



Knolmár Marcell:

Számítógéppel segített csatornatervezés

című doktori (PhD) értekezés tézisei

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építőmérnöki Kar
BME Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszék

2011.

1. Csatornahálózatok számítógéppel segített tervezési rendszere

Az egyesített és elválasztott típusú csatornahálózatok számos ponton kapcsolódnak a természetes és épített környezethez, elsősorban a hidrológiai és települési vízgazdálkodási rendszerekhez. Az **1. ábrán** a csatornahálózat azon kapcsolatait emeltem ki, melyek a **3. fejezetben kiválasztott** és az **értekezésemben részletesebben vizsgált**, aktuális kutatási jellegű **problémák megoldása szempontjából** lényegesek. A további lehetséges kapcsolatokat (pl. szennyvíztisztító teleppel, a talajvízzel, a befogadóval való kapcsolatokat, szaggatott vonallal) jelöltem az ábrán. A csatornahálózat vízgyűjtői esetén is a csapadékkal való kapcsolatot vizsgáltam részletesebben, mivel a csatornahálózat kvantitatív vizsgálatát elsősorban a csapadékterhelés határozza meg. A további kapcsolatokat (pl. evapotranspiráció) jelöltem az ábrán.

Az **1. ábra** „csatornarendszer” című oszlopában az értekezésemben részletesebben vizsgált problémák megoldásához szükséges elemeket és folyamatokat emeltem ki. A **csatornahálózat** jelenti a rendszer alapvető elemét, melyben természetesen nemcsak vezetékek és aknák, hanem egyéb szabályozó elemek (pl. tározók, átemelők, záporkiömlők) is lehetnek, melyek működése meghatározó jelentőségű a rendszer viselkedése szempontjából. Az elválasztott csapadékcsatornák és az egyesített rendszerű csatornák esetén a **vízgyűjtőről lefolyó csapadékvíz** jelenti a terhelés mennyiségi szempontból **meghatározó** részét. Vízhigiéniai, szennyvíztisztítási szempontból jelentős a kommunális, ipari, közintézményi forrásból származó szennyvíz, melynek mérési lehetőségét jelöltem az ábrán.

A csatornahálózat terhelési határfeltételét jelentő, a vízgyűjtőről lefolyó csapadékvíz mérése közvetlenül nehezen kivitelezhető. A csatornahálózatot a vízgyűjtőn keresztül közvetve érő terhelés, a **lehulló csapadék mérésére** vonatkozóan vizsgálatokat végeztem értekezésemben. A vízgyűjtőre vonatkozó lehetséges egyéb mérési lehetőségeket (pl. talajjellemzők) jelöltem. A csatornahálózatban kialakuló **áramlási viszonyok** (vízmélység, sebesség, vízhozam) **mérése** jelenti a másik fontos gyakorlati és elméleti jelentőségű mérési feladatot a csatornarendszerre vonatkozóan. Elsősorban a **hidrodinamikai modell kalibrálásához** fontos az áramlási viszonyok és a csapadékterhelések egyidejű mérése. A csatornahálózatra vonatkozó további mérési lehetőségeket (pl. hordalékszint, szemeloszlás) jelöltem az ábrán.

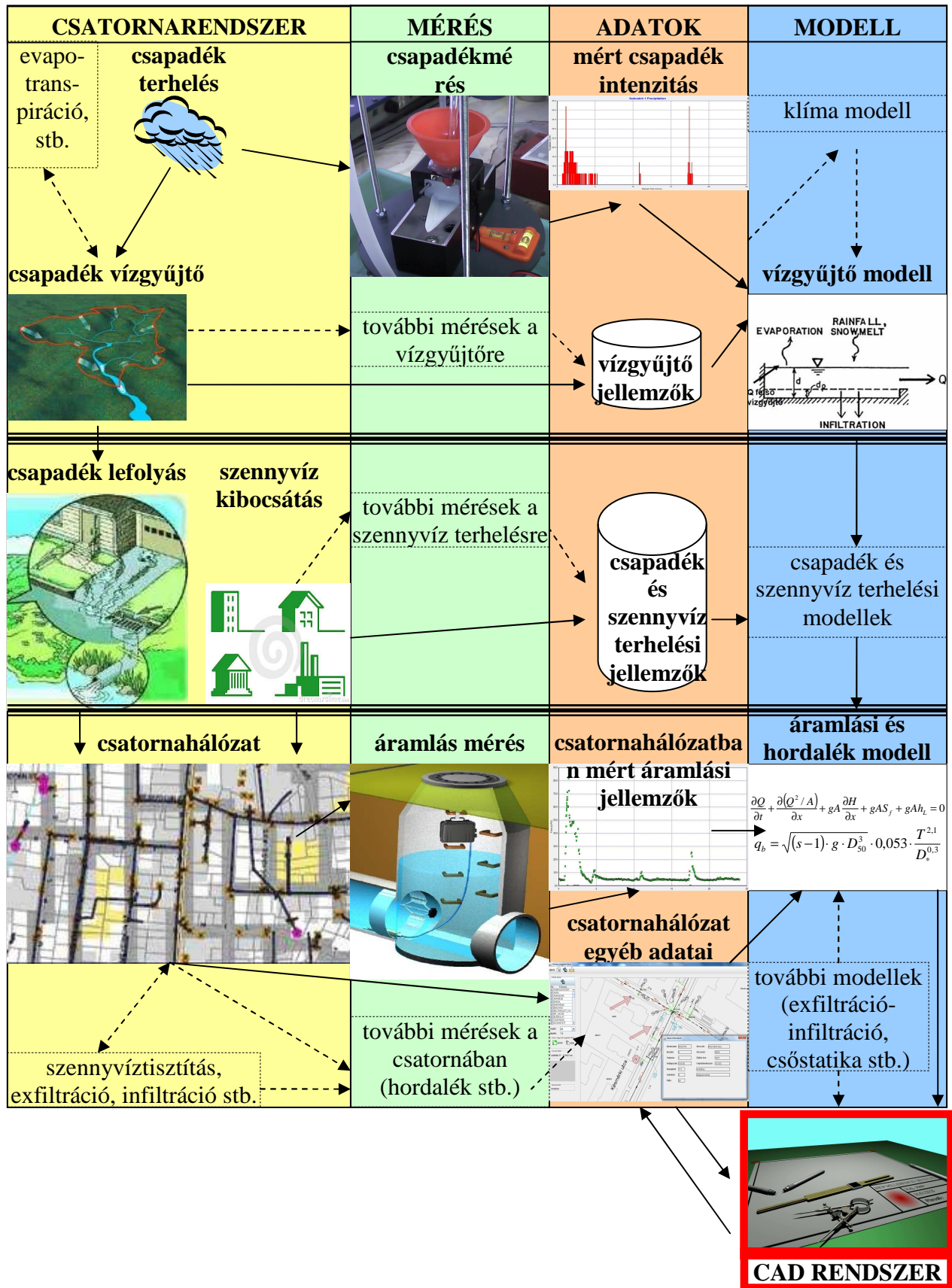
Természetesen a rendszerben felhasználandó adatokat tárolni, nyilvántartani, karbantartani szükséges. Az adatokból különféle lekérdezéseket, kigyűjtéseket kell rendszeresen elvégezni. A különböző forrásból (mérés, felmérés, digitalizálás stb) származó **adatok jelentik az alapját a tervezési és üzemeltetési**, sokszor modellezéssel megoldható **feladatoknak**. A **vízgyűjtőkre és a csatornahálózatra vonatkozó** (geometriai és hidraulikai) **adatok** mellett természetesen ugyanennek az adatbázisnak alkalmasnak kell lenni a különböző egyéb (pl. talajvíz) adatok tárolására is.

A **modellezési cél** jelenti az **egyik legjelentősebb adatigényt** a csatornarendszerre vonatkozóan. Egyrészt a vízgyűjtőre vonatkozó, a lefolyást meghatározó adatokra van szükség, másrészt a vízgyűjtőn keresztül a vízhozam terhelést eredményező csapadékadatokra. A vízgyűjtőre vonatkozó szükséges adatok mennyiségét és minőségét döntően meghatározza a hidrodinamikai modellben használt **vízgyűjtő lefolyási modell**. A csatornahálózat 1 dimenziós áramlási modelljéhez szükségesek a hálózat (pl. geometria) adatai. A terhelési adatok származhatnak a vízgyűjtő lefolyási modelljének kimenetéből, másrészt közvetlen terhelésekből is (pl. szennyvíz). A **hidrodinamikai áramlási modell meghatározza** a szükséges adatokat. Mind a vízgyűjtő lefolyási mind az áramlási modell adatai mérésekből vagy más (pl. térkép, számítás, becslés) forrásból származnak. További

modellek (infiltráció-exfiltráció, csóstatika stb.) is kapcsolódhatnak a csatornarendszerhez, a vízgyűjtő és a hidrodinamikai modellek mellett.

A tervezési rendszer, értekezésemben részletesen tárgyalt, **lényegi részét képezi a CAD** (számítógéppel segített tervezés) feladatrészt. A számítógéppel segített tervezés jelentheti új csatornák tervezését, meglévő csatornák áttervezését, felülvizsgálatát. Ehhez a feladatrészhöz felhasználhatók a hidrodinamikai, hordalék és további modellek eredményei, valamint a meglévő hálózat adatai. A tervezés eredményeként az új vagy megváltozott csatornák adatai bekerülnek a csatornahálózatra vonatkozó adatok közé, illetve megfelelően módosulnak. Tehát a tervezési folyamat **adatforgalma kétirányú**.

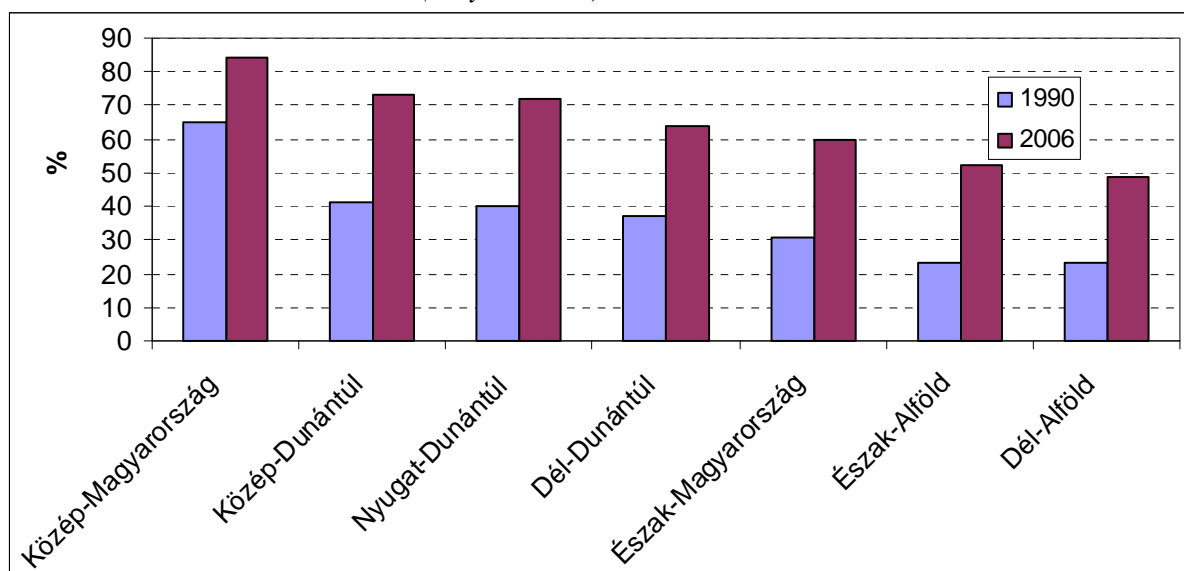
Témaválasztásomban a **tervezésen van a fő hangsúly**, ugyanakkor értekezésemben a tervezés segítségének (CAD) fogalmába egyes üzemeltetési problémák megoldását is beleérttem. A hazai tervezési folyamatban sajnos nem fektetnek elég hangsúlyt az üzemeltetési szempontok figyelembe vételére. Az általam bemutatott CAD rendszer minden olyan eleménél, ahol szoros kapcsolat van a tervezés és **üzemeltetés** között, az **üzemeltetést segítő megoldásokat is bemutattam** (pl. az adatok nyilvántartása, morfológia változások figyelembe vétele).



1. ábra Csatornahálózatok számítógéppel segített tervezési rendszere

2. Aktuális csatornatervezési problémák

Hazánk csatornázottsága alapján (Juhász, 2008) még mindig szükség van újabb szennyvíz csatornahálózatok építésére, az évente megépült csatornahosszak növekedése ellenére. Főként a kelet-magyarországi területeken figyelhető meg jelentős elmaradás (3. ábra). A csapadékcatornák jó része nyílt rendszerű, több helyen szükséges zárt rendszerre áttérni. Törekedni kell a lehulló csapadékvíz talajba szikkasztására, a burkolt felületek csökkentésére. Ezzel együtt várhatóan új csapadékcatornák építésére is szükség van. Az egyesített rendszerű csatornák helyett több helyen elválasztott rendszerre térnek át. Mindezek alapján **új szennyvíz és csapadékvíz csatornahálózatok tervezése** még mindig aktuális feladat a közműves szakmában, melyhez manapság már feltétlenül szükséges a számítógépes segítség. A csatornahálózat tervezése során az adatok kezeléséhez, a rajzi részek elkészítéséhez, a számításokhoz nyújthat segítséget a számítástechnika. A hidrológiai, hidrodinamikai modellek használata komplexebb szemléletű, a fenntartható fejlődéssel összhangba hozható tervezési módszert tesz lehetővé (Gayer, 2004).



2. ábra Csatornahálózatba bekapcsolt lakások aránya 1990-ben és 2006-ban (Juhász, 2008)

A **meglévő csatornahálózatokkal kapcsolatban** számos probléma körvonalazható. A csatornahálózat egy része hidraulikai **kapacitás hiányában** válik túlterheltté. Ennek egyik lehetséges oka a terhelés tervezetthez képest megnövekedett értéke, másik oka a csatorna természetes elhasználódása. A terhelésnövekedés következhet be engedélyezett és tiltott rákötések, infiltráció következtében. A tervezetthez képest megnövekedhetnek a szennyvíz és csapadékvíz terhelések is. A csatorna öregedésével megnövekedő csőfal sűrűlódás, gyökérbénővések, illesztési elmozdulások és egyéb szerkezeti hibák csökkentik a csatorna szállítóképességét, fokozatos tönkremenetel következhet be. Végül esetben a beomlások, dugulások teljesen megszüntetik a csatorna alapvető funkcióját. A meglévő rendszerek felújításához, átépítéséhez, kicseréléséhez szükséges tervek elkészítése aktuális építőmérnöki feladat, melyhez a **meglévő állapotra elkészített modell** a továbbiakban segítséget nyújthat.

Ahol már sikerült a mennyiségi problémákat megoldani, ott egyre inkább előtérbe kerülnek a **szennyvízelvezetés minőségi problémái**. A **záporkiömlőkön keresztül** közvetlenül éri a szennyezés a **befogadót**. A záporkiömlő műtárgyakat az aktuális jogszabályi rendelkezéseknek megfelelően kell megtervezni (áttervezni). Az **exfiltráció következtében a talajvizet** érheti szennyezés, rosszul megépített vagy elöregedés hatására vízzáróságát elvesztő csatorna esetén. A befogadóval és a talajvízzel való kapcsolat számítógépes modellezése segítséget adhat a **vízminőségi problémák** megoldásában.

A szennyvíztisztító telepre érkező összegyűjtött szennyvíz minősége (a mennyiség mellett) meghatározó jelentőségű a **szennyvíztisztítás** hatékonysága szempontjából. A hosszú utazási idő szagproblémát és betonkorróziót okozhat. A **csatornahálózat áramlási viszonyainak hidrodinamikai modellezése** segítséget adhat a vízminőségi problémák megoldására.

Összefoglalva a következő területeken jelentkeztek és jelentkeznek aktuális feladatok a csatornahálózat tervezése és üzemeltetése területén:

- új csatornahálózat tervezése,
- meglévő csatornahálózat újratervezése és
- csatornahálózat üzemeltetési beavatkozásainak megtervezése.

Összefoglalva a következő kategóriákban merültek fel és merülnek fel igények számítógép segítségével:

- nyilvántartó (térinformatikai) programok,
- nyomvonaltervezést segítő, tervdokumentációt készítő programok és
- hidrodinamikai, vízminőségi szimulációs programok.

3. Problémakörök kiválasztása, célkitűzés

A szennyvíz és csapadék csatorna tervezés fontosabb részfolyamatai (*Horváth, 1985; Öllős, 1990; Sali, 1990; Darabos és Mészáros, 2006*):

- szennyvíz és csapadékvíz mennyiségek meghatározása
- hidraulikai méretezés
- csatornák, műtárgyak és egyéb berendezések kialakítása, elhelyezése (vonallevezetés)
- csatornák erőtani méretezése (csőstatika)
- tervdokumentáció készítése

Az egyes részterületekre részletes tervezési segédletek készültek (*Dulovics, 1975; Öllős, 1983; Bozóky-Szeszich, 1988; Dulovics Dné, 2003*).

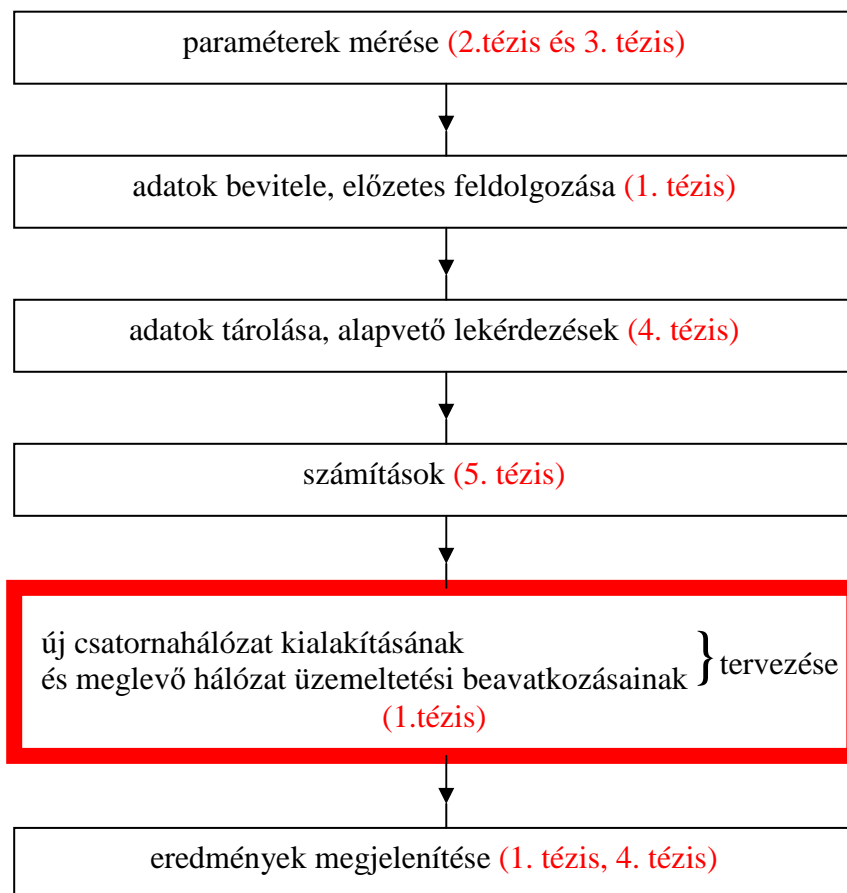
A csatornatervezési folyamatot hidraulikai, szerkezeti és gazdasági megfontolások is meghatározzák. A csatornatervezés lehetséges lépései ezek alapján (*Vickridge, 2004*):

- a tervezési területre vonatkozó adatok beszerzése
- előzetes helyszínrajzi nyomvonal tervezés
- előzetes magassági nyomvonal tervezés
- hidraulikai méretezés
- végleges nyomvonal kialakítása
- szerkezeti méretezés

A csatornatervezés azon **gyakorlati és elméleti szempontból kulcsfontosságú lépéseit** mutatom be összefoglalva a **3. ábrán**, melyeknél felmerül az **új megoldások** iránti igény. A tervezési lépések közül egy adott tervezési feladat esetén kimaradhatnak egyesek és bekerülhetnek újak, az általam leírt tervezési folyamat egy szokásos tervezési feladat esetén általában érvényes.

Sem a **tervezési lépések**, sem az azt segítő eszközök **nem választhatók szét** ennyire élesen egymástól és nem következnek sorban egymás után minden esetben. Pl. az adatok bevitele és

a csatorna nyomvonal tervezése történhet ugyanazzal a segédeszközzel, általában ismétlődő feltöltéssel, javítással. A térinformatikai rendszer az adatok bevitelét, tárolását, a döntésekhez szükséges információk lekérdezését is tartalmazza. A térinformatikai rendszerrel segített döntések tervezési folyamata visszacsatolásokat, hurkokat, fokozatos közelítést tartalmazhat. A számítógéppel segített csatornatervezés célja a **mérnöki munka megkönnyítése** a számítástechnika aktuális lehetőségeinek kihasználásával. Általános elvként mindig szem előtt tartandó, hogy a mérnöki döntésekhez csak segítséget nyújthatnak a programok, de általában nem válthatják azt ki. Ezért ki kell emelnem mérnök szerepét. Természetesen nem minden mérnöki jellegű tevékenységet érdemes gépesíteni. Leginkább az ismétlődő vagy hasonló jellegű, sok számítást igénylő feladatok esetén van tere a számítástechnika alkalmazásának.



3. ábra A csatornatervezés jellemző lépései

*A tervezési lépésekhez tartozó **téziseket piros betűtípussal jelöltem. Piros kerettel emeltem ki az értekezésem **központi részét** jelentő lépést.***

Kutatási tevékenységem során mindig a csatorna tervezés területén aktuálisan fontos témákkal foglalkoztam. Értekezésemben azon munkáim, kutatásaim eredményeit fejtem ki részletesebben, mely munkákban én voltam a meghatározó résztvevő, szakmai tartalmában, megközelítésében **újdonsságot jelentettek és gyakorlati vagy elméleti szempontból fontosnak minősíthetők.**

A csatornatervezési folyamat mindegyik, a **3. ábrán** látható lépéséhez megadtam egy általam kifejlesztett, újdonságnak számító, fontosnak tartott megoldást:

Az **1. tézisben** a számítógéppel segített **közműtervezésre** általam kifejlesztett megoldást, annak alapelveit és újdonságait ismertetem, mely a közműtervezési területen általánosan alkalmazható. Az adatok bevitelére, feldolgozására, az optimális vonalvezetés megtervezésére, az eredmények mérnöki dokumentáció jellegű megjelenítésére ad segítséget. A bemutatott megoldás bevezetésének időszakában egyedüli és alapvető volt, azóta Magyarországon széleskörűen alkalmazzák.

A **2. és 3. tézisben** a tervezéshez szükséges adatok alapvető beszerzési formájára, az adatok mérése mutatok be egy megoldást. Az általam fejlesztett **csapadékmérő műszerrel** nagy mennyiségű és jó minőségű adat biztosítható a csapadékcsatornák modellezéssel történő vizsgálatához.

A **4. tézis** a csatorna üzemeltetés területén a szaktanácsadással kidolgozott rendszer leírását tartalmazza. Az üzemeltetési jellegű beavatkozások megtervezéséhez elengedhetetlenül szükséges, a budapesti csatornahálózatra kidolgozott **nyilvántartási rendszert**, annak újdonságait ismertetem. Az adatbázisra épülő térinformatikai rendszerrel megoldható a csatornarendszerre vonatkozó szakági adatok tárolása, alapvető információkat nyújtó lekérdezések végrehajtása, az eredmények korszerű megjelenítése. A bemutatott megoldások Magyarországon újdonságnak számítottak és számítanak.

Az **5. tézisben** a csatornahálózatban szállított **hordalék számítására** alkalmazható, általam kifejlesztett hordalékszállítási és morfológiai modellt ismertetem, a kifejlesztett üzemeltetési-tervezési rendszer részeként. Magyarországon napjainkig csak meglehetősen költséges kereskedelmi, külföldi fejlesztésű, idegen nyelvű csatorna szimulációs programokkal voltak elérhetőek a hordalékszállítási számítások. Az *SWMM-M* hordalékmodellel végzett szimulációs vizsgálatok segítségével a lehetséges beavatkozások tényleges kivitelezése nélkül azok hatása elemezhető.

Értekezésem **2. és 5. téziséhez** kapcsolódóan a csatornahálózat **hidrodinamikai modellezését** az *EPA SWMM5 (Rossman, 2010)* programmal végeztem. Az egyik legelterjedtebben használt program, az *SWMM*, **nyílt forráskódjának** köszönhetően lehetővé teszi tetszőleges fejlesztések beépítését. Mivel a szakterületen jövőbeni fejlesztések is várhatók, ez a tulajdonság a kutatás számára alapvető jelentőségű. Az *SWMM* felhasználói, fejlesztői támogatottsága (súgó, leírás, fórum stb.) nagyon jó. Tapasztalatom szerint egyszerűbben használható, mint a konkurens programok (*Mike Urban, WinDAP, Kanal++*). Számítási motorja a konkurens kereskedelmi és ingyenes programokhoz hasonló eredményeket szolgáltat. Ennek részletesebb összehasonlító vizsgálatára a szakirodalomban több eredményt is közöltek.

Minden vízgyűjtő és hálózati modell tekintetében megállapítható (*Lockie, 2009*), hogy a megvizsgált szoftverek (*SWMM, Mouse/Mike Urban, InfoWorks CS*) hasonlóak műszaki teljesítmény, képességek és megbízhatóság tekintetében. Jelentősebb különbségek a felhasználói felület és az adatkezelés tekintetében vannak.

A hidrológiai részek (terepi lefolyás, beszivárgás, talajvízzel való kapcsolat stb.) tekintetében megállapítható (*Lockie and Joseph, 2008*), hogy az *SWMM* egyszerűbb modelleket használ, mint a sokszor túlbonyolított modelleket tartalmazó konkurens programok (*Mouse, InfoWorks CS*). Amennyiben rendelkezésre állnak adatok a bonyolultabb modellekhez (talajadatok, talajvízszintek), akkor ezek pontosabb eredményeket szolgáltatnak. Általában azonban ezekre a jellemzőkre még Magyarországnál gazdagabb országokban sincsenek elegendő mérési adatok.

Az *SWMM* terepi lefolyásra használható egyszerűsített nem- lineáris tározómodellje hasonló eredményeket (*Trommer et al., 1996.*) adott, mint az USA-ban használatos más

modellek, beleértve a racionális módszerre épülő modellt is, de csak a modellek kalibrálása után.

Műszaki, gazdasági, használati és tanácsadási szempontok súlyozott átlaga alapján 4 megvizsgált hidrodinamikai modell közül (*InfoWorks, XPSWMM, Mouse, SWMM*) a *Mouse* kapta a legmagasabb, az *SWMM* a legalacsonyabb pontszámot (*Earth Tech Inc., 2006*). Az *SWMM* csak számítástechnikai szempontok (a már említett gyenge adatkezelés, a GIS integráció és kalibrációs segédeszközök hiánya, valamint a nagy hálózatok elmeinek bonyolult névazonosítói) miatt kapott alacsony pontszámot.

Az *SWMM* és a *Mouse* összehasonlítása (*Zahidi, 2011*) azt mutatta, hogy az extrém szituációkat (száraz, nyomás alá került, visszaduzzasztásos és hosszú vezetékek esetét) a két program – számítási módszerük különbözőségéből következően – különbözően oldja meg, de a programok szakszerű használatával hasonló eredmények érhetők el.

Világszerte számos alkalmazás született, ahol az *SWMM* említett hiányosságait a „számítási motor” megtartása mellett kiküszöbölték: pl. *XPSWMM (XP Software, 2011)*, *GeneralStorm (GeneralCom, 2010)*, *WaterRisk (Kozma és Koncsos, 2011)*.

A *HEC-RAS (Brunner, 2010)* és a *WaterRisk* rendszer 1D hidrodinamikai modulja, mely utóbbi az *SWMM* számítási motorjára épül, számos hidraulikai szituációt kielégítően közelít (*Koncsos, 2011*).

Mérlegelve a szakirodalmat, modellezési tapasztalataimat, a jelenleg rendelkezésre álló lehetőségeket az ***SWMM* programot választottam** modellezési eszközül. A most felmerült problémákra néhány kereskedelmi szoftver megoldást adna, de a jövőbeli továbbfejleszthetőség lehetőségét az *SWMM* esetén látom biztosítotttnak.

Az eredmények összefoglalása tézisekben

*A csatornahálózatok számítógéppel segített tervezés lényeges elemeit tézisekben foglaltam össze. Ennek meghatározó eleme az 1. tézisben foglalt **SewCAD tervezői rendszer**. A tervezői rendszer alapját képezik a 4. tézisben részletezett **adatkezelő rendszer** és a 2.,3. tézisekben ismertetett **mérési megoldásokra épülő, az 5. tézisben megadott fejlesztésekkel kibővített hidrodinamikai modell**.*

1. tézis:

A mérnöki-tervezői gondolkodás elemzésével megállapítottam, hogy az általános mérnöki tervezői rendszerek helyett a közműtervezésre szerkezeti, hálózati, terhelési megoldások tekintetében speciális tervezői rendszer hatékonyabb.

Megállapítottam, hogy általában a kétdimenziós síkmetszetekben történő közműtervezés a leghatékonyabb. A számítástechnikailag megvalósítható, háromdimenzióban történő tervezés csak speciális feltételek teljesülése mellett lehet gazdaságos, elsősorban a szükséges adatok beszerzése és megadása miatt.

Kidolgoztam a számítógéppel segített közműtervezői rendszer új, részletes módszerét, a SewCAD-et.

A tézis publikációja:

(Buzás-Werner-Knolmár, 1991)

(Knolmár-Werner, 1991)

(Knolmár, 2009)

2. tézis:

A korszerű, számítógéppel segített tervezésnek szerves részét képezi a csatornahálózatok hidrodinamikai modellezése. A települési csapadék csatornahálózat számítógépes tervezéséhez nélkülözhetetlen a csapadékmennyiség és intenzitás mérése.

Megállapítottam a csapadékmérések főbb jellemzőit: a területi sűrűséget, a billenőkanál méretet és az összegzési időt. A főbb jellemzők vizsgálatára kidolgoztam a feladatspecifikus számítás módszerét.

Kimutattam, hogy a modellezéshez szükséges csapadékmérés területi sűrűsége az általam vizsgált vízgyűjtőre, az általam vizsgált módszerrel az angol előírásoktól eltérően, költség-hatékonyan, kb. 3000 méter alkalmazásával is megfelelőnek bizonyult. „Nagyon jó” számítási eredményeket értem el 0,2 mm-es maximális billenőkanál méret és 20 perces maximális összegzési idő alkalmazásával.

A tézis publikációja:

(Knolmár, 2010a)

(Knolmár, 2011b)

3. tézis

Az általam vizsgált települési csapadék csatornahálózat számítógépes modellezéséhez a 2. tézisben jellemzett pontosságú, sűrűségű és intenzitású mérés szükséges. Az általam kifejlesztett, innovatív csapadékmérő műszer minden tekintetben megfelel a hidrodinamikai modellezési és az üzemeltetési igényeknek.

A műszer a terepi mérésekhez legalkalmasabb, billenőkanalas elven alapszik, kihasználja a legújabb elektronikai és számítástechnikai lehetőségeket.

Az általam kifejlesztett csapadékmérő műszer előnye, hogy a közvetlenül mért billenések idejét szolgáltatja másodperc pontossággal, nincs beépített összegző vagy korrekciós átalakítás, továbbfejleszthető az aktuális informatikai feltételeknek megfelelően, alacsony az alkalmazási költsége.

A tézis publikációja:

(Knolmár, 2010a)

(Knolmár, 2011b)

4. tézis

Megvizsgáltam a csatornahálózatok üzemeltetéséhez és tervezéséhez szükséges adatok típusait, tárolási lehetőségeit. Az 1980-as évek végén Magyarországon újdonságnak számított az általam ekkor kifejlesztett megoldás.

Megállapítottam, hogy a csatornahálózat földrajzi adatait az általános célú relációs adatbázisban kell tárolni. A csatornahálózat adatainak többségét a szervezeti egységek közös, általános célú relációs adatbázisában célszerű tárolni, az adatok konzisztenciája és az egységes hozzáférés érdekében.

Megállapítottam, hogy az adatbázisokban mostanában elterjedten alkalmazott térinformatikai kiterjesztés nem eredményez lekérdezési sebesség növekedést a célszerűen felépített általános célú relációs adatbázishoz (PostgreSQL) képest.

A tézis publikációja:

(Knolmár-Deli, 1997)

(Knolmár, 2007)

(Knolmár, 2010a)

5. tézis:

Megvizsgáltam a számítógéppel segített csatornatervezéshez alkalmazható hidrodinamikai szoftverek hordalékszámítási egységeit. Továbbfejlesztésre a morfológiai számítást nem tartalmazó (SWMM) szoftvert választottam ki.

A szakirodalomban ismert, a hordalékszállításra, valamint a falsúrlódásra és a lerakódott hordaléksúlódásra vonatkozó összefüggések újszerű kombinálásával a zárt csatornaszelvény geometriai és hidraulikai viszonyaihoz illesztett morfológiai modult hoztam létre.

A kifejlesztett modul a hidrodinamikai jellemzők meghatározásával párhuzamosan térben és időben számítja a görgetett hordalék szállítását és a csatorna mederfenék morfológiai változását.

Elvégeztem a morfológiai modul részleges érzékenységi vizsgálatát.

A tézis publikációja:

(Knolmár, 2011a)

Gyakorlati hasznosítás lehetőségei összefoglalóan

Számítógéppel segített közműtervezés

1990-ben elkészítettem a SewCAD számítógépes megvalósítását, majd 2010 óta szakmailag irányítom a továbbfejlesztését.

Az eltelt 20 évben Magyarországon általánosan elfogadottá lett az általam bevezetett tervezési módszer. Több mint 100 cégnél tértek át a SewCAD használatára, mintegy 500 példányt licenszeltek eddig a tervezőcégek. Több helyen hálózatos verziót használnak. A SewCAD segítségével elkészített tervek alapján ~10 ezer km közműhálózat épült.

Tervezési és üzemeltetési célú csapadék monitoring hálózat kialakítása

A bemutatott érzékenységvizsgálati módszer alkalmas a mérés szükséges főbb jellemzőinek (pl. területi sűrűség) meghatározására egy adott vízgyűjtő esetén.

A kifejlesztett műszer egy nagyságrenddel költséghatékonyabb, mint a kereskedelmi forgalomban kapható műszerek. A telepítés átlagos területi sűrűség mellett ~1 millió Ft/km² beruházási költséggel szemben 100 ezer Ft/km²-ra becsülhető.

17 csapadékmérő műszerrel 2 hónapos mérési sorozatot végeztünk (Sopron), a műszerek folyamatosan, megbízhatóan működtek.

Az OMSZ általános célú meteorológiai mérései közül csak az automata csapadékmérők adatsorai megfelelőek a csapadék csatornahálózatok modellezéséhez, de területi sűrűségük nem elegendő.

Csatorna üzemeltetés újszerű térinformatikai rendszerének kidolgozása

Meghatározó szerepem volt és van jelenleg is a legnagyobb magyarországi csatornahálózatot üzemeltető vállalat szakági, közös adatbázisának felépítésében és a rá épülő újszerű térinformatikai alkalmazások fejlesztésében (CAD-GIS, Browser-GIS).

Hordalék modell beépítése a tervező-üzemeltető rendszerbe

Az SWMM magyar verziójához (GeneralStorm) illeszthetően fejlesztettem ki a számítást végző modult, az adatbeviteli és az eredmény megjelenítési felhasználói felületet.

A hordalékszállítással kibővített hidrodinamikai program (GeneralStorm) alkalmas a morfológiai jelenségek - a csatornában kiülepedő és a szennyvíztisztító telepre érkező hordalék – becslésére.

Az elvégzett részleges érzékenységi vizsgálattal segítséget adtam a modell működéséhez szükséges adatok beszerzésénél a pontossági igények becsléséhez.

Helyi veszteségek pontosabb figyelembe vétele a tervezői-üzemeltetői rendszerben

A továbbfejlesztésre kiválasztott SWMM programba beépítettem a helyi veszteségek számítását.

A helyi veszteségek számítása lehetőséget biztosít a becsatlakozási helyeken kialakítandó bukások megtervezésére, a visszaduzzasztások pontosabb meghatározására és a záporkiömlőknél kialakuló vízszintek pontosabb megtervezésére.

IRODALOMJEGYZÉK

- Bozóky-Szeszich, K.:* Vízellátás és csatornázás: Tervezési segédlet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.
- Brunner, G.W.:* HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, Version 4.1, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 2011.
- Darabos, P. – Mészáros, P.:* Közművek, egyetemi jegyzet, Műegyetemi Kiadó, 2006.
- Dulovics, D.:* Csatorna-hálózatok hidraulikai méretezése, Tervezési segédlet, 1975.
- Dulovics, Dné:* Közműépítés 3., Csatornázás tervezési segédlet és útmutató, Nemzeti Tankönyvkiadó, 2003.
- Earth Tech, Inc:* Hydraulic Modelling Software Selection, Technical Memorandum, Concord (US), 2006.
- GeneralCom:* GeneralStorm, felhasználói programleírás, 2010.
- Horváth, I.:* Csatornázás, ÉTK, Budapest, 1985.
- Juhász, E.:* A csatornázás története, Magyar Víziközmű Szövetség, Budapest, 2008.
- Koncsos, L. – Jolánkai, Zs., – Kozma, Zs.:* WaterRisk integrált vízkészletgazdálkodási modellrendszer egydimenziós hidrodinamikai almodelljének összehasonlító tesztelése a HEC-RAS modellel, Hidrológiai közlöny, 91(4), pp. 50-56, 2011.
- Kozma, Zs., – Koncsos, L.:* Methodological Overview of a Coupled Water Resources Management Model System, Proceedings of the Thirteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, B.H.V. Topping and Y. Tsompanakis, (Editors), Civil-Comp Press, Stirlingshire, United Kingdom, paper 157, 2011.
- Lockie, T – Joseph, T.:* Selection of an appropriate hydrological model to simulate inflow and infiltration, NZWWA Conference, 2008.
- Lockie, T.:* Catchment modelling using SWMM, Modelling Stream at the 49th Water New Zealand Annual Conference and Expo, 2009.
- Öllős, G.:* Vízellátás és csatornázás: tervezési segédlet, Tankönyvkiadó, 1983.
- Öllős, G.:* K + F eredmények, Csatornázás-szennyvíztisztítás I-II., Budapest, AQUA Kiadó 1990.
- Rossman, L.A.:* Storm Water Management Model, User's Manual, Version 5.0, U.S. Environmental Protection Agency, 2010.
- Sali, E.:* Csatornázás, Tervezési segédlet, Budapest, Tankönyvkiadó, 1990., Műegyetemi Kiadó 2002.
- Trommer, J.T. – Loper, J.E., – Hammett, K.M.:* Evaluation and Modification of Five Techniques for Estimating Stormwater Runoff for Watersheds in West-Central Florida, U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 96-4158, 1996.
- Vickridge, I.:* Aspects of sewer design, In: Sewers: replacement and new construction, pp. 116-131, edited by G.F.Read, Elsevier, 2004.
- XP Software:* XPSWMM, Reference Manual, 2011.
- Zahidi, I.:* Comparison between DHI MOUSE and USEPA SWMM5 Computational Engines in Urban Water Modelling, thesis for Master of Science, BME, 2011.

KNOLMÁR MARCELL PUBLIKÁCIÓI (1991-2011)

Könyvfejezet

Sveinung Saegrov - ... - Marcell Knolmar -et al.: Integrated Urban Water Resources Management, Chapter Wastewater Network Challenges and Solutions, NATO Securities through Science Series, Springer Netherlands, pp. 147-158, 2006.

Magyarországon megjelent idegen nyelvű lektorált folyóiratcikkek

Werner, J., - Csiti, A., - Knolmár, M.: Use of Knowledge Based Expert Systems in Water Management of Settlements, Periodica Polytechnica Ser. Civil Eng., Vol.35., Nos. 1-2, general editor:Kollár, I., pp.9-15, 1991.

Knolmár, M., - Werner, J. : Computer Aided Sewer Design, Periodica Polytechnica Ser. Civil Eng., Vol.35., Nos. 1-2, general editor:Kollár, I., pp.71-78, 1991.

Somlyódy, L., - Knolmár, M.: Upgrading Wastewater Treatment Plants, Periodica Polytechnica Ser. Civil Eng., Vol.41., No.2, general editor:Kollár, I., pp. 119-134, 1997.

Magyarországon megjelent magyar nyelvű lektorált folyóiratcikkek:

Knolmár, M.: Csatornahálózatok hidraulikai modellezése, Hydraulic Modelling of Sewage Systems, Vízmű panoráma XIV.évf.2.szám, pp.8-13., 2006.

Knolmár, M.: Csatornahálózat-modellezés – Lehetőségek és gyakorlati tapasztalatok, Sewer Network Model – Possibilities and Practical Experiences, Vízmű panoráma XV.évf.4.szám , pp.30-34., 2007.

Knolmár, M.: Csapadékmérő fejlesztése, Hírcsatorna, 2011. – közlésre elfogadva

Nemzetközi részvételű konferencia kiadványában megjelent idegen nyelvű előadás:

Knolmar, M. - Deli, A.: Hungarian National Database of Water and Wastewater Management, Data Sharing for International Water Resource management: Eastern Europe, Russia and the CIS, NATO ASI Series, 2. Environment – Vol.61., edited by Thomas Naff, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 1997., pp. 127-133.

Magyar nyelvű, kiadványban megjelent konferencia előadás:

Buzás, K., - Werner, J. - Knolmár, M.: Számítástechnika alkalmazása a szennyvízcsatornázásban, Konferencia kiadvány, Baja, 1991.

Knolmár, M.: Csatornahálózatok hidraulikai modellezése, Konferencia kiadvány, IX. Országos Víziközmű Konferencia, Magyar Víziközmű Szövetség, Sopron, 2005.

Knolmár, M.: Csatornahálózatok számítógéppel segített rehabilitációja (CARE-S), Konferencia kiadvány, ÖkoAqua, Debrecen, 2006.

Knolmár, M.: Csatornahálózat-modellezés – Lehetőségek és gyakorlati tapasztalatok, Konferencia kiadvány, XI. Országos Víziközmű Konferencia, Magyar Víziközmű Szövetség, Sopron, 2007.

Knolmár, M.: Korszerű CAD alapú közműtervező rendszer a hazai gyakorlat számára, Konferencia kiadvány, XIII. Országos Víziközmű Konferencia, Magyar Víziközmű Szövetség, Sopron, 2009.

Knolmár, M.: Csatornahálózat modellezés vízi közműszolgáltatóknál, Konferencia kiadvány, XIV. Országos Víziközmű Konferencia, Magyar Víziközmű Szövetség, Sopron, 2010a.

Knolmár, M.: Csatornahidraulikai szimulációs program fejlesztései, Konferencia kiadvány, XXVIII. Országos Vándorgyűlés, Magyar Hidrológiai Társaság, Sopron, 2010b.

Knolmár, M.: Hordalékszállítás modellezése csatornahálózatokban, Konferencia kiadvány, XV. Országos Víziközmű Konferencia, Magyar Víziközmű Szövetség, Sopron, 2011a