

VÍZELLÁTÓ HÁLÓZAT SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓJA AZ AQUIS ALKALMAZÁSÁVAL

NUMERICAL SIMULATION OF A WATER SUPPLY SYSTEM USING AQUIS

Tugyi Dávid¹, dr. Kalmár László², Csikós Miklós³

ABSTRACT

This paper deals with the numerical analysis of the water supply pipe-system. The AQUIS program package has capable of building the models and solving the flow problems in water supply pipe-systems. In this paper it will be shown how we can build the whole system from the base elements to the time-dependent demands. We will show the base components of the supply system and applying the program package to analyse a small water supply pipe-system. After that we will show some results. The calculated distributions of flow characteristics will be shown on graphs.

1. BEVEZETÉS

Az ember egyik legalapvetőbb létszükséglete a tiszta ivóvíz folyamatos biztosítása. Nem véletlen így az sem, hogy az első civilizációk a nagy ivóvízforrások (folyók, tavak) közelében alakultak ki. A népesség növekedésével a vízkészlet ugyan elegendő volt, de a továbbterjeszkedést gátolta annak a helyhez kötöttsége. Ekkor kapott nagy szerepet az öntözőcsatornák és a kezdetleges vízvezeték rendszerek elterjedése. Mára ezek a rendszerek bonyolultabbá váltak, ezért a bennük kialakuló áramlás jellemzőinek meghatározása, valamint a vezetékrendszer üzemeltetése és méretezése is egyre összetettebb feladattá vált. A vízellátó rendszerek gazdaságos és zavarmentes üzemeltetése is megkívánja a numerikus szimulációk elvégzését, sőt nem ritkán ezen numerikus vizsgálatok eredményeire alapítva a rendszer on-line módban történő irányítását és folyamatos felügyeletét látják el. A cikk az AQUIS kereskedelmi szoftver felhasználásával egy kisméretű vízellátó rendszerre vonatkozó off-line üzemmódban végrehajtott numerikus analízisének eredményeit mutatja be.

2. A RENDSZER FELÉPÍTÉSE

A vízellátó rendszerek jellegzetesen három fő részből épülnek fel, amelyek a vízforrás, a víz elosztására szolgáló csőhálózat és a fogyasztók. A forrás, vagy esetleg források betáplálási pontokként jelennek meg a hálózatban. Ezek biztosítják a fellépő igények kiszolgálásához

¹MSc hallgató, Miskolci Egyetem

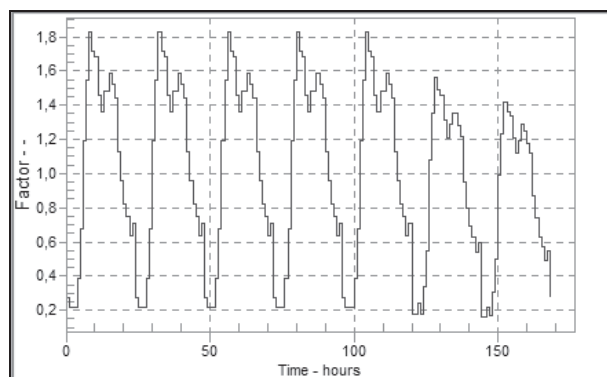
²egyetemi docens, Miskolci Egyetem, Áramlás és Hőtechnikai Gépek Tanszéke

³rendszer integrátor, Seven Technologies, Birkerød, Denmark

szükséges vízmennyiséget a vezetékrendszerhez kapcsolódó különböző fogyasztók számára. A tervezés és méretezés egyik fontos megoldandó feladatát a különböző fogyasztási igények kiszolgálásának magas szintű megoldása adja.

Fogyasztó lehet pl.: egy családi ház, egy több lakásból álló társasház, valamint különböző intézmények, iskolák; továbbá ipari létesítmények is. Ezek a fogyasztók egymástól független módon és jelentősen eltérő fogyasztási igénnyel működnek. Egy családi házban általában pl. reggel 8 óra és délután 16 óra között kevesen tartózkodnak, ezért a tényleges fogyasztási igény ekkor általában kicsi. Egy folyamatosan termelő ipari egységben az emberek több műszakban dolgoznak, a ténylegesen felmerülő fogyasztási igény így időben sokkal folyamatosabb. Ez természetesen függ az adott ipari tevékenység jellegétől és az alkalmazott technológiától is. A lakóházakban a tényleges fogyasztás szintén időben kaotikus.

A fogyasztási igényeket a numerikus szimuláció végrehajtása során ún. idősorok alkalmazásával kezelhetjük. Erre vonatkozóan kidolgozásra kerültek jellegzetes idősorok, de egy-egy kivételes igényű fogyasztónak előírható egy teljesen egyedi idősor is.



1. ábra. Példa egy intézmény fogyasztási idősorára

A vízforrást a fogyasztóval összekötő elemek az elosztó vízellátó hálózat részének tekinthetők. A leggyakrabban használt építőelem a csővezeték. A csővezetéknek vannak különböző olyan jellemzői, amelyek a bennük kialakuló áramlás jellegét jelentősen befolyásolják: pl.: a csőfal belső felületének érdessége, a cső átmérője, hossza és anyaga. A kialakuló áramlásra ugyancsak nagy hatással van a csővezeték szakaszok egymás-

hoz való csatlakoztatási módja, valamint a csővezetékekbe beépítésre kerülő záró- és szabályzó szervek, illetve berendezések tulajdonságai és működtetési módja. Ahhoz, hogy a csővezeték rendszer a tényleges fogyasztás igényekhez igazodva a lehető leggazdaságosabban legyen működtetve, ahhoz nagymennyiségű és meglehetősen bonyolult számítást kell elvégezni. Ezek a numerikus vizsgálatok legkényelmesebben általában kereskedelmi szoftverek alkalmazásával végezhetők el. Legyen szó akár meglévő csőhálózatról, vagy akár egy tervezési fázisban lévő vízellátó rendszerről, a számítógépes szimuláció elengedhetetlen része a megvalósításnak. Így lehet egy meglévő vízellátó rendszerrel az optimális üzemeltetési paramétereket meghatározni, illetve egy tervezési fázisban lévő rendszerrel a legjobbnak ítélt tervezési változatot megtalálni.

A már létező csőhálózatokra vonatkozó számítási eredményeket a helyszínen végzett mérésekkel ellenőrizni tudjuk igazolva a numerikus eljárás megbízhatóságát és az eredmények alkalmazhatóságát. Az így kidolgozott számítási modell alkalmazásával a csővezetékrendszer különböző üzemállapotára tesztelni lehet a csőhálózat viselkedését normál üzemi körülmények között, vagy akár valamilyen rendkívüli esemény bekövetkezése esetére is. Ilyen esemény lehet pl.: a szivattyútelep áramkimaradása és annak üzemeltetési következménye, csőtörés esetén szükséges beavatkozás hatásának elemzése, a reggeli fogyasztási csúcs közben bekövetkező tüzeset miatti oltóvíz igény teljesítésének ellenőrzése, stb.

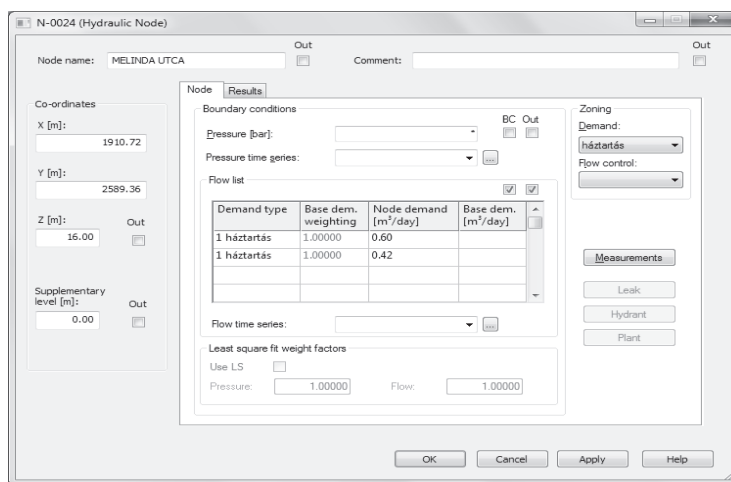
3. A MODELL MEGALKOTÁSA

A számítógépes szimuláció alapját, a számítógépes modell adja. Már egy kis vízellátó hálózat esetében is komoly problémát jelent az adott modell pontossága, illetve pontatlansága. Például egy több 10 éve épített hálózat esetén, a csővekben lévő lerakódás csökkenti a hasznos átáramlási keresztmetszetet és növeli a csőfal érdességét, ezáltal hatással van a kialakuló áramlás paramétereire. Egy valósághoz közel álló modell megalkotása is már igen nehéz feladat.

A program legkisebb és legfontosabb alap eleme az úgynevezett csomópont (NODE). Ezeknek a csomópontoknak a rendszerből áll össze a vízellátó hálózat. Minden egyes csomópontnak egyedi név és térbeli koordinátája adható meg.

A csővezetékek definiálásához két csomópontra van szükségünk. Ezek lesznek értelemszerűen a csővezeték kezdő, illetve végpontjai. A csővezeték hosszát nem szükséges megadnunk ugyanis a program a meglévő X, Y és Z koordinátákból kiszámítja azt. Az adott csőszakasznak szintén generálódik egy egyedi azonosító, de ez tetszés szerint módosítható például „Főnyomócső”-re. A későbbiekben ez nagyon hasznos, hogy meg tudjuk különböztetni a számunkra fontos és vizsgálandó csőszakaszokat.

Továbbá ezekhez a csomópontokhoz tudjuk hozzárendelni a különböző fogyasztási igényeket, így helyezhetünk el fogyasztókat.



2. ábra. Térfogatáram változása egy intézmény esetén

Az 2. ábrán egy tipikusnak nevezhető fogyasztó látható a már említett egyedi névvel, valamint a pontos térbeli koordinátájával. Látható, hogy adott esetben egy csomóponthoz több fogyasztó is rendelhető, ezzel csökken a rendszerben lévő elemek száma. A rendszer jobban áttekinthetővé válik.

A csővezeték rendszerben annak biztonságos működtetése és szabályozhatósága megkívánja még szabályzó elemek, mint például csapok, tolózárok, stb. elhelyezését is a rendszerben. Ezeket a szerelvényeket is a csomópontokhoz tudjuk hozzárendelni. Így tehát a szimuláció megkezdése előtt a modell megalkotásánál már

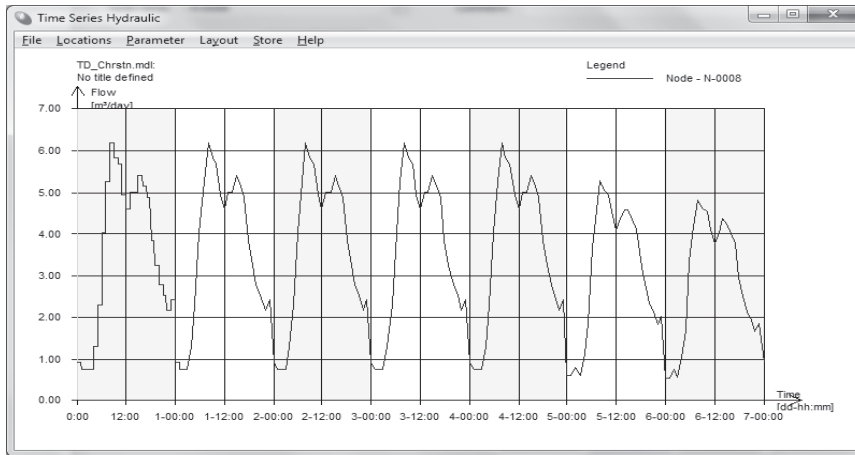
tisztában kell lennünk, hogy hova is szeretnénk valamilyen szabályzó szerveget telepíteni. Ugyanis egy csomóponthoz csak egy elem rendelhető hozzá. Ha több elemet szeretnénk egy adott csőszakaszhoz hozzárendelni, akkor azt csak úgy tudjuk megtenni, ha több csomóponttal feldaraboljuk azt a csőszakaszt. Ennek nincs semmi negatív hatása a program futtatására, mindössze csak a rendszerünk fog több elemet tartalmazni.

4. EREDMÉNYEK BEMUTATÁSA

A program fő funkciója a hálózat működésének a szimulációja. A szoftver a csőben létrejövő áramlás jellemzőit a csővezeték középvonalához rendelve az adott

keresztmetszetre vonatkozó átlagértékként határozza meg és tárolja le.

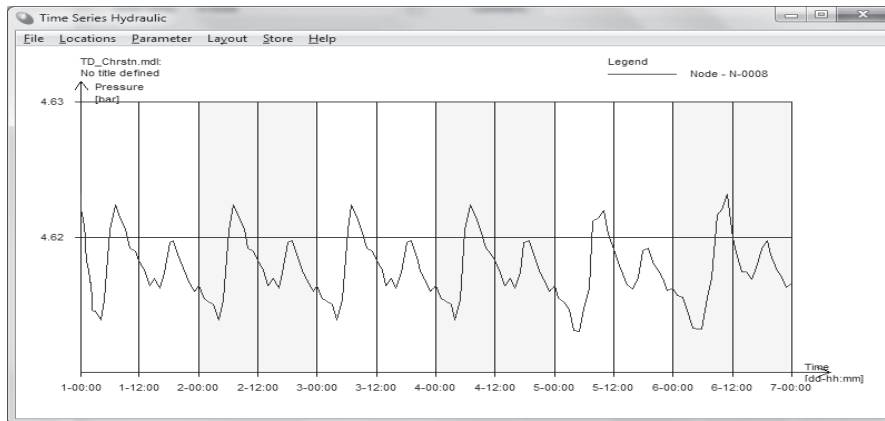
Így lehetőségünk nyílik az áramlás jellemzőinek a csővezeték hossza menti változásának megrajzolására, amire néhány példát az alábbiakban bemutatunk.



3. ábra. Térfogatáram változása egy intézmény esetén

A 3. ábra egy intézmény egy hetes periódusára lefolytatott szimulációját mutatja a térfogatáramra vonatkozóan. Látható, hogy a hétfői napon fogyasztási értékek eltérő jellegűek. Ezt az okozza, hogy a rendszer tartalmaz egy víztározót (továbbiakban víztorony) ami üres állapotról indult és fel kellett töltenie. Ez a töltődés a teljes hétfői napot vette igénybe. A többi hétköznapon a fogyasztás jellege egy ciklikusságot követ. Az idősor itt az emberek napi munkavégzés rutinját mutatja be. A reg-

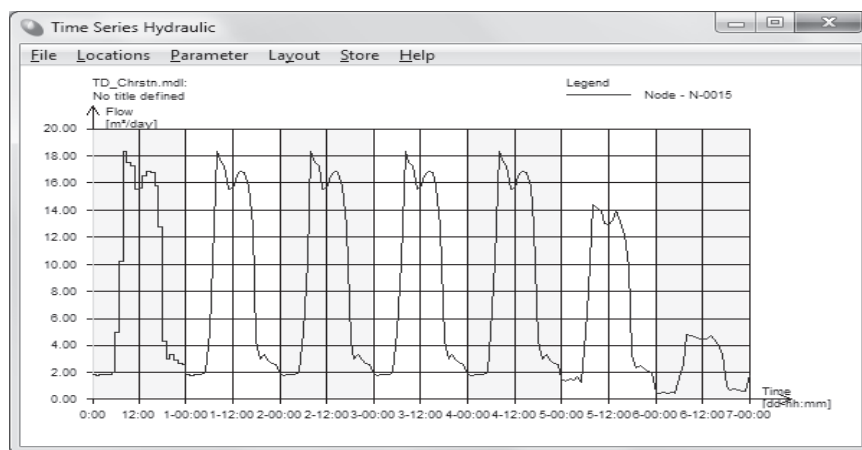
geli órákban a legnagyobb a fogyasztási igény, ekkor jelenik meg az úgy nevezett fogyasztási csúcs. Az emberek ekkor végzik el a reggeli teendőiket és mivel a 8 órai munkakezdés (pl.: iskolákban, közintézményekben) gyakorinak tekinthető, ezek a teendők városi szinten egybe esnek. Ez a fogyasztási csúcs, vagy más szóval fogyasztási igény nem csak a családi illetve bérházas fogyasztóknál jelentkezik, hanem az intézmények esetében is.



4. ábra. A nyomás változása az idő függvényében az intézményi fogyasztón

A 4. ábrán látható, hogy a 4.62 bar körül ingadozik. Ez bőven meghaladja a szükséges ellátási nyomást, valamint nincsek benne nagy nyomás lengeségek sem. Ahhoz, hogy egy több mint 10 emeletes lakóház megfelelő emeletén is zavartalan legyen a vízellátás, azaz a víz-

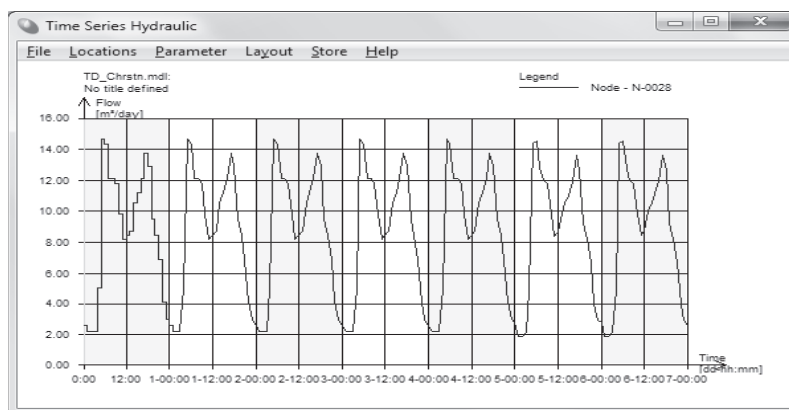
nyomás megfelelő legyen minimum 3 bár ellátási nyomással kell rendelkeznie az adott rendszernek. A mi esetünkben ezt közel 1,5 bárral meghaladtuk. Az adott intézményt összehasonlítottuk továbbá egy iskola fogyasztási igényeivel, ezt az 5. ábra mutatja be.



4. ábra. A térfogatáram változása egy iskolai fogyasztón

A 4. ábrából szintén jól látszik a hétfői napon a víztorony terhelése (mint zavaró tényező). Ugyanakkor jól megfigyelhető, hogy hétvégén a fogyasztás drasztikusan

lecsökken. Ez egy iskolát tekintve teljesen szokványos fogyasztási jelleg.



5. ábra. Egy kertészet fogyasztási igénye

Az 5. ábra egy kertészetet mutat be, mint példát egy ipari üzemre. Itt folyamatos vízellátás szükséges a hét minden napján ezért a fogyasztási jellege az ingadozóssal állandónak tekinthető.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A feladat megvalósítása során az AQUIS program bizonyítottan alkalmas bonyolult csőhálózatok áramlástanai viselkedésük modellezésére és ezeknek a kiértékelésére és nem utolsósorban a rendszer hatásfokának javítására. A program továbbá alkalmas a jelenleg hálózatok hibáinak a feltárására és az ezekre orvoslására készített tervek előtesztelésére. Ezáltal jelentős anyagi és emberi erőforrások takaríthatók meg.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

7. IRODALOM

- [1] STREETER, V.L., WYLIE, E. B.: Hydraulic Transients, McGraw-Hill Book Company, 1967.
- [2] FRANK, M. W.: Fluid Mechanics, McGraw-Hill International Editions, Mechanical Engineering Series, 1999.
- [3] AQUIS Help Manual, AQUIS Version 1.46, Seven Technologies A/S, Birkerød, Denmark, 2007.
- [4] CZIBERE, T.: Áramlástechnikai Gépek, Tankönyvkiadó (J 14-500), Budapest, 2001.
- [5] CZIBERE, T.: Vezetékes hőátvitel, Miskolci Egyetemi Kiadó, 1998.