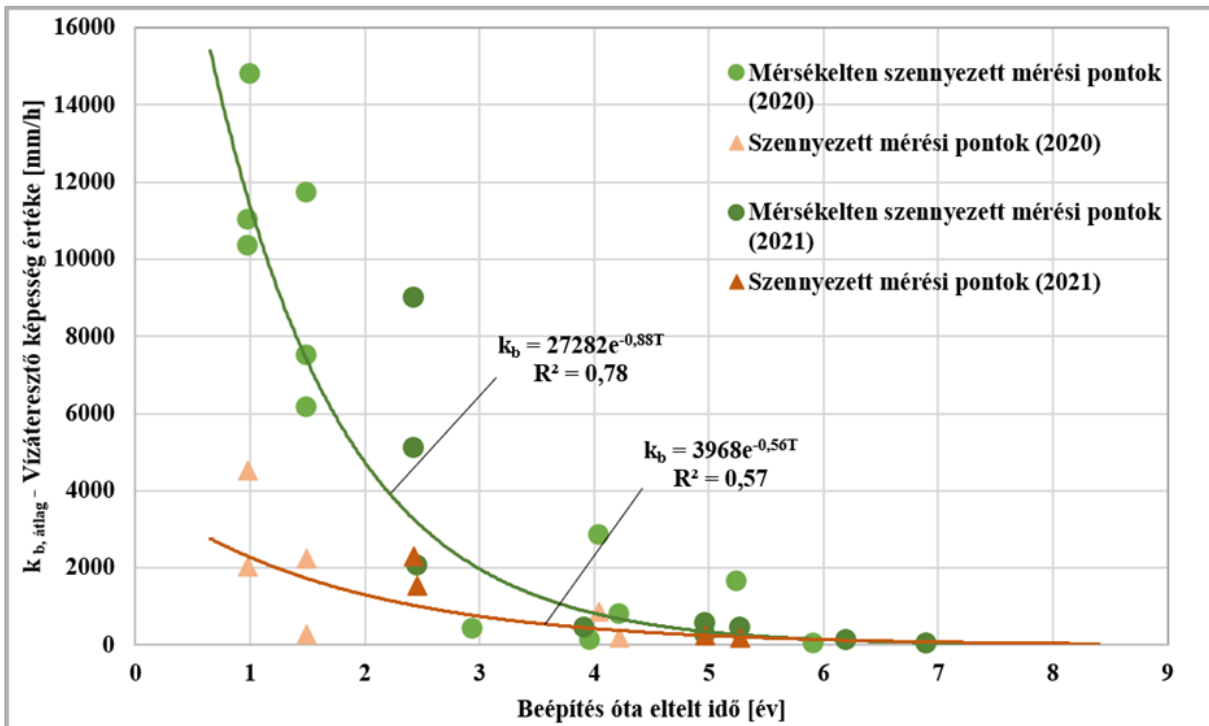
A vízátteresztő burkolatokat egyre gyakrabban alkalmazzák városi felületek kialakítására világszerte és hazánkban egyaránt, mivel a vízzáró anyagok kiváltása hozzájárul az éghajlatváltozás okozta negatív hatások mérsékléséhez. A vízátteresztő burkolatok a csapadék-víz-gazdálkodást támogató kék-zöld infrastruktúra-rendszerek egyik eszközeként segíthetnek a városi vízgyűjtőre lehullott csapadékvizek visszatartásában, párolgtatásában, valamint a talajba való beszivárogtatásában, csökkentve ezzel a lefolyó csapadékvíz mennyiségét és javítva a helyi mikroklímát.

A tanszéken aktívan foglalkozunk a vízátteresztő burkolatos pályaszerkezetek tervezési alapjainak megteremtésével. A tanszéken dolgoztuk ki a 2022 decemberében hatályba lépő Kiselemes Burkolatok Útügyi Műszaki Előírásában (továbbiakban: ÚME) (Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2022) a vízátteresztő térkő szerkezetek hidrológiai méretezéséhez kapcsolódó részt. Emellett vizsgáljuk a vízátteresztő burkolatok felszíni vízátteresztő képesség csökkenésének időbeli folyamatát és az ehhez kapcsolódó mérési módszereket. A burkolatok eltömődési ütemének ismeretében azok tisztítására és karbantartására vonatkozó javaslatok a későbbiekben segíthetik az üzemeltetési és fenntartási munkákat.

#### Projekt Patziger Miklós tanszékvezetése alatt Tiszta Ivóvíz: a biztonságos ellátás multidiszciplináris értékelése a fogyasztókig (2019- )

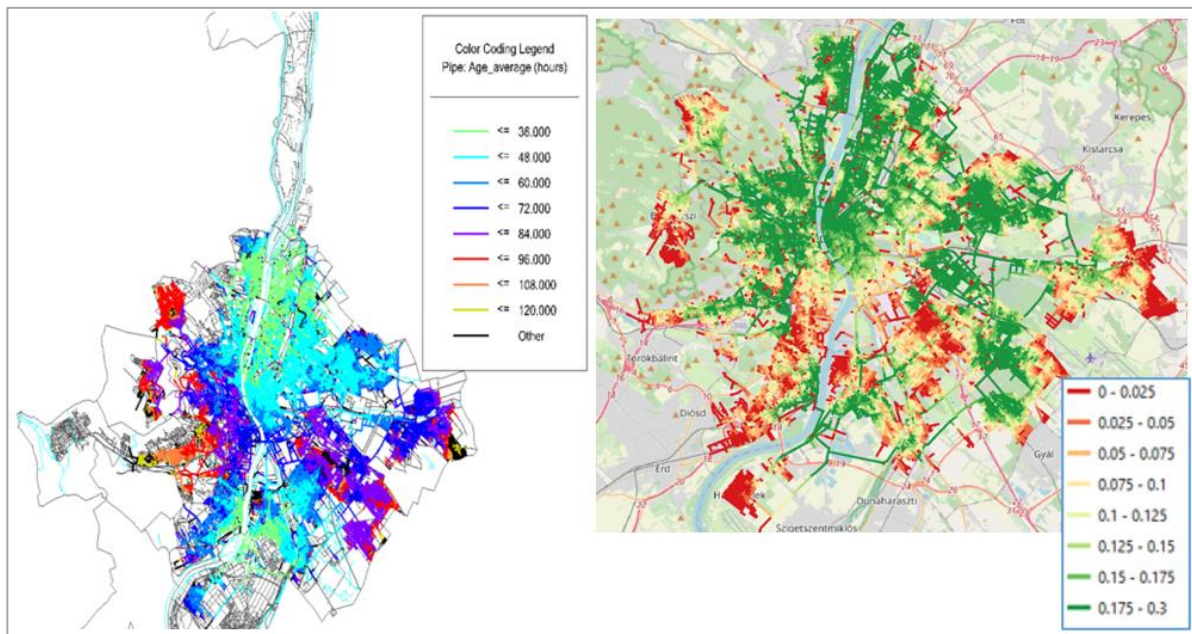
Az Eötvös Loránd Kutatási Hálózat Ökológiai Kutatóközpontja (ELKH ÖK) vezette konzorciumi projekt fókuszában a Budapest ivóvízellátását biztosító, a Dunától a fogyasztói csapokig tartó teljes rendszer áll. A kutatás részeként rendszeres mintavétel történik a termelés és a szállítás útvonalán, beleértve a Dunát is. Az elvégzendő vizsgálatok az ivóvíz minőségét veszélyeztető tényezők feltárását célozzák. Az alapvető fizikai, kémiai és mikrobiológiai méréseken túl sor kerül többek között a vízminőséget meghatározó baktériumközösségek és antibiotikum-rezisztens szervezetek meghatározására, valamint a szerves mikroszennyezők, például gyógyszermaradványok és bomlástermékek kimutatására. Ezáltal a vizsgálatok megmutathatják, hogy a hálózati vízben kimutatott szennyezők jelentenek-e kockázatot a fogyasztók egészségére. Szintén lehetővé válik a vízminőség hosszútávú modellezése különböző klímaváltozási forgatókönyvek alapján. Az adatok kiértékelésével, a szükséges modellek lefuttatásával és a kockázatelemzések elvégzésével meghatározásra kerülnek a rendszerben fellelhető kockázati pontok és beavatkozási lehetőségek. Tanszékünk a hálózathidraulikai modell építésével, a vízminőségi számítási modul fejlesztésével járul hozzá a projekt sikeréhez. A modell által számított tartózkodási idők alapját képezik a kémiai (23. ábra) és biológiai lebomlási folyamatok számításának. A modell igazolását online klórmérésekkel végeztük el.





22. ábra. Az öntött gumi burkolatok felszínének időbeli eltömődését leíró görbe szennyezett és mérsékeltlen szennyezett mérési pontok esetében (Budapest) (Strausz és társai 2023)

Figure 22. Descriptive curve of temporal clogging differentiated by the amount of pollution, in case of mold rubber surfaces (Budapest) (Strausz et al. 2023)



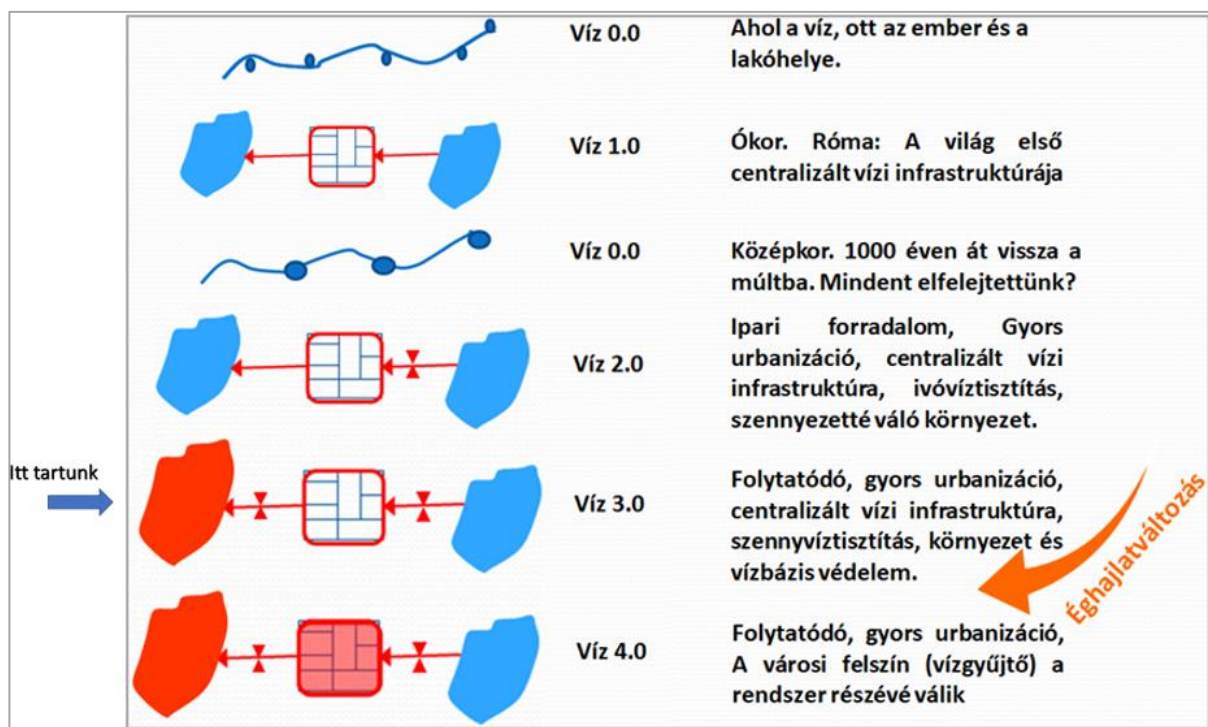
23. ábra. Aktív klór koncentráció mg/l mértékegységben (jobb oldali ábra) és tartózkodási idők órában (bal oldali ábra) (Bibok és társai 2021)

Figure 23. The active chlorine concentrations in mg/l unit (right side) and residence times in hours (left side) in the drinking water distribution system (Bibok et al. 2021)

### A hidrodinamikai modellezéstől a települési csapadékvíz-gazdálkodásig

A tanszék számítástechnikai kapacitásának nemzetközi szintű fejlettségre hozása közben jelentkezett az a paradigmaváltás a fejlett világ országában, aminek a lényegét így fogalmazhatjuk meg: a víz egyszerű elvezetése helyett/mellett a csapadékvízzel való gazdálkodást kell előtérbe helyezni. A szemléletváltás hajtóereje az éghajlat

kedvezőtlen irányú, trendszerű változása. A vízbázistól a víztermelésen, az elosztáson, a szennyvíz gyűjtésén és tisztításán át a természetes befogadóig húzódó rendszer kiegészül a városi vízgyűjtővel, és ezt már nemcsak természeti adottságként kezeljük, hanem aktívan alakítjuk, befolyásoljuk a vízgyűjtőn lezajló hidrológiai folyamatokat is (Víz 4.0), ezzel átvezetve a települési vízgazdálkodást az innovatív szférába.



24. ábra. Evolúciós lépések a városi vízi infrastruktúra rendszerének fejlődésében (Buzás és társai 2021)  
 Figure 24. Evolutionary steps in the development of the urban water infrastructure system (Buzás et al. 2021)

A változás, mint ismeretes, a szélsőséges időjárási helyzetek – közöttük a csapadék éven belüli mintázatának módosulása – előfordulási gyakoriságának növekedésével jellemezhető. A következmények három területen jelentkeznek: (i) A tervezési bizonytalanság eddig nem ismert mértéke, azaz a múltbeli csapadékszámok statisztikai kiértékelése már csekély információértékű a mértékadó csapadék kiválasztásához, különösen a tervezendő csatornarendszerek élettartamának figyelembevételével, (ii) a tervezés és a beavatkozás tárgyává válik a hálózat mellett a városi vízgyűjtő is, és (iii) a csapadékvíz hasznosításánál kritikus tényezővé válik a felszíni lefolyás szennyezettségének ismerete, illetve annak csökkentési lehetőségei.

Befejezés előtt áll az éghajlatváltozást is figyelembe vevő csapadégenerátor számítógépes program, aminek alkalmazásával a bizonytalanság mértéke csökkenthető. Már a 2010-es évek elején kutatási eredményeket értünk el a közlekedési felületekről lefolyó víz szennyeződésével (TPH, PAH-ok és nehézfémek) és annak eltávolításával kapcsolatban. Jelenleg futó LIFE projektek keretében a városi vízgyűjtő hidrológiai válaszát módosító, az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodóképesség növelését szolgáló tervezési feladatokat oldunk meg, tározók és beszívárogató létesítmények elhelyezésével.

#### Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium – VVNL (NKFIH, 2022-2026)

A BME Építőmérnöki Karának két vizes tanszéke meghatározó szerepet vállal a VVNL projektet megvalósító 11 partneres konzorciumban. A hazai egyetemek és kutatóintézetek részvételével futó Nemzeti Laboratórium fő célja, hogy bővítse a víztudományok terén meglévő tudást és kompetenciákat, valamint válaszokat biztosítson a hazai vízkészleteket érintő fő kihívásokra.

Magyarország elhelyezkedését és vízgazdálkodását figyelembe véve a konzorcium olyan víztudományi és vízbiztonsági kutatásokat kíván megvalósítani, melyek hozzájárulnak a vízkészletek állapotának javításához. A kutatási tevékenységek 6 fő pillér, azon belül összesen 40 alprojekt mentén zajlanak, érintve a folyók, a tavak, a felszín alatti vizek, a városi vízgazdálkodás és a vízgyűjtő-gazdálkodás kérdéseit. Tanszékünk 3 pillérben, azon belül 8 alprojektben vesz részt. Az 5. pillér tanszéki vezetéssel keresi a válaszokat a települési vízgazdálkodás néhány korábbi problémájára.

#### 4A: A vízgyűjtő szintű távérzékelés idősorok alkalmazása a talaj-víz-növény rendszerben (VKKT résztvevő partner)

Az alprojekt keretében a Tisza-völgy paradigmaváltó vízgazdálkodási stratégiájának átfogó vizsgálatát és az ahhoz szükséges módszertani fejlesztéseket végezzük el. Az elemzés kiterjed a hazai Tisza-völgy nagy részét lefedő síkvidéki vízgyűjtő területekre, alapja az elérhető hidrometeorológiai adatok feldolgozása, térinformatikai elemzés és az ezekre épülő hidrológiai-hidrodinamikai modell-szimulációk. A vizsgálat kulcselemei: (i) az Alföld vízmérlegének elemzése a klímaváltozás, és a jelenlegi vízgazdálkodási doktrína kölcsönhatásában; (ii) a vízmérleg egyensúlyának javítása a Tisza árvízi vízkészleteinek bevonásával; (iii) a természetes működésnek megfelelő vízkormányzási megoldásokra támaszkodó megközelítés; (iv) a vízvisszatartás a mélyártéri és a mélyfekvésű területeken, a talajvízkészlet utánpótlása.

#### 4B: Területi és települési vízgyűjtők vízforgalmának hidrológiai optimalizálása (VKKT résztvevő partner)

Települési, városi környezetben a beszívárgási folyamatoknak és a talajok nedvességforgalmának komoly sze-

repe van. Jelentőségéhez mérten a téma hazai és nemzetközi téren is kevésbé kutatott. Ezért az alprojekt résztvevőjeként terepi beszivárgás mérésekkel, valamint szabadtéri és koncentrált csapadékterhelésekre vonatkozó talajszelvény szintű víz- és anyagforgalmi modellszimulációk elvégzésével tervezünk hozzájárulni a kérdéskör jobb megértéséhez.

*5A: 5G alapú csapadékmérés fejlesztése városi környezetben (VKKT vezető partner)*

A csapadék területi változékonysága miatt a jelenleg üzemelőnél lényegesen sűrűbb mérőhálózatra van szükség, például a csapadécsatornák hidrodinamikai szimulációjához. Az 5G a nagyobb frekvenciája miatt az esőcseppek méretéhez hasonló nagyságrendű hullámhosszon működik, ezért a csapadék szignifikánsan zavarja a sugárzást, azaz jelerősség-csökkenést okoz. A világon jelenleg több helyen is elindultak az 5G alapú csapadékmérésre irányuló kutatások. A jelerősség-csökkenés és a csapadékkintenzitás összefüggése területenként különböző, a csapadék klímafüggése miatt. Kevés kutatás alapul modemek használatán és nagy felbontású billenőkanalas méréseken. A modemes mérés költséghatékony, a nagy felbontású billenőkanalas mérő pedig saját fejlesztés.

*5B: Csapadékvíz-gazdálkodást támogató hálózatmodellezés (VKKT vezető partner)*

A kutatás a városi csapadékvíz-gazdálkodással foglalkozik. Ezen belül a kulcsfontosságú felszíni előntések (urban flood) hidrodinamikai modellezése, előrejelzése a cél. A modellezéshez és előrejelzéshez áramlás- és csapadékmérésekre van szükség. A csapadék területi változékonysága miatt az OMSZ nagy térbeli és időbeli felbontású, radaros csapadékmérési eredményeit használjuk, valamint kihelyezünk saját fejlesztésű IoT csapadékmérőket is. Múltbeli, mozgó csapadékterhelések hatására bekövetkező felszíni lefolyás és csatornában áramlás szimulációja eredményeként számolhatók a felszíni (nem elnyelt és kiöntött) víztérfogatok. A csatornahálózat vízkormányzási helyein az áramlási viszonyokat meg lehet változtatni. Több beavatkozási helyszín, beavatkozási beállítási lehetőség és a lehetséges beállítási értékek folytonossága miatt nem lehetséges az összes esetleges változat szimulációs futtatása és az eredmények összehasonlítása. Mesterséges intelligencia (MI) használatával a szimulációs futtatások bemeneti paraméterei meghatározhatók, az eredmények értékelhetők és a beavatkozások optimalizálhatók.

*5C: Hatékony szennyvíztisztítás (VKKT vezető partner)*

A szennyvíztisztító telepek technológiai egységeinek hatékonyságnövelése jelenleg nemzetközi szinten is nagy kutatási igényre tart számot, mert a jelenleg használt tervezési irányelvek évtizedekkel ezelőtti mérési eredményeken alapulnak. A kis beruházási igényekkel járó javítási lehetőségekkel szignifikáns mértékben javíthatjuk a szennyvíztisztító telepek mechanikai tisztításának hatékonyságát, ami egyaránt kedvező a tisztítási költségek és a befogadói vízminőség szempontjából. Az 5C alprojekt célkitűzése ezen javítási lehetőségek tudományos megalapozása.

*5D: Ivóvíztechnológiai kutatás-fejlesztési feladatok a 2020/2184 Irányelv előírásainak biztosítására (VKKT vezető partner)*

Az 5D alprojekt célja a 2020/2184-es uniós irányelvben található, és a 2023 januárjában már a hazai szabályozásban is megjelent (5/2023. sz. Kormányrendelet) ivóvízre vonatkozó szigorúbb határértékeknek való megfelelésre való felkészülés. Kutatásunkban elsősorban az ólom és klorátion problémára koncentrálnunk, mert a hazai határértékek szigorodása ezen két komponens tekintetében számos ivóvízellátó rendszert érintenek.

A klorátion elsősorban a nátrium-hipokloritot alkalmazó vízkezelő technológiákhoz kapcsolódóan jelenik meg, és különösen azon rendszerek érintettek, ahol a törésponti klórozás során jelentős mennyiségű nátrium-hipoklorit alkalmazására kerül sor. A szakmai munka keretén belül felvettük a kapcsolatot több hazai szolgáltatóval és elkezdve a közös munkát, a klorátion mennyiségének minimalizálását célzó kutatási programot határoztunk meg.

*6C: A vízgyűjtő-gazdálkodási módszerek fejlesztése (VKKT résztvevő partner)*

A vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés számos ponton támaszkodik a víztestek vízgyűjtőinek hidrológiai viszonyaira, a felszíni és felszín alatti lefolyásra, az erózió, tápanyag és egyéb szennyező emissziók ismeretére, ugyanakkor jelenleg az országban nincs felépítve olyan integrált modell, mely képes a hidrológiát, a területi hordalék- és szennyezőanyag transzportot országos léptékben egységesen kezelni. Az alprojektben végzett munkánk célja a legalkalmasabb modellezési megközelítés (modell) kiválasztása és ennek országos (akár a teljes vízgyűjtőre kiterjedő) megvalósítására történő ajánlás megfogalmazása. A kutatás során piaci forgalomban kapható, illetve szabad hozzáférésű modell-rendszereket tesztelünk domb- és síkvidéki mintaterületi szinten. Szintén vizsgáljuk a talajhidrológiai adatok egy újszerű értékelési módszerét, a vízmérleg alapú vagy funkcionális kategorizálást. Ennek lényege az, hogy a talajok csoportosítása nem közvetlenül azok elsődleges/másodlagos tulajdonságai, hanem hidrológiai eseményekre adott válaszaik alapján történik.

*Lépések az éghajlatváltozáshoz alkalmazkodó városi csapadékvíz-gazdálkodási rendszerek irányába: LIFE – Városi Eső projekt (LIFE in RUNOFF, LIFE20 CCA/HU/001774, 2021-)*

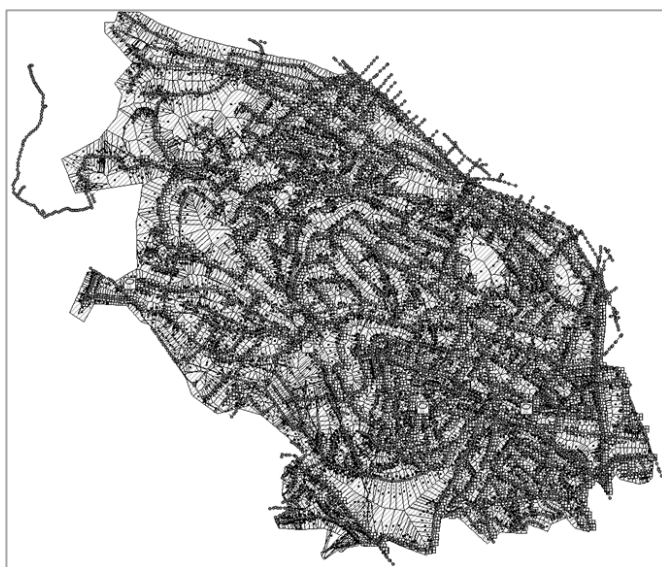
A 2021-ben indult, részben európai uniós forrásból megvalósuló LIFE – Városi Eső projekt (LIFE in RUNOFF, LIFE20 CCA/HU/001774, varosieso.hu) Budapest klímastratégiájában kitűzött célokkal összhangban a városok éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodását támogatja. A projekt fő célkitűzései közé tartoznak

1. az éghajlatváltozásnak leginkább kitett hatásviselők meghatározása éghajlati előrejelzésekkel és lefolyásmodellezéssel támogatott sérülékenység vizsgálatokkal;

2. a város léptékű csapadékvíz-gazdálkodás elősegítése a csapadékvíz visszatartására leginkább alkalmas területek lehatárolásával és a leghatékonyabb csapadékvíz-gazdálkodási módszerek meghatározásával;
3. lokális, demonstrációs célú vízvisszatartási és vízhasznosítási megoldások tervezése és megvalósítása;
4. köz- és magán-együtműködési modellek, valamint útmutatók és segédletek kidolgozása a magán csapadékvíz-gazdálkodási megoldások létesítésének elősegítésére.

Az egyes célok elérését különböző megközelítéssel és eszközzel támogatjuk. A Budapest léptékű vízvisszatartás

lehetőségeinek elemzését és a demonstrációs célú beavatkozások tervezését részben egyszerű, dinamikus vízmérlegszámításokkal, részben pedig komplex, nagy tér- és időbeli felbontású numerikus lefolyásmodellekkel végzett szimulációkkal segítjük. A klímaváltozás hatásainak értékeléséhez és a modellek meghajtásához a jövőbeli csapadék idősorokat klímamodellek leskálázásával állítjuk elő. A projekt várható eredményei: a csapadékvíz-gazdálkodás tervezésében alkalmazható finom időbeli/térbeli felbontású éghajlati előrejelzések, a csapadékvíz-visszatartás potenciál számítások és térképek, a csatornaszerűlékenység vizsgálata, a 12. kerület részletes lefolyás szimulációs modellje (25. ábra).



25. ábra. A 12. kerület lefolyás szimulációs modellje (LIFE Városi Eső Projekt 2023)

Figure 25. Rainfall-runoff simulation model of the 12<sup>th</sup> district of Budapest (LIFE in RUNOFF Project 2023)

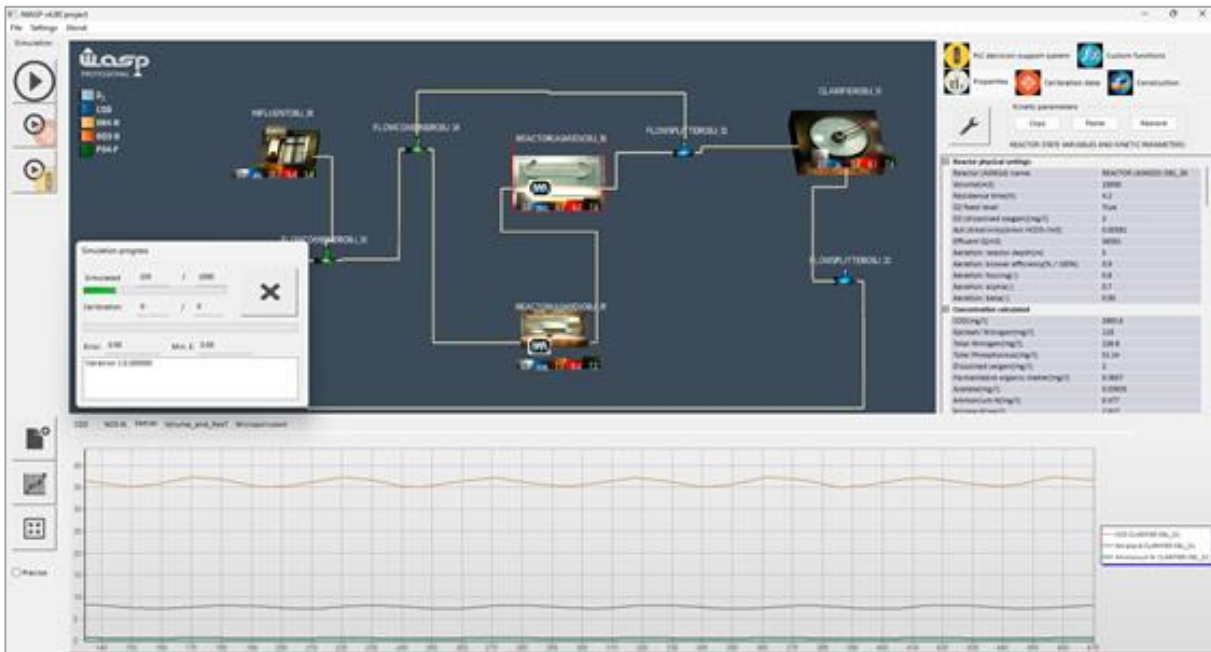
### **Gépi tanulási módszerek alkalmazása szennyvíztisztítás témakörében – IWASP Educational döntéstámogató rendszer**

Az IWASP Educational egy saját fejlesztésű döntéstámogató rendszer, amely szennyvíztisztító telepek tervezésénél, üzemoptimalizációjánál alkalmazható eszköz és a BME VKKT képzési és oktatási anyagának részét képezi. A szoftveres modul az eleveniszapos technológiára épülő szennyvíztisztító telepek bioreaktorainak felülvizsgálatára és az üzemeltetés költségeinek optimalizálására alkalmas, technológiai újítások lehetőségeit képes feltárni a gépi tanulás módszerével. A piaci szoftverekhez (BioWin, GPS-X, SIMBA) hasonlóan ASM2d, ASM3bioP és Barker-Dold reaktormodellre épül, kiegészítve a tömegáramot leíró SBR, biofilm, 1D, 0D ülepítő modellekkel. A kifejlesztett rendszer az IWASP szimulációs eszköznél jóval többet nyújt, ugyanis lehetővé teszi a bioreaktor/recirkulációs áram méretezési feladatok automatikus elvégzését. A Markov döntési folyamatokra alapozott gépi tanulási modul sztochasztikus folyamatlemező rendszer, tehát a már üzemelő szennyvíztisztító telepek (PLC alapú) programozható üzemirányítási rendszereire képes új logikai sémákat

megtervezni. Ez azt jelenti, hogy jelentős beruházás nélkül, akár sokkal hatékonyabb üzemeltetés valósítható meg a gyakorlatban. Az IWASP makrointerpreter segítségével tetszőleges költségek/bevételek és egyéb függvények definiálhatók.

Alkalmazhatóságára példák:

- A tervezési fázisban: szimulációkkal meg lehet bizonyosodni arról, hogy milyen kapacitású, elrendezésű technológiák alkalmazása kézenfekvőbb a megépítendő telep számára. Meghatározható, hogy a telep a befolyó terhelések mellett, illetve különböző hőmérsékleteken is tudja biztosítani az előírt elfolyó értékeket.
- Meglévő rendszer fejlesztésénél: új elrendezéseket, átalakításokat, különböző változtatásokat a valóságban tesztelni mindig drágább és munkaigényesebb a folyamatszimulációhoz képest. Adott telep esetében a szoftver segít abban, hogy az optimális, költség- és energiahatékony módon tudjon működni. Egy olyan döntéstámogató eszközről van szó, mely a telep üzemeltetését teszi áttekinthetővé a folyamatmodellek ismerete által.



26. ábra. Az IWASP döntéstámogató rendszer (Koncsos T. 2021)

Figure 26. IWASP decision support system (Koncsos, T. 2021)

### Mesterséges tavak levegőztetésének szabályozása neuroevolúciós hálóok felhasználásával

A SHERLOCK (Solar powered Hydro-aeration Ecosystem Regulation for Lake Oxygen Control Kinetics) egy prototípus program, amely szabad átfolyású mesterséges tavak levegőztetésénél alkalmazható, automatikus tervezői szoftver. A fejlesztés alatt álló eszköz célja az 1D hidraulikai modellel leírható felszíni víztestek (pl. Kána horgásztó, bizonyos duzzasztott patakok) egyszerűsített biokinetikai leírása olyan speciális esetekre, ahol levegőztető rendszerek telepítése lehet indokolt, illetve szennyvíz eredetű terhelés esete fennáll. A program nemlineáris folyamatirányítási problémák megoldására alkalmas, felhasználva az ASM és alga-zooplankton modelleket, kombinálva az Arrhenius és léghőmérséklet diffúziós egyenletekkel. A folyamatirányítási probléma a következőkkel jellemezhető:

- Adott egy vagy több szenzor, mely a környezetéből adatokat gyűjt, pl. zavarosság, oldott oxigén szint, hőmérséklet, vezetőképesség, besugárzás stb.
- Adott a beavatkozási lehetőség: szivattyúk működtetése, levegőztetés intenzitása, zsilipek.
- Definiálható a jószág/költség/ökológiai állapot minden beavatkozás hatásaként (ha nem áll rendelkezésre, akkor hosszabb üzemeltetési ciklusra vonatkozó benchmark érték lesz a kiértékelés alapja).

Az ismert feltételek mellett a hosszútávú optimális üzemeltetés elérése a cél. A mesterséges intelligencia mérési adatokra támaszkodva, vagy modell alapján képes tanulni, jelen esetben az úgynevezett megerősítéses tanulási mód-

szer (reinforcement learning) alkalmazásával. A SHERLOCK program a NEAT (neural evolutionary augmented topology) neurális háló alapú ágensek szelektíve vezérelt evolúciós algoritmusára épül: ezt a módszert alkalmazzák robotporszívók, fűnyírók, aknaszedő robotok, illetve bizonyos drónok tanításánál is. A megerősítéses tanulás esetében nincs „tanító”, hanem az ágens (pl. levegőztető rendszer) bizonyos időközönként kap visszajelzést arra vonatkozóan, hogy az eddigi lépéssorozat eredménye megfelelő-e vagy sem. A stratégiai kérdés az, hogy adott energiafelhasználás mellett, ismerve a vízminőségi adatokat (t, DO, TSS, KOI stb.) milyen intenzitás/ciklusidő alkalmazására van szükség annak érdekében, hogy optimális legyen az oxigén beoldódás az adott feltételek mellett.

### Víziközművek hatékonyságnövelő tervezése – módszertani fejlesztések (példa: szennyvíztisztítók)

A szennyvíztisztító telepek szisztematikus energiafelhasználás csökkentése három fázisból áll és fő célja az, hogy a szennyvíztisztító telepek energiafelhasználását beruházást nem igénylő (üzemeltetési változtatások), vagy csak csekély (kb. 1 év alatt megtérülő) beruházásokkal javítsuk. Ahol hasonló módszertan szerint javították a telepek energiafelhasználását (például Németország és Ausztria), a rossz energetikai mutatókkal rendelkező telepeken átlagosan 30% villamosenergia igényt takarítottak meg. Ugyanakkor még a jobb energetikai mutatókkal rendelkező szennyvíztisztító telepeken is átlagosan 10% villamosenergia igényt lehetett megtakarítani. Ez tetemes költségcsökkentést jelent évente egy-egy telep esetében is (28. és 29. ábra), egy teljes üzemeltetési területre felvetítve pedig összességében is jelentős tétel.



27. ábra. A SHERLOCK prototípus, napelen vezérelt levegőztetés automata tervezési folyamat közben, neuro-evolúciós algoritmus alapú gépi tanúlással (Kocsos T. 2023)

Figure 27. The SHERLOCK prototype designed for automatic model evaluation of aerators, using neural evolutionary augmented topologies (Kocsos, T. 2023)



12. kép. Nagyvárosi szennyvíztisztítók (Fotó: Sopronvíz)  
Photo 12. Large Wastewater Treatment Plants (Photo by Sopronvíz)

**I. fázis: A meglévő állapot feltárása**

Az I. fázis célja a tisztítási egységek technológiai/energetikai hatékonyságának közelítő feltárása, különös tekintettel a legjobb megoldásoktól mért elmaradásra.

**Módszertan**

A feltárás alapját az archivált üzemadatok alapján készített adatbázis, annak statisztikai és leegyszerűsített technológiai értékelése képezi. Meghatározzuk az egyes egységek tényleges technológiai és energetikai jellemzőit, lehatároljuk a jellemző technológiai - üzemi feltételek tartományát, összevetjük az energetikai jellemzőket a hasonló nagyságrendű telepekre levezetett irányértékekkel, például az osztrák benchmarking projekt előírásait, valamint a DWA irányértékeivel, illetve hazai tapasztalatokkal. Kijelöljük az irányértékeket meghaladó egységeket (műtárgyakat, berendezéseket), majd ezeket a projekt II. fázisában részletes vizsgálatnak vetjük alá.

**Várható eredmény**

A telep és egységeinek pontos technológiai és energetikai feltérképezése. A kedvezőtlen eltérések lehetséges okainak feltárása, a részletes vizsgálatok kijelölése.

**II. fázis: Intézkedési terv**

Cél az első fázisban kijelölt technológiai egységek részletes technológiai-energetikai felülvizsgálata, intézkedési terv létrehozása az energiafelhasználás csökkentése érdekében.

**Módszertan**

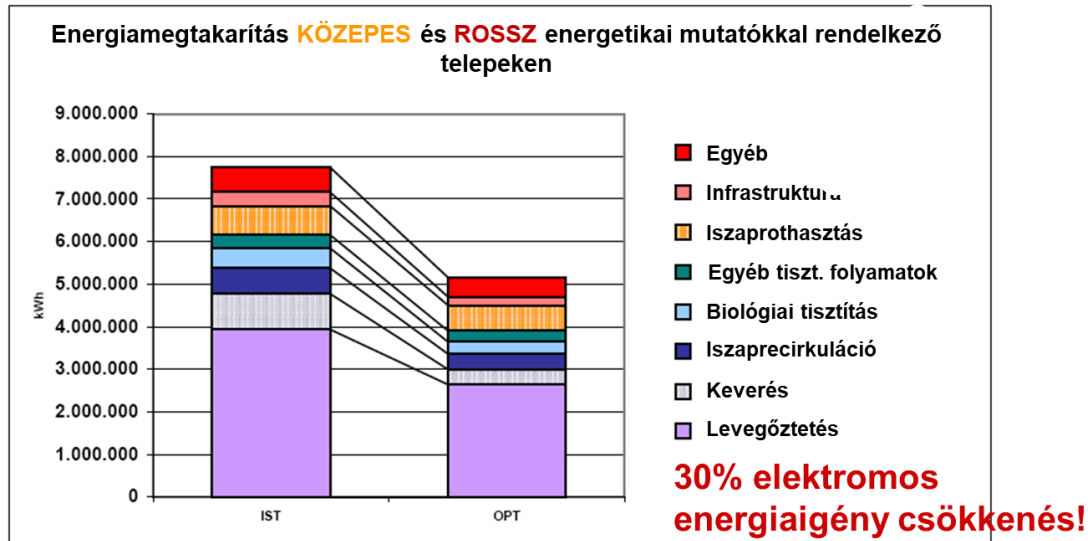
A projekt I. fázisában további vizsgálatra kijelölt technológiai egységek részletes technológiai, gépészeti, energetikai felülvizsgálatát végezzük el ebben a fázisban. Megkeressük az energiafogyasztás javítási lehetőségeit. Ennek eszközt már nemcsak a telep által archivált mérési adatok képezik, hanem szükség szerint további célzott részletes helyszíni és labormérések (szennyvízminőségi paraméte-

rek, iszapjellemzők, energiafogyasztás, áramlás- és koncentrációmérések) kerülnek elvégzésre a hatékonyság javítása céljából, amelyet szükség esetén reakciókinetikai (ASM) és áramlástanai modellvizsgálatokkal is kiegészítünk. Felülvizsgáljuk a műtárgyak geometriai kialakításának és gépészeti berendezéseinek összhangját olyan kérdéseket elemezve, mint az áramlási holtterek és az egyenlőtlen koncentráció eloszlások kialakulása a műtárgyakon belül, keverők és levegőztető elemek kiosztása és ezek egyéb

műszaki jellemzői, szivattyúk, kotrók üzemrendje.

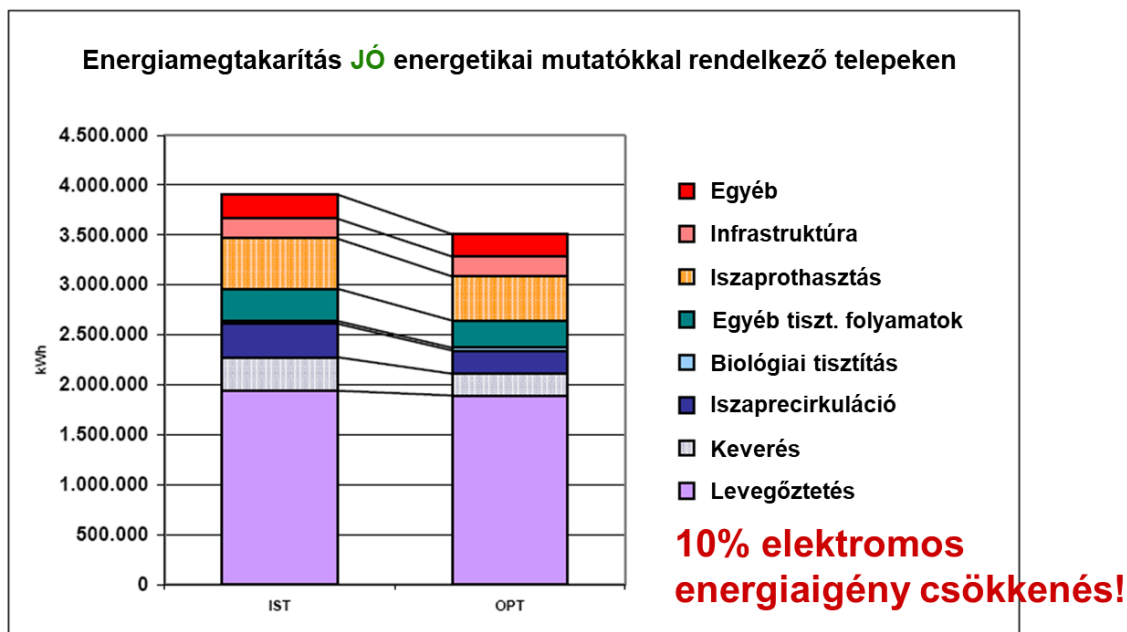
#### Várható eredmény

A nem megfelelő hatékonyságú üzem okainak részletes feltárása és a javítási lehetőségek kidolgozása. Intézkedési terv felállítása, prioritási listával. Megjegyzés: utóbbi kijelölése több szempontú értékelés alapján történik, ami a beruházási igény és a várható eredmény viszonya alapján rangsorolja az intézkedéseket, kezdve a beruházással nem, csak üzemviteli változtatással járó intézkedésekkel.



28. ábra. Energiamegtakarítás átlagos értéke közepes és rossz energetikai mutatókkal rendelkező szennyvíztisztító telepeken (Agis 2001)

Figure 28. Average energy savings at wastewater treatment plants with medium and low energy indicators (Agis 2001)



29. ábra. Energiamegtakarítás átlagos értéke jó energetikai mutatókkal rendelkező szennyvíztisztító telepeken (Agis 2001)

Figure 29. Average energy savings at wastewater treatment plants with good energy indicators (Agis 2001)

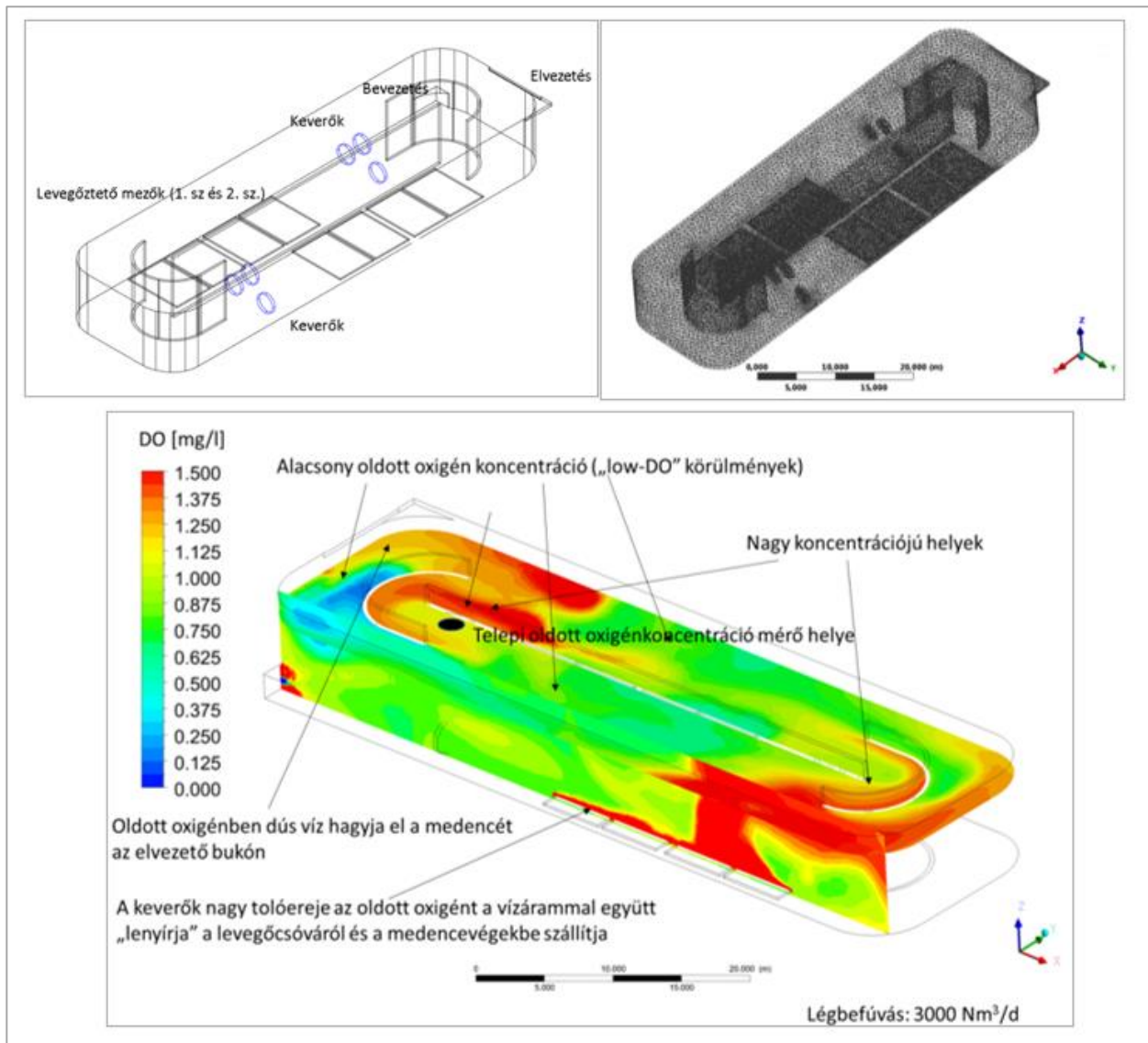
### III. fázis: Intézkedések végrehajtása, a hatékonyságjavulás értékelése

A II. fázis intézkedési tervének végrehajtása, a határfok javulás folyamatos mérése és értékelése.

### IV. fázis: Beruházástervezés

#### A funkcionális műtárgytervezés – módszertani fejlesztések

A szennyvíztisztító telepi műtárgyak rekonstrukciójának és üzemének újszerű segéd eszköze az áramlástanai szimuláció, amelynek rutinszerű alkalmazása az ezáltal elérhető költségcsökkentés és hatékonyságnövelés miatt a jövőben megkerülhetetlen lesz. Funkcionális műtárgytervezéssel a műtárgyak üzemét és geometriáját egyszerű eszközökkel, finomhangolásokkal, beruházást nem igénylő módon (üzembeli változtatások) vagy csupán kis beruházási igénnyel változtassuk, jelentős javulást elérve a műtárgy hatásfokában és energiafelhasználásában. Példaként egy levegőztető medence oldott oxigénkoncentráció eloszlását mutatjuk be.



30. ábra. Geometriai modell és oldott oxigénkoncentráció eloszlása levegőztető medencében (Patziger 2021)

Figure 30. Geometrical model and dissolved oxygen concentration distribution in an aeration tank (Patziger 2021)

A 30. ábra egy mélységi levegőztetésű, lóversenypálya alakú medencét mutat be. A képen jól látszik az erősen egyenlőtlen oldott oxigénkoncentráció-eloszlás. Látható az is, hogy az oxigénkoncentráció mérő szonda olyan helyen található, amely nem jól jellemzi a medence valós koncentráció viszonyait. (Az oxigénmérő szonda olyan helyen van elhelyezve, ahol a medencében található átlagos oxigénkoncentrációhoz képest túlságosan magas értékeket mér.) Így a levegőztetés szabályozása és vezérlése sem mértékadó adatokról történik. Ugyanezt a

jelenséget gyakran tapasztaljuk más geometriájú levegőztető medencékben is: körgyűrű, négyzet, kör stb. Az egyenlőtlen oxigénkoncentráció technológiai hátrányai a következők: csökkent nitrifikáció és denitrifikáció, úszóiszap képződés, nem hatékony oxigén beoldódás (túlvegyőztetett és alullevegőztetett, de nem anoxikus zónák) és emiatt túlzott légbevitel (és nagy levegőztetési energiaigény). Ezeknek a kijavítása jelentős hatásfok-növekedést eredményez, nő a tisztítási hatásfok, csökken az energiafelvétel. A javítás eszközei: szonda áthelyezése



mértékadó pozícióba, keverők tolóerejének és pozíciójának a felülvizsgálata, a levegőztető elemek és keverők esetleges átrendezése egy soron következő rekonstrukci-

ónál. Így egyenletesebb oxigéneloszlást és nagy hatásfok-növekedést érünk el. Néhány további példát ismertet az 1. táblázat.

1. táblázat. Lehetőségek és várható eredmények funkcionális műtárgytervezéssel (Patziger 2021)

Table 1. Possibilities and expected results with functional unit design (Patziger 2021)

Műtárgy	Mit lehet a módszerrel javítani?	Eredmény
<b>Rácsok</b>	Rácsra történő rááramlás javítása, különböző pálcaközök és formák hatásának vizsgálata és az adott viszonyoknak legmegfelelőbb rács típus specifikációja.	Csökkentjük a visszaduzzasztást, sebességeket, meggátoljuk a rács előtt a leülepedést, egyenletes és optimalizált sebességű rááramlás előállításával növeljük a rácsszemét és szálanyag eltávolítási hatásfokot és az üzembiztonságot.
<b>Homokfogók és homokmosók</b>	Keverés, levegőztetés, belső műtárgyforma finomhangolása, átrendezése, tervezése.	Növeljük a homokfogás és homokmosás hatásfokát: több homokot távolítunk el, több iszap jut a biológiára, csökken a mosott homok szervesanyag tartalma. Megszüntethetők (vagy nagymértékben csökkenthetők) a homok által okozott károk a szennyvíz és iszapvonalon.
<b>Előülepitők</b>	Nyersiszap ülepedésének, eloszlásának és kihazatalának javítása. A medencében vízbevezetés és vízelvezetés javítása, medenceforma finomhangolása, kotrás javítása.	Nő az előülepités hatásfoka, több nyersiszap kerül a rothasztókba, csökken a biológia terhelése, nő a biogáz- és villamosenergia termelés.
<b>Anoxikus (denitrifikáló) medencék</b>	Holtterek megszüntetése, medenceforma és nitrát recirkuláció finomhangolása, terelőfalak, keverő teljesítmény, keverő pozíció javítása.	Homogén, egyenletes átkeveredés, más vizsgálatokkal nem feltárható holtterek megszüntetése és ezzel a hatékony térfogat növelése, denitrifikáció javulása, keverők energiaigényének csökkentése.
<b>Levegőztető medencék</b>	Levegőigény csökkentése, nitrifikáció hatásfokának a javítása, medenceforma, befűjt levegőmenyiség finomhangolása. Az oxigénsóva terjedésének, a levegőztető elemek számának és kiosztásának javítása. Az oxigén-, ammónium- és nitrát koncentráció-mérő szondák számának és mértékadó helyének meghatározása, így a nitrogén eltávolítás, a fűvő vezérlés és a folyamatirányítás hatékonyabbá tétele és javítása.	Nő a nitrifikáció hatásfoka, csökken az elfolyó nitrogénkoncentráció és a vízterhelési díj, csökken továbbá a levegőztetés energiafelvétele (a telepek legnagyobb energiafogyasztója!) és ezzel az elektromos energia költsége is.
<b>Osztóműtárgyak</b>	A tisztítási sorok és a műtárgyak közötti vízosztás egyenletességének a pontos beállítása az osztóműtárgy finomhangolásával.	A tisztítási sorok közötti terhelésbeli egyenlőtlenségek csökkentése. Ezáltal leginkább a biológiai tisztítási fokozat és az ülepitő műtárgyak hatásfok-növelése.

Műtárgy	Mit lehet a módszerrel javítani?	Eredmény
<b>Utőüleptők</b>	Az iszap ülepedésének és eloszlásának javítása a medencében, vízbevezetés és vízelvezetés javítása, medenceforma finomhangolása, kotrás, iszaprecirkuláció hatékonyabbá tétele, beállítása és finomhangolása.	Csökken az elfolyó lebegőanyag-tartalom, nő a recirkuláció hatékonysága, csökken a recirkuláció víztartalma és energiaigénye. Csökken továbbá a medencében az iszapszint, a tározódó iszaptömeg, valamint az úszóiszap képződés. Az elfolyó lebegőanyag-tartalom csökkentésével csökken az összes lebegőanyaghoz kötött egyéb szennyezőanyag is. Ezáltal csökken a vízterhelési díj.
<b>Vegyszeradagolás</b>	Vegyszer bekeveredésének és behatásának javítása. A vegyszer kinetikájának, „terjedésének és fogyásának” nyomon követése a medencében. A leghatékonyabb beadagolási pont (pontok) megkeresése.	Vegyszer hatásának javítása, vegyszeradag és ezzel az üzemeltetési költségek csökkentése. A medencében nyomon követhető hatás alapján segítség a vegyszer-típusok kiválasztásában.
<b>Gravitációs iszapsűrítés</b>	Gravitációs iszapsűrítés hatékonyságának a javítása. Polielektrolit és egyéb vegyszerek hatásának a vizsgálata. Megfelelő vegyszertípus és dózis meghatározása.	Sűrítés javítása, hatékonyabbá tétele.
<b>Iszaprothasztás</b>	Rothasztó forma és keverési rendszer optimalizációja, átkeveredés javítása. Holtterek, homoklerakódás veszélyének a csökkentése.	Rothasztás hatásfoknövelése, biogáz kihozatal javítása, energiatermelés növelése.

A szennyvíztisztítás és iszapkezelés műtárgyain túlmenően az áramlástan szimuláció jól alkalmazható a csatornahálózatok, a csapadékvíz-gazdálkodás és az

ivóvízellátás műtárgyaiban (nagyátmérőjű csőszakaszok, tározók, víztornyok, medencék, egyéb műtárgyak) is.

**MELLÉKLETEK****A tanszék által jelenleg oktatott tantárgyak**

2. táblázat. A tanszék által oktatott tantárgyak alapképzésen

Table 2. BSc courses of the department

Tantárgy neve	Kar (gesztor)	Jelenlegi oktatók*	Oktatás nyelve	Tantárgy jellege
Környezetmérnöki alapok	Építőmérnöki Kar	Kozma Zsolt, Kardos Máté Krisztián	magyar/ angol	Törzstárgy
Közművek I.	Építőmérnöki Kar	Fülöp Roland, Knolmár Marcell, Varga Laura, Bódi Gábor, Murányi Gábor, Decsi Bence	magyar/ angol	Törzstárgy
Közművek II.	Építőmérnöki Kar	Fülöp Roland, Varga Laura, Bódi Gábor, Knolmár Marcell	magyar/ angol	Ágazatos tantárgy (Infrastruktúra-építőmérnök ágazaton kötelező)
Városi környezetvédelem	Építőmérnöki Kar	Kardos Máté Krisztián, Ács Tamás, Varga Laura	magyar/ angol	Ágazatos tantárgy (Infrastruktúra-építőmérnök ágazaton kötelező)
Víz- és környezetkémia, hidrobiológia	Építőmérnöki Kar	Musa Ildikó, Decsi Bence	magyar/ angol	Ágazatos tantárgy (Infrastruktúra-építőmérnök ágazaton kötelező)
Vízminőség-szabályozás	Építőmérnöki Kar	Clement Adrienne, Kardos Máté Krisztián	magyar/ angol	Ágazatos tantárgy (Infrastruktúra-építőmérnök ágazaton kötelező)
Víz- és környezeti jog	Építőmérnöki Kar	Knolmár Marcell, Hecsei Pál	magyar/ angol	Ágazatos tantárgy (Infrastruktúra-építőmérnök ágazaton kötelező)
Infra CAD gyakorlat	Építőmérnöki Kar (nem a VKKT gesztorálja a tárgyat*)	Knolmár Marcell	magyar/ angol	Ágazatos tantárgy (Infrastruktúra-építőmérnök ágazaton kötelező)
Infrastruktúra tervezés projektfeladat	Építőmérnöki Kar (nem a VKKT gesztorálja a tárgyat*)	Bódi Gábor, Knolmár Marcell, Fülöp Roland	magyar/ angol	Ágazatos tantárgy (Infrastruktúra-építőmérnök ágazaton kötelező)
Víz- és szennyvíztisztítás	Építőmérnöki Kar	Patziger Miklós, Laky Dóra, Koncsos Tamás, Souha Neguez	magyar/ angol	Specializációs tantárgy (Vízi közmű és környezetmérnöki specializáció)
Közműhálózatok tervezése	Építőmérnöki Kar	Fülöp Roland, Varga Laura, Bódi Gábor	magyar	Specializációs tantárgy (Vízi közmű és környezetmérnöki specializáció)
Környezeti hatásvizsgálatok	Építőmérnöki Kar	Reiniger Róbert, Jolánkai Zsolt	magyar	Specializációs tantárgy (Vízi közmű és környezetmérnöki specializáció)
Környezeti kárelhárítás	Építőmérnöki Kar	Jolánkai Zsolt, Ács Tamás, Licskó István	magyar	Specializációs tantárgy (Vízi közmű és környezetmérnöki specializáció)

Tantárgy neve	Kar (gesztor)	Jelenlegi oktatók*	Oktatás nyelve	Tantárgy jellege
Vízi közmű projektfeladat	Építőmérnöki Kar	Fülöp Roland, Bódi Gábor, Laky Dóra, Patziger Miklós, Varga Laura	magyar	Specializációs tantárgy (Vízi közmű és környezetmérnöki specializáció)
Gyógy- és strandfürdők	Építőmérnöki Kar	Musa Ildikó, Raum László	magyar	Szabadon választható
Hulladékgazdálkodás	Építőmérnöki Kar	Bódi Gábor	magyar	Szabadon választható
Általános vízanalitika labor	Építőmérnöki Kar	Musa Ildikó	magyar	Szabadon választható
Ökológia	Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar	Kozma Zsolt, Ács Tamás, Decsi Bence	magyar	Környezetmérnöki alapképzésen kötelező
Környezetmérnöki alapok	Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar	Kardos Máté Krisztián, Kozma Zsolt	magyar	Környezetmérnöki alapképzésen kötelező
Települési vízgazdálkodás és vízminőség-védelem	Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar	Clement Adrienne, Patziger Miklós, Koncsos Tamás, Kardos Máté Krisztián	magyar	Környezetmérnöki alapképzésen (Környezettechnológia szakirányon) kötelező
Környezeti kárelhárítás	Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar	Jolánkai Zsolt, Ács Tamás	magyar	Környezetmérnöki alapképzésen (Környezettechnológia szakirányon) kötelező

\* azoknál a tantárgyaknál, ahol nem a VKKT a gesztor tanszék, csak a VKKT oktatóit tüntettük fel, a többi tanszék oktatóit nem

3. táblázat. A tanszék által oktatott tárgyak mesterképzésen

Table 3. MSc courses of the department

Tantárgy neve	Kar (gesztor)	Jelenlegi oktatók	Oktatás nyelve	Tantárgy jellege
Környezeti rendszerek	Építőmérnöki Kar	Koncsos László, Kozma Zsolt, Decsi Bence	magyar/angol	Infrastruktúra-építőmérnök szakon kötelező
Ökológia	Építőmérnöki Kar	Kozma Zsolt, Decsi Bence	magyar/angol	Infrastruktúra-építőmérnök szakon kötelező
Víztelenítés	Építőmérnöki Kar	Fülöp Roland	magyar/angol	Infrastruktúra-építőmérnök szakon kötelező
Víz- és szennyvíztisztítás II.	Építőmérnöki Kar	Patziger Miklós, Laky Dóra	magyar/angol	Specializációs tantárgy (Víz- és vízi környezetmérnöki specializáció)
Vízi környezeti monitoring	Építőmérnöki Kar	Clement Adrienne, Musa Ildikó	magyar/angol	Specializációs tantárgy (Víz- és vízi környezetmérnöki specializáció)
Vízi közmű hálózatok rekonstrukciója	Építőmérnöki Kar	Fülöp Roland, Darabos Péter	magyar/angol	Specializációs tantárgy (Víz- és vízi környezetmérnöki specializáció)
Víz- és szennyvíztisztító telepek	Építőmérnöki Kar	Patziger Miklós, Laky Dóra, Koncsos Tamás	magyar/angol	Specializációs tantárgy (Víz- és vízi környezetmérnöki specializáció)
Vízminőség szabályozás tervezés	Építőmérnöki Kar	Clement Adrienne, Ács Tamás, Jolánkai Zsolt	magyar/angol	Specializációs tantárgy (Víz- és vízi környezetmérnöki specializáció)

Tantárgy neve	Kar (gesztor)	Jelenlegi oktatók	Oktatás nyelve	Tantárgy jellege
Vízüzem-rendszerek modellezése	Építőmérnöki Kar	Fülöp Roland, Varga Laura, Darabos Péter, Bódi Gábor	magyar/angol	Specializációs tantárgy (Víz- és vízi környezetmérnöki specializáció)
Mérnökökológia	Vegyésmérnöki és Biomérnöki Kar	Kozma Zsolt, Decsi Bence	magyar	Környezetmérnöki mesterszakon kötelező
Vízi környezeti monitoring és eljárások	Vegyésmérnöki és Biomérnöki Kar	Clement Adrienne, Musa Ildikó	magyar	Környezetmérnöki mesterszakon kötelező
Környezeti rendszerek és kockázatok modellezése	Vegyésmérnöki és Biomérnöki Kar	Koncsos László, Ács Tamás, Kozma Zsolt, Decsi Bence, Jolánkai Zsolt, Koncsos Tamás	magyar	Környezetmérnöki mesterszakon kötelező

4. táblázat. A tanszék által oktatott tárgyak doktori képzésen  
Table 4. PhD courses of the department

Tantárgy neve	Kar (gesztor)	Jelenlegi oktatók	Oktatás nyelve	Tantárgy jellege
Ökológia	Építőmérnöki Kar	Kozma Zsolt	magyar/angol	Alaptárgy az Infrastruktúra-építőmérnöki programban
Víz kémia	Építőmérnöki Kar	Licskó István	magyar/angol	Alaptárgy az Infrastruktúra-építőmérnöki programban
Ivóvízellátó hálózatok és vízminőségi problémák	Építőmérnöki Kar	Fülöp Roland, Laky Dóra	magyar/angol	Szakmai tárgy az Infrastruktúra-építőmérnöki programban
Vízminősítés	Építőmérnöki Kar	Licskó István, Clement Adrienne, Szilágyi Ferenc	magyar/angol	Szakmai tárgy az Infrastruktúra-építőmérnöki programban
Természetközeli szennyvíztisztítás	Építőmérnöki Kar	Szilágyi Ferenc	magyar/angol	Szakmai tárgy az Infrastruktúra-építőmérnöki programban
Az ivóvíztisztítás technológiai és az ivóvízellátás közegészségügyi vonatkozásai	Építőmérnöki Kar	Laky Dóra	magyar/angol	Szakmai tárgy az Infrastruktúra-építőmérnöki programban
Korszerű szennyvíztisztítás	Építőmérnöki Kar	Patziger Miklós	magyar/angol	Szakmai tárgy az Infrastruktúra-építőmérnöki programban

5. táblázat. A Vízellátás-Csatornázás szakirányú továbbképzés tantárgyai és oktatói  
Table 5. Subjects and lecturers of the postgraduate course of Water Supply and Sewerage

Tantárgy neve	Jelenlegi oktatók
Csapadékvízgyűjtés	Buzás Kálmán
Hálózathidraulika	Buzás Kálmán, Darabos Péter
Hálózatrekonstrukció	Darabos Péter, Fülöp Roland, Arzt József
Hidraulikus gépek és villamos berendezések	Tolnai Béla
Információs rendszerek	Darabos Péter
Irányítástechnika	Tolnai Béla
Iszapkezelés és elhelyezés	Román Pál
Környezetmérnöki alapismeretek	Clement Adrienne
Közegészségügyi alapismeretek	Vargha Márta
Műtárgyhidraulika	Csoma Rózsa
Vízbiztonsági tervezés	Bódi Gábor, Borsányi Mátyás
Víz- és környezeti jog	Hecsei Pál
Szennyvíztisztítási technológiák I.	Patziger Miklós, Licskó István
Szennyvíztisztítási technológiák II.	Patziger Miklós, Licskó István
Vízbázisvédelem	Simonffy Zoltán
Víz kémia-hidrobiológia	Musa Ildikó
Vízminőség-szabályozás	Clement Adrienne
Víz tisztítási technológiák I.	Laky Dóra
Víz tisztítási technológiák II.	Laky Dóra

### A tanszék jelenlegi munkatársai

#### Tanszékvezető

- Patziger Miklós tanszékvezető egyetemi docens, az MTA doktora

#### Korábbi tanszékvezetők

- habil. Koncsos László egyetemi tanár
- Somlyódy László professzor emeritus, az MTA rendes tagja

#### Tanszéki oktatók

- Clement Adrienne egyetemi docens
- Fülöp Roland egyetemi docens
- Kozma Zsolt egyetemi docens
- Laky Dóra egyetemi docens
- Bódi Gábor mestertanár
- Kardos Máté Krisztián egyetemi adjunktus
- Knolmár Marcell egyetemi adjunktus
- Koncsos Tamás egyetemi adjunktus
- Musa Ildikó laborvezető

#### Kutatók

- Ács Tamás tudományos segédmunkatárs
- Decsi Bence doktorjelölt
- Jolánkai Zsolt tudományos segédmunkatárs
- Varga Laura doktorjelölt

#### Doktoranduszok

- Muleta, Teressa Negassa doktorandusz

- Murányi Gábor doktorandusz
- Neguez, Souha doktorandusz
- Szomolányi Orsolya doktorandusz

Nyugalmazott munkatársak

- Buzás Kálmán címzetes egyetemi tanár
- Darabos Péter címzetes egyetemi docens
- Licskó István címzetes egyetemi tanár, kandidátus
- Raum László ny. mestertanár
- Szilágyi Ferenc címzetes egyetemi tanár

Adminisztráció, projekt munkatársak

- Bánsági Hajnalka gazdasági ügyintéző
- Bors Anna laboráns
- Jolánkai Bence Dénes technikus
- Stubán Tímea gazdasági ügyintéző

**IRODALOMJEGYZÉK**

- Ács T., Kozma Zs. (2016). Felszín alatti vizektől függő élőhelyek hidrológiája: módszertani előrelépés, növekvő ismeretigény. In: Szlávik L., Gampel T., Szigeti E. (szerk.) Magyar Hidrológiai Társaság 34. Országos Vándorgyűlése Debrecen. Magyar Hidrológiai Társaság (MHT). pp. 1-23.
- Agis, H. (2001). Energieoptimierung von Kläranlagen, Detailuntersuchung von 21 Anlagen – Endbericht Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- Behrendt, H.B. (2003). Nutrient Emissions into River Basins of Germany on the Basis of a Harmonized Procedure. Berlin: Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt).
- Bibok A., Fülöp R., Patziger M., Stubán T. (2021). Számított és mért vízminőségi adatok vizsgálata a Fővárosi Vízművek Zrt. ellátási területén, BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék Tiszta Ivóvíz NKP témajelentés. pp. 7-12.
- Budai P., Kardos M.K., Knolmár M., Szemán G., Turczel J., Clement A. (2020). Development of an autonomous flow-proportional water sampler for the estimation of pollutant loads in urban runoff. *Env.Mon.Ass.* <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08536-3>
- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (2023). Az egyetem múltja, története. BME honlap: <https://www.bme.hu/egyetem-multja-tortenete> (letöltés ideje: 2023. augusztus 12.)
- Buzás K., Darabos P., Fülöp R., Patziger M. (2021). Hazai víziközmű rendszerek fejlesztésével kapcsolatos útmutató. BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék témajelentés. Megbízó: Innovációs és Technológiai Minisztérium. p. 17.
- Clement A., Honti M., Istvánovics V., Gao C. (2019). A Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer háttérterheléseinek elemzése. BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék – MTA Vízgazdálkodási Kutatócsoport. Budapest. p. 112.
- Darabos P., Mészáros P. (2004). Közművek. Egyetemi jegyzet. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest, pp. 6-9.
- Decsi B., Vári Á., Kozma Zs. (2020). The effect of future land use changes on hydrologic ecosystem services: a case study from the Zala catchment, Hungary. *Biologia Futura* 71, pp. 405-418. <https://doi.org/10.1007/s42977-020-00032-6>
- Decsi B., Ács T., Jolánkai Zs., Kardos M.K., Koncsos L., Vári Á., Kozma Zs. (2022). From simple to complex – Comparing four modelling tools for quantifying hydrologic ecosystem services, *Ecological Indicators*, Volume 141, 2022, 109143, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109143>
- Dékáni előterjesztés (1939). Németh Endre kinevezése az I. sz. Vízépítéstani Tanszékre. Magyar királyi József nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest. p. 5.
- Feljegyzés (1961). Jegyzőkönyv a Rektori Tanács 1961. évi október hónap 10-i üléséről. Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem, Budapest.
- Feljegyzés (1962). 12/1962. sz. feljegyzés a Rektori Tanács 1962. július 6-i üléséről. Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem, Budapest.
- Fülöp R., Knolmár M., Varga L. (2018). Dorozsma csapadékvízvezető hálózatfejlesztésének felülvizsgálata, BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék témajelentés, p. 8.
- Hatvani I.G., Clement A., Korponai J., Kern Z., Kovács J. (2017). Periodic signals of climatic variables and water quality in a river – eutrophic pond – wetland cascade ecosystem tracked by wavelet coherence analysis. *Ecological indicators* 83: pp. 21-31. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.07.018>
- Hazay I. (1962). Javaslat docensi állások kiírására. Dr. Hazay István, a Mérnöki Kar dékánjának levele Dr. Perényi Imre rektornak címezve, ikt. 2/1962-M/Biz. Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem, Budapest.
- Istvánovics V., Clement A., Somlyódy L., Specziár A., Tóth L.G., Padisák J. (2007): Updating water quality targets for shallow Lake Balaton (Hungary), recovering from eutrophication. *Hydrobiologia* 581. pp. 305-318. <https://doi.org/10.1007/s10750-006-0509-1>
- International Water Association: 14. Nagy szennyvíztisztító telepek konferencia (<https://lwntp2024.org/>), Budapest, 2024. szeptember 8-12.
- Javaslat (1989). Dr. Detrekői Ákos előterjesztése az Egyetemi Tanács 1989. február 13-i ülésén. 3 oldal. Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest.
- Jegyzőkönyv (1905). Jegyzőkönyv fölvétetett Budapestén a kir. József-műegyetem rektori tanácsának 1905. évi október hó 26-án tartott 19. üléséről. kir. József-műegyetem, Budapest. p. 1.
- Jegyzőkönyv (1971). BME Egyetemi Tanács ülése. Vita intézetek vagy tanszékcsoportok felállításáról. Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest.
- Jegyzőkönyv (1972). BME Egyetemi Tanács ülése. Öllös Géza kinevezése. Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest.
- Jolánkai Zs., Kardos M.K., Muzelák B. (2015). Felszíni víztestek tápanyagterhelésének modellezése – Országos Vízügytő-gazdálkodási Terv felülvizsgálata – 3.1-es háttéranyag (elérhető: [www.vizeink.hu](http://www.vizeink.hu): [http://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/988BF7DB-B869-46C6-9463-E9E4BFC81D2A/3\\_1\\_Hatteranyag\\_FEV\\_tapanyag\\_terhelesek\\_modellezes.pdf](http://www.vizugy.hu/vizstrategia/documents/988BF7DB-B869-46C6-9463-E9E4BFC81D2A/3_1_Hatteranyag_FEV_tapanyag_terhelesek_modellezes.pdf))
- Jolánkai Zs., Kardos M.K., Clement A. (2020). Adjustment of the MONERIS nutrient emission model for a lowland country to support River Basin Management Planning. *Water* 12(3). <https://doi.org/10.3390/w12030859>
- Kardos M.K., Clement A., Jolánkai Zs., Zoboli, O., Kittlaus, S., Weber, N., Gabriel, O., Broer, M., Soare, F., Hamchevici, C., Tonev, R., Mihalkov, D., Milacic, R., Markovic, K., Scancar, J., Horvat, M., Bordós G., Zessner, M. (2023). Demonstration of a harmonized and cost-effective



measurement concept for the monitoring of HS river pollution and of HS emission pathways in 7 pilot regions. Project output report, DTP3-299-2.1 – Danube Hazard m<sup>3</sup>c, BME 2023. p. 95.

Koncsos L. (2006). A Tisza árvízi szabályozása a Kárpát-medencében. Magyar Természetvédők Szövetsége. Budapest. Magyarország.

Koncsos L. (2008). Klímaváltozás, valamint az árvízi és aszálykockázatok. In: Harnos Zs. – Csete L. (szerk.): Klímaváltozás: környezet – kockázat – társadalom. Szak tudás Kiadó, Budapest. pp. 55-90.

Koncsos L., Balogh E. (2007). Flood damage calculation supported by inundation model in the Tisza valley. In: Di Silvio, G., Lanzoni, S. (szerk.) 32<sup>nd</sup> IAHR Congress: Harmonizing the Demands of Art and Nature in Hydraulics, pp. 1-10. Paper: SS05-12-O

Koncsos T. (2021). "Gépi tanulási módszerek alkalmazása az eleveniszapos rendszerek üzemeltetési optimalizációjában" című értekezés védeése építőmérnöki tudományok tudományágban. <http://hdl.handle.net/10890/16271>

Koncsos T. (2023). Optimization of solar panel powered aerators using supervised learning – neural evolutionary augmented topologies (kézirat)

Kozma Zs. (2019). A síkvidéki hidrológia és a belvíz vizsgálata folyamatalapú modellezéssel: kihívások és lehetőségek. Hidrológiai Közlöny 99. kötet 2. szám. pp. 27-38.

Kozma Zs., Decsi B., Manninger M., Móricz N., Makó A., Szabó B. (2019). Becsült talajhidrológiai paraméterek szimulációs vizsgálata a NAIK Erdészeti Tudományos Intézet két mintaterületén. Agrokémia És Talajtan 68: 1. pp. 13-36. <https://doi.org/10.1556/0088.2019.00031>

Kroiss, H. (2005). Nutrient Management in the Danube Basin and its Impact on the Black Sea. Final Report, EVK1-CT-2000-00051, TU-Wien, Institute for Water Quality and Waste Management, p. 69.

Laky D. (2022). A BME - Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék története és a jövőre vonatkozó tervei. Hírcsatorna 2022/4. pp. 103-108.

LIFE Városi Eső Projekt (2023). <https://varosieso.hu>

Magyar Közút Nonprofit Zártkörűen Működő Részvénytársaság (2022) e-UT 06.03.43.2022 Kiselemes burkolatok című üzleti műszaki előírás (<https://ume.kozut.hu/dokumentum/1127>)

Patziger M. (2021). Improving wastewater treatment plant performance by applying CFD models for design and operation: selected case studies. WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY. 84/2. pp. 323-332. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.019>

River Basins konferencia: International Conference on Monitoring, Modelling and Management of River Basins (<https://riverbasins.kit.edu>), Budapest, 2024. június 5-6.

Somlyódy L., van Straten, G. (1986). Modeling and Managing Shallow Lake Eutrophication, With application to Lake Balaton. Springer-V. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-82707-5>

Somlyódy L., Herodek S. (1997). A Kis-Balaton Alsótározó felülvizsgálata. Szintézisjelentés, 1997. BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest. p. 183.

Somlyódy L., Clement A., Gaál R., Honti M., Istvánovics V., Koncsos L., Nováky B., Pannonhalmi M., Simonffy Z., Sütheő L., Szilágyi F., Varga Gy. (2003). A balatoni vízpótlás szükségessége: Tenni vagy nem tenni? Kutatási jelentés, BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék, Budapest, 2003. szeptember 30. p. 73.

Somlyódy L. (2018). Felszíni vizek minősége. Modellezés és szabályozás. Typotex, Budapest. p. 371.

Strausz T., Ács T., Decsi B., Varga L. (2023). Budapesten létesített vízáteresztő burkolatok vízáteresztő képesség változásának vizsgálata terepen végzett mérésekkel. Hidrológiai Közlöny, 103(1). pp. 48-58. <https://doi.org/10.59258/hk.11087>

Szilágyi F., Clement A. (2013). A Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer tápanyagforgalmának értékelése a kémiai monitoring adatai alapján. BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék. in: BioAquaPro (2014): A Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer üzemeltetéssel kapcsolatos előzetes javaslatok. „Kis-Balaton Vízvédelmi Rendszer II. ütem megvalósítása” projekthez kapcsolódó biomonitöring-rendszer kialakítása, KEOP-2.2.1/2F/09-2009-0001 projekt. p. 32.

Uhlenbrook, S., de Jong, E. (2012). T-shaped competency profile for water professionals of the future. Hydrology and Earth Systems Sciences 16, pp. 3475-3483, 2012 [www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/3475/2012/](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/3475/2012/) doi:10.5194/hess-16-3475-2012

## A KÖTET KIDOLGOZÁSÁBAN RÉSZT VETT SZAKÉRTŐK



**LAKY DÓRA** PhD okleveles építőmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék egyetemi docense. Fő szakterülete a víztisztítás, ezen belül főként felszín alatti vizek tisztítási technológiáival foglalkozik (arzenmentesítés, ammónium eltávolítása, vas- és mangántalanítás, melléktermékek képződésének problémaköre). A Magyar Hidrológiai Társaság és a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség, valamint a Hírsatorna szerkesztőbizottságának tagja.



**ÁCS TAMÁS** okleveles építőmérnök, 2009-től a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének munkatársa. Kutatási területei közé tartoznak a felszín alatti vizek mennyiségi kérdései, ezen belül is főként a felszín alatti vizektől függő ökoszisztémák vízigényének meghatározása, a telített és telítetlen porózus közegekben lejátszódó szivárgási folyamatok modellezése, valamint a csapadékvizek visszatartása és szikkasztása.



**BÓDI GÁBOR** okleveles építőmérnök, mestertanár, 1986-ban diplomázott a Budapesti Műszaki Egyetem Vízellátás-Csatornázás Osztályán. 1986-ban került az egyetemre MTA TMB Ösztöndíjasként, majd ugyanettől az évtől tudományos segédmunkatársként a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék jogelődjeként a Vízellátás-Csatornázás Osztályra. A tanszéken a vízellátással foglalkozó team tagjaként (Dávidné Deli Matild, Darabos Péter, Bozóky-Szeszich Károly) foglalkozott szinte az ország összes jelentős települési és regionális vízellátó rendszerének analizálásával, egyesek optimalizálásával. Oktatási és kutatási területei: víziközmű hálózatok modellezése, tervezése, üzemeltetése, közmű informatika.



**BUZÁS KÁLMÁN** címzetes egyetemi tanár, a BME Építőmérnöki Kar Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének nyugalmazott egyetemi docense. PhD értekezése az autópályákról lefolyó csapadékvizek szénhidrogén (TPH és PAH-ok) szennyezettségének a forgalmi adatokból történő számításával és azok eltávolítási megoldásaival foglalkozott. Oktatási, kutatási és mérnöki tanácsadási munkái elsősorban a városi vízi infrastruktúra működéséhez, azoknak a környezetre, főként a befogadó természetes vizekre gyakorolt hatásaihoz kapcsolódtak. Az utóbbi évtizedben a városi hidroinformatika, a csapadék és az egyesített rendszerű csatornahálózatok numerikus modellezése területén, és a nemzetközi gyakorlatban bekövetkezett paradigmaváltást követve, a települési csapadékvíz-gazdálkodás hazai feltételeinek megteremtésén dolgozik.



**CLEMENT ADRIENNE** okleveles építőmérnök (1993), PhD (2005), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék egyetemi docense. Szakterülete a vízminőség-védelem és szabályozás, vízgyűjtők anyagforgalma, vízminőségi monitoring. Tagja az MTA Vízgazdálkodástudományi Bizottságnak, az MTA Hidrológiai Osztályközi Állandó Bizottságának, a Magyar Hidrológiai Társaság Lászlóffy Woldemár Diplomamunka Pályázat Bíráló Bizottság titkára, az MTA Bollyai János Kutatási Ösztöndíj Kuratórium tagja, a GWP Magyarország Alapítvány alapító tagja.



**DARABOS PÉTER** okleveles vízépítő mérnök, 1976-ban diplomázott a Budapesti Műszaki Egyetem Vízellátás-Csatornázás Osztályán. 1976-tól 1979-ig tervező mérnök a VIZITERV-nél, majd 1979-től nyugdíjba vonulásáig a tanszék munkatársa. 1989-ben egyetemi doktori címet szerzett. Oktatási és kutatási területei: víziközmű hálózatok modellezése, tervezése, üzemeltetése, közmű informatika.



**DECSI BENCE** okleveles infrastruktúra-építőmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének tudományos segédmunkatársa. Főbb kutatási témái a hidrológiai ökoszisztéma szolgáltatások térképezése, számszerűsítése, települési vízgazdálkodás, illetve a felszíni és felszín alatti vizek kapcsolatának elemzése.



**FÜLÖP ROLAND** okleveles építőmérnök, egyetemi docens, 2004-ben diplomázott a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékén. 2004-2005-ben művezető a Szabadics Zrt-nél. 2005-től a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék munkatársa. Oktatási és kutatási területei: víziközmű hálózatok modellezése, tervezése, vezetékek rekonstrukció.



**JOLÁNKAI ZSOLT** okleveles építőmérnök, 2006-ban diplomázott a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékén. Két évet töltött szennyvízhálózatok rehabilitációs munkálatainak tervezésével az angliai Peterboroughban, majd visszatért a tanszékre, ahol azóta vízgyűjtők hidrológiai és tápanyagemissziós modellezésével foglalkozik.



**JUHÁSZ ENDRE** CSc, vasdiplomás okleveles építőmérnök, vízellátás-csatornázás okleveles szakmérnök, a Budapesti Műszaki Egyetem (BME) és a Szent István Agrártudományi Egyetem (SZIE; mai nevén Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, MATE) címzetes egyetemi tanára, a műszaki tudományok kandidátusa. Közel 30 év tervezői gyakorlatot követően került főosztályvezetőként a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium vízellátási, csatornázási és fürdő ágazatokért felelős főosztálya élére. Több mint 50 éve kapcsolódott be – óraadóként – a felsőoktatás munkájába, ahol elsősorban a települési szennyvíziszap kezelés tárgya volt a fő területe. Közel 190 publikációja jelent meg, 11 könyv társszerzője, a Csatornázás fejlődésének története; a Szennyvíztisztítás története könyvek, valamint a Települési Szennyvíziszap Kezelés szak- és felsőoktatási tankönyvek szerzője. Kiténtetése: Köztársasági Érdemrend Tiszti Fokozat Polgári tagozat, Lovagkereszt, Munka Érdemrend ezüst fokozat, Felsőoktatásért Érdemérem, Reitter Ferenc díj, a Magyar Hidrológiai Társaság tiszteleti tagja. A Magyar Mérnöki Kamara örökös tagja. A Magyar Tudományos Akadémia Vízellátási és Csatornázási Szakbizottság elnöke, a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség (MaSzeSz) tiszteletbeli elnöke. A Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) elnökségi tagja (1985-1994), a Társaság alelnöke (1985-1990), a Szennyvíz Szakosztály titkára, alelnöke, majd vezetőségi tagja volt. Az MHT Tudományos Bizottságának és a Vízügyi Tudományos Tanácsnak tagja.



**KARDOS MÁTÉ KRISZTIÁN** PhD, okleveles építőmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék egyetemi adjunktusa. Négy évnél kivitelezői munka (szennyvíztelepek építése) után 2020-ban szerzett PhD fokozatot a BME VKKT-n. Kutatási témái a felszíni vizek minőségi monitoringja és a vízgyűjtők anyagforgalmi modelljei. Tagja a Magyar Hidrológiai Társaságnak.



**KNOLMÁR MARCELL** PhD, okleveles építőmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék egyetemi adjunktusa. 1988-ban diplomázott a Vízellátás-Csatornázás Tanszéken, majd ezt követően a tanszék munkatársa lett. 2011-ben szerzett doktori fokozatot. Disszertációját számítógéppel segített csatornatervezés témakörében írta. Fő szakterülete: csatornahálózatok tervezése és modellezése, térinformatika a környezetvédelemben és a vízellátás-csatornázás területén, csatornahálózatok rehabilitációja, szennyvíztisztító telepek intenzifikálása.



**KONCSOS LÁSZLÓ** egyetemi tanár, a BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék korábbi vezetője. 1981-ben szerzett építőmérnöki diplomát, 1989-ben egyetemi doktori címet, 1997-ben PhD fokozatot és 2009-ben habilitált. Kutatási területei: hidrológiai, hidrodinamikai és vízminőségi folyamatok – utóbbin belül pedig különösen a nem-pontszerű szennyezések – modellezése, döntéstámogató rendszerek és optimalizációs módszerek fejlesztése, valamint légszennyezések transzmissziója. Tagja a Magyar Hidrológiai Társaságnak és a Nemzetközi Vízsövetségnek (International Water Association).



**KONCSOS TAMÁS** PhD, okleveles építőmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék egyetemi adjunktusa. Fő szakterülete a szennyvíztisztítás, az eleveniszapos rendszerek biokinetikai modellezése, az üzemi irányító, döntéstámogató rendszerek fejlesztése, a gépi tanulási módszerek alkalmazása az építő- és környezetmérnöki gyakorlatban.



**KOZMA ZSOLT** PhD, okleveles környezetmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének docense. Doktori fokozatot az Építőmérnöki Karon szerzett 2013-ban, értekezésének témája a belvízkockázat matematikai modellezése volt. Kutatási témái: hidrológiai modellezés, telítetlen talajok vízforgalma, ökoszisztéma szolgáltatások.



**LICSKÓ ISTVÁN** CSc, okleveles kémia-fizika szakos középiskolai tanár, környezetvédelmi szakmérnök, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék címzetes egyetemi tanára. Fő szakterülete a víztisztítás – koaguláció-flokkuláció, szilárd-folyadék fázisátválasztás, adszorpció aktívszén felületén, fertőtlenítés, nehézfém eltávolítás –, a kémiai szennyvíztisztítás – foszfor és nehézfém eltávolítás –, valamint vízminőség-értékelés. A Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség, a Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara és a Magyar Kémikusok Egyesülete, valamint a Hidrológiai Közlöny és a Hírcsatorna szerkesztőbizottságának tagja. Benedek Pál díjas.



**MURÁNYI GÁBOR** okleveles infrastruktúra-építőmérnök, MSc diplomáját 2019-ben a BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékén szerezte. Jelenleg a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék negyedéves doktorandusz hallgatója. Kutatási témája az alternatív árvízvédelmi megoldások stratégiai lehetőségeinek tudományos megalapozása. A Magyar Hidrológiai Társaság, a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség, valamint a BME Zielinski Szilárd Építőmérnöki Szakkollégium Vízépítő Tagozatának senior tagja.



**MUSA ILDIKÓ** környezetmérnök MSc, vízellátás-csatornázás szakmérnök. 1987-től a VITUKI-nál dolgozott, majd 2005-ben került a Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékre, ahol mestertanárként és laboratóriumvezetőként dolgozik. A hallgatói laborgyakorlatok mellett számos tantárgy – Víz- és környezetkémia, hidrobiológia, Gyógy- és strandfürdők, Általános vízanalitika labor – oktatásában vesz részt. Emellett a tanszék kutatási-szakértési projektjeinek aktív résztvevője.



**RAUM LÁSZLÓ** okleveles építőmérnök. 1973-tól, diplomája megszerzése óta a BME Építőmérnöki Karán a vízépítő mérnökök képzésében vett részt, laboratóriumi és üzemi kutatások, fejlesztések és szakértési, tervezési feladatok mellett a vízépítés és a víziközmű-tervezési, -építési szakterületeken. A Magyar Hidrológiai Társaság főtitkára volt 1990-1996 között. A Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara Vízépítési és Vízgazdálkodási Szakcsoportjának vezetőségi tagja, 2018-tól a szakcsoport elnöke. Kutatási területei a hidrológia, a hidraulika, a műtárgy- és folyami hidraulika, a vízvédelem, a parti szűrésű vízbázisok folyóoldali és háttérből történő szennyeződése és veszélyeztetése, a helyszíni vizsgálatok, a talajvízvédelem, a szennyvíztisztítás, a holt- és mellékágak vizsgálata. Tevékenysége elismeréséül 2017-ben az Emberi Erőforrás Minisztériumtól Pedagógus Szolgálati Emlékérmét kapott. 2021-ben a Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara Hollán Ernő díjjal tüntette ki.



**SOMLYÓDY LÁSZLÓ** a BME Professor Emeritusa, az MTA rendes tagja, a BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék korábbi vezetője. Jelentős eredményeket ért el szennyvizek elkeveredésének kutatásában vízfolyásokban; transzportfolyamatok és összetett környezeti rendszerek modellezésében; a vízminőség-szabályozás területén; az eutrofizálódás vizsgálatában; döntéstámogató rendszerek kifejlesztésében; a költséghatékony szennyvíztisztítás területén. Foglalkozott a Balatonnal, a Dunával, a Tiszával, a Sajóval, a Rábával és más felszíni vizekkel itthon és a közép-európai országokban, Kanadában, Brazíliában, Szingapúrban és Kínában. Nemzetközi tudományos karrierje során az International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) vízzel, illetve környezettel foglalkozó programjának vezetője, valamint az International Water Association (IWA) és a European Environmental Agency Scientific Committee elnöke volt. Itthon is számos szakmai közéleti tisztséget töltött be: az MTA Műszaki Tudományok Osztálya elnöke; a MAB alelnöke; az Országos Környezetvédelmi Tanács tagja; a Tudomány és Technológiapolitikai Tanácsadó Testület elnöke volt. Közel 50 könyvet, illetve fejezetet, több mint 100 tudományos cikket, 300 tudományos előadást jegyez. Elismerései közül a Gábor Dénes Díjat, a Széchenyi-díjat, a József Nádor Emlékérmét, a Hazám-díjat és a Környezetvédelmi Felsőoktatásért Díjat emeljük ki. 2015-ben megkapta a European Water Association (EWA) nagydíját (Dunbar Medal).



**SZILÁGYI FERENC** PhD, okleveles biológia-kémia szakos középiskolai tanár, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Kar Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének címzetes egyetemi tanára. Fő szakterülete a hidrobiológia, a vízgyűjtő-gazdálkodás, a vízminőség-szabályozás. A Magyar Hidrológiai Társaság (MHT), a Magyar Víz- és Szennyvíztechnikai Szövetség és a Budapesti és Pest Megyei Mérnöki Kamara tagja, szerkesztőbizottsági tag a Hidrológiai Közlöny és a Journal of Fisheries Science folyóiratoknál.



**VARGA LAURA** a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékének tudományos segédmunkatársa, okleveles infrastruktúra-építőmérnök. Fő kutatási területei: városi csapadékvíz-gazdálkodás, kék-zöld infrastruktúra rendszerek, lefolyás és hidrodinamikai szimulációk, csapadék leeskálázás.



**PATZIGER MIKLÓS** okleveles építőmérnök, PhD, egyetemi docens, az MTA doktora, tanszékvezető. Szakmai területe a víziközművek és a szennyvíztisztítás tervezése, fejlesztése és hatékonyságnövelése. Főbb tudományos közéleti tevékenységeként említendő, hogy az IWA Specialist Group on the Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants titkára és a Water Science and Technology című folyóirat szerkesztőbizottságának tagja. Ezen kívül számos nemzetközi (például EWA, DWA) és hazai tudományos és szakmai szervezetben vállal aktív szerepet. Számos díj és elismerés birtokosa, ezek közül is kiemelkedik, hogy a nagykőrösi szennyvíztisztító telep tervezésért felelős mérnökeként a "vízépítés Ybl díjának" is tekintett Lampl Hugó Díjban részesült.

## JEGYZETEK: