

## A hálózatszámítás jelentősége ma

Tolnai Béla

### A hálózatszámítás célja, feladata

Hidraulikai hálózatok modellezésére azért van szükség, hogy **ismeretet szerezzünk a hálózat hidraulikai viszonyiról**. A modellezés célját tekintve az alábbi lehet:

- Hidraulikai méretezés
- Üzemtani állapot elemzés
- Üzemmenetek megtervezése, menetrendek készítése
- Beavatkozások helyességének utólagos igazolása, cáfolása
- Lengésjelenségek vizsgálata, hatásos védelmi módszer kialakítása
- Hálózatöblítési terv megalapozása
- Felújítások és rekonstrukciók szükségszerűségének igazolása
- Vízminőségi vizsgálatok: klórfogyás nyomon kísérése

Ezen feladatok végrehajtása során minden esetben arról van szó, hogy a „peremen rendelkezésünkre álló” input (mérési) adatok alapján a **belső pontokról** számítás útján szerezzünk információt, hasonlóan a rigmushoz: „Ha rövid a kardod, toldd meg egy lépéssel.” A hálózatszámításnak különösen akkor volt nagy jelentősége, amikor még nem épültek ki a folyamatirányítási rendszerek, mert a hiányzó információkat számítással igyekeztünk „pótolni”.

A gyakorlati hálózatszámítás feltételeiként a következőket szokás megnevezni:

- ✓ A **nagy számításigény** miatt szükség van **megfelelő teljesítményű** számítástechnikai eszközre. Ma már ez a feltétel automatikusan teljesül, mert a PC-k teljesítménye bőven elegendő. A kezdetekkor azonban ez a feltétel komoly akadállyal mutatkozott
- ✓ Rendelkeznünk kell továbbá egy **jó számító algoritmussal**. Manapság a piacon kész programcsomagok érhetők el (Piccolo, Headsted, HCWP(Darabos), Epanet, Budavári). Fontos, hogy ezen programnak létezzenek közvetlen interfészkapcsolatai az érdekelt információs rendszerek irányába és a számítási eredmények értelmezéséhez rendelkezzen grafikus kimeneti felülettel. Interfészkapcsolat a SCADA, a GIS és SAP-ISU alkalmazások felé szükséges.
- ✓ Az **időben összetartozó mérési eredmények** nélkül az input paraméterek nem lesznek korrektek. Távoli pontok mérési adatainak (térfogatáram, nyomás, vízszint) időbeli összetartozását a folyamatirányító rendszereknek köszönhetjük. A hálózatszámítás hőskorában – amikor a szükséges információkat a gépházi naplóból nyertük - ennek a feltételnek a hiánya komolyan megkérdőjelezte az eredmények használhatóságát. A FER kiépülésével ez a gond véglegesen elhárult.
- ✓ Az üzemi gyakorlat igénye: a számítások **sok változatban** történő végrehajtása. A nagyszámú modellgráf elkészítése manuálisan szinte reménytelen feladat. Gépi segítségre mindenképpen szükség van. Fontos még, hogy a hálózatszámításokat ne egy független adatbázis szolgálja, hanem a digitalizált hálózati nyilvántartás legyen egyben az információk forrása ezen a területen is. A szükséges leválogatásokat újra és újra el kell tudjuk végezni, azért a hálózati változásokat aktualizálni lehessen. Az újbóli leválogatás eredménye így mindig az aktuális állapotot tükrözi. Ma a térinformatikai alkalmazásoktól (GIS) már a rutin elemek közt tartjuk számon a hálózatszámítási modellgráfok gépi előállíthatóságát. A MIR rendelkezik kényelmes felületű, a leválogatás szükséges eszközökkel.

- ✓ Az input adatok megadásának legproblamatikusabb területe a **csomóponti elvételek meghatározása**. Tulajdonképpen a fogyasztások területi elosztását kellene ehhez ismernünk. Függetlenül attól, hogy a modellgráf a teljes hálózatot magába foglalja vagy csak a lényegesebb vezetékeket, az eljárás más lehet. Az **MTZ** (Melegh-Tolnai-Zimmer) megközelítés a csomópontok közötti súlyozással dolgozik. Az alapelv szerint a csomóponti fogyasztás súlya akkor nagyobb, ha a csomópont környezetében több a kifolyási lehetőség. Ennek mértékét a leágazások számbavételével illetőleg a fogyasztás vagy a lakások leszámításával becsülhetjük meg. A fogyasztásbecslés legpontosabb megoldását akkor kapjuk, ha a vízfogyasztás számlázási rendszerből nyerjük a szükséges adatokat. Az interfész kiépítésének előfeltétele, hogy a számlázási rendszerekben megjelenjen a fogyasztói hely átlagfogyasztásának meghatározása. Sokszor ezt nem tekintik feladatnak azon az oldalon, pedig ezen adatok a vízmérleg előállításához is elengedhetetlenek.

## **Feladatok a jövőben**

Térjünk vissza a hálózatszámítással megoldandó feladatokhoz. A különböző információs rendszerek kiépülésével súlyponteltolódásokat figyelhetünk meg a hálózatszámítás területén. A jelentősége egyre inkább a **valós idejű on-line üzemeltetési modelleknek** van. Ezt a következők magyarázzák. A vízműi szervezet átalakulásával egyre több idegen vállalkozó dolgozik a hálózaton. A hálózatot kezelő „szereplők” felszaporodása mindenképpen hatással van a modell és a valóság egyezőségére. Korábban sem lehetett információt szerezni arról, hogy ki-mit piszkált a rendszeren, ma ez különösen nehéz, mert nem vallják be az esetleges mellényúlást. Kell tehát egy eszköz, amely segít legalább a legnagyobb anomáliák kiszűrésében. Erre jó az állandóan futó hálózatszámítás. Ez sem holtbiztos módszer, de több a semminél.

A múltban eseti vizsgálatokkal több nyitottnak hitt zárról lehetett bizonyítani, hogy zárva voltak. A hálózati felülvizsgálata mindig rendszeresen jó eredménnyel (minden rendben van) zárult, miközben a jelenség továbbra is fennállt. (A hiba beismerése önfeljelentéssel lett volna egyenértékű. Még ha meg is találták a hibát, akkor sem nyúltak hozzá, csak időben lassan korrigáltak és egyszer csak megszűnt a hiba.) A rábizonyítás volt csak egyedül „hatásos”. Ennek a módszernek az intézményesítéséről van tehát szó, amikor a rendszeres futtatást javasoljuk, mert így még forró nyomon megtalálható a hiba és a felelős is.

A hálózat működése során „él és mozog”. Hibajavításokkor zárni szükséges. A vízfolyás akkor áll el, ha minden elzáró szerelvény lezárásra kerül. Van tehát egy kényszer az eljárás elégséges végrehajtására. Visszanyitáskor természetesen a művelet sor nyitás irányában hajtandó végre, de már az első zár kinyitáskor a vízellátás „helyreáll”. Nincs kényszerűség minden szerelvény eredeti állapotának visszaállítására. A hiba lelkiismeretlen munkavégzés következménye, azonban mire az anomália kiderül, a felelősség már nem állapítható meg.

A szabály szerint **a hálózaton minden zár nyitott** kéne legyen, kivéve a zónazárakat.

**Az real-time on-line üzemeltetési modellek legfőbb jellemzője, hogy szorosan integráltak SCADA környezetben működnek.** A zónák – vagy legalábbis jelentősebb, összetettebb zónák - modelljei rendszeres időközönként (pl. óránként) futnak. A számítási eredmények a folyamatirányításban megszokott módon – hasonlóan a mérési értékekhez – határértékekkel rendelkeznek. A normális tartományból való kilépés esetén, valós idejű módon eseményüzenet keletkezik. Az üzemirányító diszpécser számára az eseményüzenetek lekezelése azonnal végrehajtandó feladatként jelentkezik. Ez lehetőséget biztosít arra, hogy **szinte azonnal** a határértéktúllépés okát kiderítse. Az ok az esetek többségében zárva felejtett zár. A zárva felejtett zár nemcsak energia többletfelhasználást okoz, hisz nagyobb szivattyúzási munkára van szükség, hanem „megmagyarázhatatlan” vízellátási panaszok oka is lehet, pl. egy későbbi csőtörés kapcsán nem várt jelenséggel állunk szemben. Ami ennél sokkal rosszabb, hogy pangó végágak maradnak hátra és felnyitáskor megmagyarázhatatlan minőségi panasz lép fel.

Az alapelv szerint minden zárat nyitottnak hiszünk, miközben az egyik zárva maradt egy korábbi beavatkozás kapcsán. A felnyitással a hidraulikai viszonyok helyreállnak, de a vízminőségi problémák ekkor indulnak útjára.

A fogyasztás csökkenésével előtérbe kerül a **szedimentációs és vízminőségi modellek** szerepe. Az alacsonyabb vízsebességek elegendő időt hagynak a kiválások és lerakódások kialakulásához. Hirtelen üzemállapotváltozások vagy üzemzavarok következményeként a víz zavarossá válhat – az

esetek többségében azzá is válik. Kevés még a tapasztalat ezen a területen, hisz a nagyobb hálózati terhelés korábban ennek a kérdésnek a megválaszolására nem volt az üzemeltető rákényszerítve.

A másodlagos szennyezés jelenségét ez idáig nem tudtuk kimutatni. A vízminőség romlásával kapcsolatban azonban szükséges ezzel a kérdéssel a modellezés szintjén is foglalkozni. Az irodalomban a klórfogyás modellekkel lehet találkozni. Elvi szinten sok szépet lehet olvasni, azonban a gyakorlat szempontjából eddig áttörés nem történt, igazán használható eredmények még nem születtek. A Piccoló programcsaládnak van szedimentációs és vízminőségi modulja, azonban ezen modulok kiforrottságáról még nem beszélhetünk. Ugyanilyen problematikus a zavarossági és vízminőségi mérések kiépítettségének hiánya és az a tény, hogy a vízminőségi jellemzők távadós mérése nem tartozik a könnyen uralható feladatok közé (hitelesítési problémák, stb.).

#### **Megteendő lépések a real-time, online hálózatszámítás bevezetéséhez**

- Első lépésben a három nagy zóna (Pesti alap, Budai alap, Keletpesti felső zóna) modelljének elkészítése, identifikációja. Ez részben elkészült.
- A SCADA mérési értékek interfész útján való csatlakoztatásának ellenőrzése. (Ez már korábban működött)
- A modellek csomóponti nyomásának határértékeinek megadása.
- A modellek ciklikus futtatásának programozása a SCADA (FER) környezetben.
- A határérték túllépések esemény üzenetként való megjelenítésének programozása a FER-en
- A modellek időszakos cseréjének megoldása a MIR irányából, hogy mindig a legfrissebb hálózati állapot legyen modellezhető.
- További zónák felfűzése, míg a teljes hálózatot le nem fedjük a figyellel.

#### **Az ötlet újszerűségéről:**

A valósidejű online hálózatszámítás nem új gondolat. Elektromos művek már régóta alkalmazzák, olyannyira, hogy a hibajavító rendszer (a munkalaposdi) számára a SCADA (folyamatirányítás) felől is nagyszámban generálnak feladatokat. Azaz nemcsak hibabejelentésből származnak üzemzavar-elhárítási ügyek, hanem azok a folyamatirányítás felől is keletkeznek.

Az elektromos műveknél a funkciót az **on-line load-flow** névvel illetik.

Az elektromos művek esetében ez a kényszer a jelenségek milliszekundumos időállandójából és a nagy „pénzekből” is fakad. Víz esetén a folyamat lényegesen lassúbb és e pénzügyi hatás is jóval kisebb. A különbség abból is ered, hogy az elektromos művek jellemzően fa struktúrájú hálózattal rendelkeznek, míg a vízellátó hálózat erősen hurkoltak. Most a vízminőségi problémák előtérbe kerülésével a mi területünkön is felértékelődni látszik a realtime hálózatszámítás szükségessége.

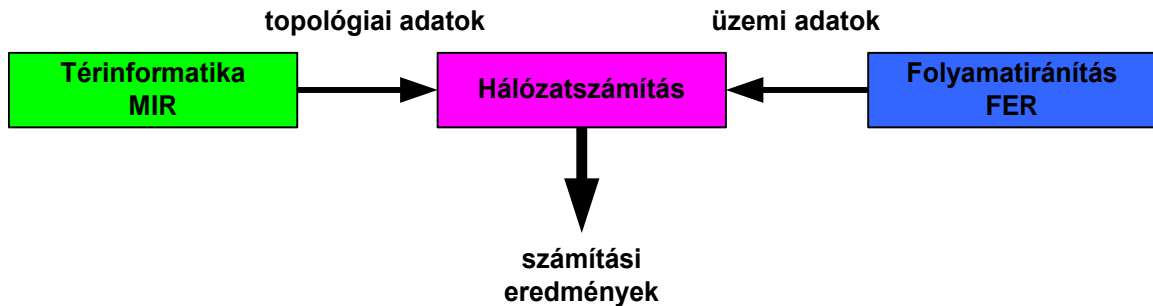
Budapest, 2004. május.

# Konkrét megvalósítás

(Feladatmeghatározás)

## 1. A bemenetek előállítása

A hálózatszámítás rendszerteknikailag a következőképpen épül fel:



1. ábra A hálózatszámítás bemenetei és a kimenet

A szimulációhoz szükséges információkat a MIR-ből (topológiai adatok) ill. a FER-ből (üzemi adatok) kapjuk. Az on-line jelző azt jelenti, hogy az adatok előállítása kezelői közreműködés nélkül (vagy legalábbis különösebb kezelői kezdeményezés nélkül) történik.

A MIR irányból ez a művelet egy egyszeri (de megismételhető) leválogatást jelent. Az üzemi adatok vonatkozásában a csomópontba ültetett mérési (vagy számított) csatorna azonosítóját adjuk meg, amelynek alapján az interfész megcímzi a megfelelő helyet és áttemeli az adott mérési (vagy számított) értéket.

### 1.1. Topológiai adatok

A MIR felől a topológiai adatokat kapjuk. Térinformatikai eszközökkel két fájl kerül leválogatásra. A csomópontok és az ágak együtthatározzák meg a topológiát.

A csomópontok fájlban a következő adatokat találjuk:

Fájlnev: zxxC                      ahol

z	zóna
xx	zónaszám
C	csomópontok

Mezőnév a fájlban	Szöveges értelmezés	Forrás
CSP_S SZ	Csomópont szorszáma	MIR -ből leválogatva
X	EOV X koordináta	
Y	EOV Y koordináta	
Z	Csomóponti magasság [mBf]	
CSP_NEV	Csomópont elnevezése	
CD	Fogyasztási súly módszere	
CS1	Csomóponti fogyasztási súly1	
CS2	Csomóponti fogyasztási súly2	
CS3	Csomóponti fogyasztási súly3	

Az ágak fájl az alábbi adatokat tartalmazza:

Fájlnev: zxxV

ahol

z zóna  
xx zónaszám  
V vezetékszszakaszok

Mezőnév a fájlban	Szöveges értelmezés	Forrás
AG_S SZ	Ágsorszám	MIR –ből leválogatva
K_CSP	Kezdőcsomópont száma	
K_CSP	Végcsomópont száma	
K	Érdesség [mm]	
D	Átmérő [mm]	
L	Hossz [m]	
KORZET	???	
LET	Létezik igen/nem	Kezdeti feltöltés: LET=1  FER környezetben a futtatáskor be/kikapcsolható.

A MIR felől a leválogatás tehát zónánként történik, azaz zónánként két fájl keletkezik.

## 1.2. Üzemadatok

A FER felől az üzemadatok megadása történik:

Térfogatáram megadások:

Fájlnev: zxxQ

ahol

z zóna  
xx zónaszám  
Q mért térfogatáramok

Mezőnév a fájlban	Szöveges értelmezés	Forrás
CSP_S SZ	Csomópontszám	Csak létező csp lehet
CSP_NEV	Csomópont elnevezés	
BETAP / ELVET	Betáp + / Elvét -	
Q_CSAT_HIV	Térfogatáram csatorna hivatkozás	Csak létező FER Q mérési (vagy számított) csatorna hivatkozás lehet
Q	Félórás térfogatáram érték	FER mérési adatbázis

Nyomásértékek:

Fájlnev: zxxP

ahol

z zóna  
xx zónaszám  
P mért nyomások

Mezőnév a fájlban	Szöveges értelmezés	Forrás
CSP_S SZ	Csomópontszám	Csak létező csp lehet
CSP_NEV	Csomópont elnevezés	
P_CSAT_HIV	Nyomáscsatorna hivatkozás	Csak létező FER P mérési (vagy számított) csatorna hivatkozás lehet
P	Félórás nyomásérték	FER mérési adatbázis

Medence szintek:

Fájlnev: zxxM

ahol

z zóna  
xx zónaszám  
M medence adatok

Mezőnév a fájlban	Szöveges értelmezés	Forrás
CSP_S SZ	Csomópontszám	Csak létező csp lehet
CSP_NEV	Csomópont elnevezés	
H_CSAT_HIV	Szintmérési csatorna hivatkozás	Csak létező FER H mérési (vagy számított) csatorna hivatkozás lehet
Z_FEN	Fenékszint [mBf]	FER statikusadatbázisból
Z_TULF	Túlfolyószint [m]	FER statikus adatbázisból
H	Medence szint	FER mérési adatbázisból
TERF	Medencetérfogat [m <sup>3</sup> ]	FER mérési adatbázisból (Aktív medence térfogat = aktív (medence kamra felület * szint))
TÖLT_ÜRÜL_INT	Töltődési ürülési intenzitás + töltődés - ürülés	FER mérési adatbázisból (előjeles időbeli szintváltozás * aktív medence kamra felület.

Az üzemadatok fájlok is zónánként állnak elő. Üzemi adat csak létező csomópontszámra mutathat.

### 1.3. A számítás eredményei

Fájlnev: zxxEC

ahol

z zóna  
xx zónaszám  
EC eredmény csomópontok

Mezőnév a fájlban	Szöveges értelmezés	
CSP_S SZ	Csomópont szorszáma	Azonosítás
CSP_NEV	Csomópont elnevezése	
CSP_NY	Csomóponti számított nyomás	Számítási eredmény

Ágaramok

Az ágak fájl az alábbi adatokat tartalmazza:

Fájlnev: zxxEV

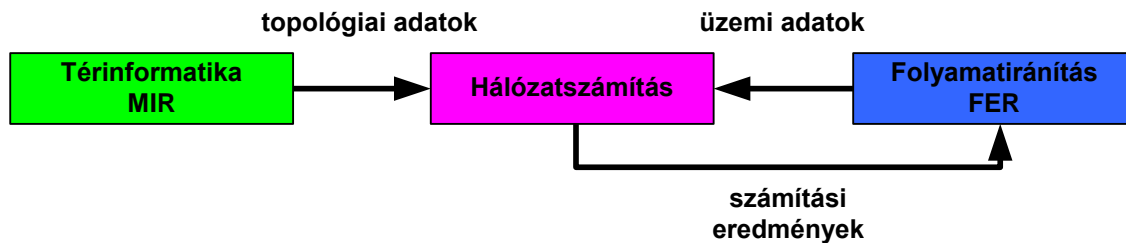
ahol

z zóna  
xx zónaszám  
EV eredmény vezeték szakaszok

Mezőnév a fájlban	Szöveges értelmezés	
AG_S SZ	Ágsorszám	Azonosítás
K_CSP	Kezdőcsomópont száma	
K_CSP	Végcsomópont száma	
ÁG_V	Ágsebesség [m/s]	Számítási eredmény

## 2. Az on-line valós idejű hálózatszámítás megvalósítása

Az on-line valós idejű hálózatszámítás során a bekészített zónánkénti hálózatszámítási modellek a folyamatirányítási rendszer környezetében futnak. Ciklikus (célszerűen óránkénti) futásukról a FER gondoskodik. A hálózatszámítás eredményei nem maradnak a modellnél, hanem visszairásra kerülnek a folyamatirányítási felületre.



2. ábra Az on-line valós idejű hálózatszámítás

Ott a futási ciklusnak megfelelő órás belépű „mérési értéként” kezeljük őket. Idősoruk ugyanúgy megjeleníthető, mint a normális analóg csatornák. A hálózatszámítási eredmény adatok, mint analóg csatornákat ezenkívül határértékekkel ruházzuk fel. A határérték-figyelés rájuk ugyanúgy vonatkozik, mint bármely mérési vagy számított csatornára. Határérték túllépés esetén esemény üzenet generálódik, melyet a szolgálatos diszpécser nyugtázni és lekezelni köteles.

A nyomás adatok esetében – miután a nyomásértékek csak pozitívak lehetnek – a határérték figyelés egyszerű. Csak a túllépést kell figyelni.

Az ágramok előjele normális módon is lehet negatív – függően a kezdő és a végsorszám megadásától. A határérték-figyelés emiatt itt nem szokványos. Az ágramok esetén abszolút érték határérték túllépését figyeljük. Ezen túlmenően az előző futási eredményhez képesti előjelváltás is eseményüzenet generál.

Futtatni elsősorban a három nagy zónát – Pesti alap, Budai alap, Keletpesti felső - érdemes. Futtatásra kijelölni azonban bármelyik zónát lehet. Ennek előfeltétele, hogy a topológiai adatok és üzemi adatok fájljai, azaz a modell már létezik a rendszeren. Hiányzó modell esetén a kijelölés visszautasításra kerül. A modelldefiniálással együtt a folyamatirányítási rendszeren az eredmények „helybekészítése” is megtörténik.

A futás indítása előtt a modell a modellhez tartozó bemeneti fájlokkal felparaméterezzük. A futás eredményit az adott zónának megfelelően vesszük át. A létező modellek tehát egymás után lefutnak. A futások a háttérben, feladatszegény időszakban (pl.: minden óra 15. percében) alacsony prioritás mellett hajtódnak végre.

## 3. Irodalomjegyzék, hivatkozások

- [1] Mátyus, S.:  
 Vízellátás  
 Fővárosi Vízművek Rt. kiadása  
 Budapest, 2004.