

DEBRECENI EGYETEM

KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:

Prof. dr. Nagy János
az MTA Doktora

Témavezető:

Prof. dr. Sinóros-Szabó Botond
az MTA Doktora

**VÍZIKÖZMŰ HÁLÓZATOK ENERGIA-FELHASZNÁLÁSÁNAK
CSÖKKENTÉSE**

Készítette:
Zsabokorszky Ferenc
doktorjelölt

DEBRECEN
2015

VÍZIKÖZMŰ HÁLÓZATOK ENERGIA-FELHASZNÁLÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
Regionális tudományágban

Írta: Zsabokorszky Ferenc, okleveles kertészmérnök

Készült a Debreceni Egyetem **Kerpely Kálmán Doktori Iskolája**
Regionális tudományok programja keretében

Témavezető: Dr. Sinóros-Szabó Botond DSc, egyetemi tanár

A doktori szigorlati bizottság:

	név	tud. fokozat
elnök:	Tamás János	DSc
tagok:	Bodáné Kendrovics Rita	PhD
	Kovács Elza	PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2015. május 12.

Az értekezés bírálói:

név	tud. fokozat	aláírás
.....
.....

A bírálóbizottság:

név	tud. fokozat	aláírás
elnök:
tagok:

titkár:

Az értekezés védésének időpontja: 2015.

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	9
2.1. A szivattyúk energiafelhasználása és megtakarítás jelentősége.....	9
2.2. Szivattyúk működési jellemzői	223
2.2.1. Szivattyúk, szivattyúzási rendszerek üzemeltetése	24
2.2.2. Szivattyú-motor egység hatásfok vizsgálata, fejlődése	26
2.2.3. A Szivattyú energetikai jellemzői:	29
2.2.4. Szivattyú cserénél ajánlott legfontosabb szempontok.....	32
2.2.5. Energetikai kapcsolódások, szivattyúzás gazdaságossága	333
2.2.6. Az energiafelhasználás csökkentésére alkalmazott megoldások.....	38
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	43
3.1. Kísérletek helye.....	44
3.2. Kísérleti eszközök	45
3.2.1. Az alkalmazott frekvenciaváltó jellemzői.....	45
3.2.2. Az ultrahangos átfolyásmérő jellemzői.....	46
3.3. A mérések végzésének módszere.....	49
3.4. Ivóvíz hálózatok vizsgálata	51
3.4.1. Tesztmérési helyszínek kiválasztása ivóvíz hálózatoknál	52
3.4.2. Dombóvári vízmű kiválasztásának szempontjai	53
3.4.3. Paksi vízmű kiválasztásának szempontjai.....	54
3.5. Szennyvíz hálózatok vizsgálata.....	55
3.5.1. Tesztmérési helyszínek kiválasztása szennyvízhálózatoknál	55
4. EREDMÉNYEK.	58
4.1. Vízhálózatok vizsgálatának eredményei	58
4.1.1 Dombóvár	58
4.1.2 A paksi vízellátás optimalizálása	66
4.2. Szivattyús szennyvíz hálózatokvizsgálatának eredményei	71
4.2.1 Székesfehérvári szennyvíz átemelők.....	71
4.2.2. Csákvár végátemelő	80
4.2.3. Sopron szennyvízhálózat vizsgálata	82
4.3. További tesztmérések összefoglaló eredményei	84
4.4. Eredmények alkalmazása az ivóvíz és szennyvíz szállító hálózatokban ...	85
4.4.1. Vízellátásnál megvalósított energia megtakarítási alkalmazás	85
4.4.2 Más megoldások a szivattyúk energiahatékonyságának javítására ...	878

4.4.3. Vízátroló töltésnél szintvezérlés határértékeinek módosítása.....	92
4.4.4. Zárt rendszerrel lehetőség szerinti nyomáscsökkentés, nyomás- körzetek felülvizsgálata	92
4.4.5. Vízvesztés csökkentése.....	93
5. KÖVEKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	94
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	95
7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK	96
8. ÖSSZEFOGLALÁS (magyar nyelven)	98
9. ÖSSZEFOGLALÁS (angol nyelven)	101
10. IRODALOM.....	103
11. PUBLIKÁCIÓK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN.....	106
12. NYILATKOZATOK	108
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	109

1. BEVEZETÉS

Az elektromos energia - a mindennapi életben – teljes mértékben elfogadott többségi erőforrás. mind az ellátottsági szintje, mind környezeti hatása, A termelést és komfortot szolgáltató ellátottsági szintje, illetve a környezetre gyakorolt hatása egyre inkább harmonikus jelleget ölt. Mindezt főleg azóta láthatjuk, amióta a megújuló energiákkal kapcsolatos érdeklődés előtérbe került. A korábbi évtizedekben a források kiapadhatatlannak tűntek, vagyis viszonylag kiegyensúlyozott állapotok uralkodtak a kereslet és kínálat viszonyában. Az urbanizáció fejlődése, ill. az életszínvonal emelkedése, továbbá az erőforrás-készletek átrendeződése, mint az olajválság, időről-időre előtérbe állította az energetikai kérdések vizsgálatát.

Ma már egyre inkább napi aktualitássá válik a környezet és az energia kapcsolata, és ez a tendencia a lakosság és az ipar ellátását végző vízi közmű szolgáltatók körében is megjelenik. Minden jel arra enged következtetni, hogy az energetika a jelen kor technikai és társadalmi tevékenységét leginkább befolyásoló termelői és szolgáltatási forrás, szoros összefüggésben a környezetvédelemmel és a gazdasággal hasznosulhat.

Az infrastruktúrán belül a másik kiemelkedő, hanem az első erőforrás a vezetékes ivóvízellátás, melynek hatékony működtetése a társadalom fejlettségének egyik legfontosabb értékmérője. A történelem számos helyen bebizonyította már, hogy a közművek megfelelő színvonalon történő kialakítása és működtetése alapvető társadalmi érdek. Magyarországon a következő évtizedekben a vízi közmű hálózatok fejlesztése, bővítése, annak hatékony működtetése a gazdaság egyik legnagyobb kihívásai közé fog tartozni. Fejlődését, fejleszthetőségét részben befolyásolni fogja a felhasználható energia mennyisége és annak ára.

Megfigyelhető, hogy a múlt század közepétől jelentős mértékben nőtt, és folyamatosan növekszik az energia igény, az ipari fejlődés és a népesség növekedése (ENSZ, 1987). Széles körben elfogadottá válik, hogy a jelenlegi energia rendszerünk, kezdve az elsődleges energiaforrásoktól egészen a végfelhasználóig nem fenntartható. Egyre nagyobb aggodalomra ad okot a városok levegőjének szennyezettsége és az üvegházhatású gázok okozta globális felmelegedés. Mindemellett a lassan, de biztosan elapadó - klasszikus - fosszilis energiaforrások komoly energiahiánnyal fenyegetnek. A kialakuló helyzetben napjaink egyik legégetőbb szakmai, gazdasági és egyben politikai feladatává vált egy globális léptékben fenntartható, működtethető energiaellátási és felhasználási rendszer kiépítése.

Energiaellátási oldalról a legfontosabb feladat olyan technológia alkalmazása, amelynek révén csökkenthető az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklése. Ezt leginkább a megújuló energiaforrások egyre nagyobb mértékű kihasználása révén lehet elérni. Politikai, ipari, gazdasági és szakmai csoportok működnek együtt, a különböző megoldási lehetőségek kidolgozása és a technológiák fejlesztése érdekében. Az energiafelhasználási cél, a GDP- re vonatkoztatott mennyiség csökkentése. Ez a lakossági és az ipari energia igények módosítását, illetve gazdaságos hasznosítását jelenti.

Ha energia megtakarításról beszélünk, általában és alapvetően két lehetőség kerül mérlegelésre. Az egyik lehetőség az energiatakarékos technológiák bevezetése, energiatakarékosabb eszközök telepítése, a másik lehetőség az üzemelő rendszerek felhasználásának optimalizálása.

Az elmúlt időszakban a vízellátás és a szennyvíztisztítás költségei folyamatosan emelkedtek. A szolgáltatók a tulajdonosi jogokat gyakorló önkormányzatokkal állandó alkut folytattak a díjak elfogadtatásáért.

A jelenlegi kormányzat a díjmegállapítást központi, állami kézbe helyezte és a díjak fokozatos csökkentésére törekszik. Ennek oka, hogy európai összehasonlításban a legdrágábban szolgáltattunk, ezért a fogyasztók nehezen tudják fizetni a jövedelemnövekedésüket gyakran meghaladó szolgáltatási árakat. A díjemelések csökkentése érdekében - a kormányzati törekvésekkel összhangban - a vízi közműszolgáltatók kiemelt feladatként kezelik a víztermelés és - ellátás, valamint a szennyvíztisztítás energia felhasználásának folyamatos optimalizálását.

A fentiekkel összhangban az Országgyűlés a 2013 évi XXII. törvényben rendelkezett a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatalról.

Preambulum:

„Az Országgyűlés a társadalom széles körét érintő egyes ipari, közmű-szolgáltatási tevékenységek nemzetgazdaságilag és társadalmilag is egyaránt kiemelkedően fontos ágazatainak és szolgáltatóinak egységes joggyakorlaton alapuló felügyeletét lehetővé tevő állami szabályozás kialakítása, az állami bevételekkel hatékonyan gazdálkodó, a közjót szolgáló, erős piacszabályozó állami szerepvállalás megteremtése, az energiafelhasználás hatékonyságának javítása, a vezetékes energiaellátás biztonsága és a fogyasztók védelme érdekében a következő törvényt alkotja” (Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye, 2013).

Korábban a vízellátó hálózatokat és a szennyvíz átemelőket nagyobb kapacitásra méretezték, ugyanakkor az elmúlt 25 év jellemzője a vízfogyasztás drasztikus csökkenése és ennek következtében a kapacitások kihasználásának romlása. A többlet kapacitások feltárása és kihasználása révén jelentős megtakarításokat lehet elérni, amely a fogyasztók kiadásait lényegesen csökkentheti (Juhász, 2008).

A módosulások hatásának vizsgálata során új, horizontális megközelítésre volt szükség, amely a vízmozgatás teljes folyamatát ellenőrzi, a vízkivételtől a tározókig. A legnagyobb energia megtakarítás érdekében az ellátási és a tisztítási technológiai szivattyúkat továbbá a hálózati szivattyúkat - működésük során – a felhasználás figyelembe vételével kell elemezni, és a kapott eredmények alapján azok optimális működését kell meghatározni.

A vízszállító rendszer minden elemének és azok jellemzőinek figyelembe vételével szabályozzuk a szivattyúkat, hogy - lehetőség szerint- mindig az optimális energia felhasználással üzemeljenek.

Az értekezés célkitűzései:

- a rendelkezésre álló energiafelhasználási optimalizációs algoritmus adaptálásával, alkalmazásával mérések végzése a magyar vízi közmű szolgáltatóknál az üzemelési energia hatékonyságának vizsgálata céljából, kWh/m³ mérőszámmal jellemezve,
- a mérések alapján meghatározni a potenciális megtakarítási mértékét: kWh-ban és hosszú távon a megtakarítható működési költséget, valamint CO₂ kibocsátás, ill. megtakarítás mértékét,
- a vizsgálatok eredményeképpen feltárt potenciális megtakarítás elérhetőségének ellenőrzése különböző vízműveknél,
- a vizsgálatok értékelése és a kapott eredmények alapján további energia potenciál megtakarításokra javaslat tétel és hatékonyság növelésére új megoldások javaslata.

Az értekezés célkitűzései összhangban vannak az Európai Unió vonatkozó célkitűzéseivel. Az *Európai Parlament és a Tanács 2005/32/EK irányelve (2005. 07. 06.) az energia felhasználó termékek környezetbarát tervezésére vonatkozó követelmények megállapításának kereteiről* szóló 4. bekezdése szerint „az energiahatékonyság javításának a leghatékonyabb módja, a végfelhasználás

csökkentése”. Ezen célirányzat megvalósításához az alkalmazott eljárás és a mérési eredmények alapján elvégzett módosítások mintaként szolgálhatnak a hazai rezsi-csökkentések végrehajtásában.

Az irányelv azt is megfogalmazza, hogy az energiahatékonyság az ellátásbiztonság növelésének a leginkább költséghatékony módszere, és az ésszerű gazdasági tevékenység valamint a fenntartható fejlődés előfeltétele (8. bekezdés).

Az EU energiapolitikája továbbra is az energiával kapcsolatban először az EU energiapolitikájáról szóló fehér könyvben (COM(95) 682) megállapított, hosszú távú célkitűzésekre irányul; ezt az „Európai stratégia felé az energiaellátás biztonságáért” című zöld könyv (COM(2000) 769) és egy erről szóló későbbi jelentés (COM(2002) 321) követte. A Bizottság a Parlament és a Tanács hangsúlyozza, hogy az energiapolitikának az EU piaci integráción és dereguláción alapuló gazdaságpolitikája általános céljainak részét kell képeznie, és az állami beavatkozásoknak olyan mértékre kell korlátozódnia, amely a közérdek és a jólét, a fenntartható fejlődés, a fogyasztóvédelem, valamint a gazdasági és társadalmi kohézió védelme érdekében feltétlenül szükséges (Léderer, 2010; Horváth, 2002; Gazdasági és Környezeti Minisztérium, 2003).

EURÓPA 2020: az intelligens fenntartható és befogadó növekedés stratégiája, amelynek előzménye a Lisszaboni Stratégia volt - jelentős hatással lesz a vizes szektorra (Hemptienne, 2010; Drexhage et.al. 2010).

A 2012/27/EC energiahatékonysági irányelv szerint a kkv-nak nem minősülő vállalkozásokat energetikai szempontból 2015 végéig auditálni kell, majd ezt négyévenként megismételni (Magyar,2014). Ez a szabályozás az integrálódáson túljutott hazai víziközmű szektort is érinteni fogja.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az energia megfelelő minősége és mennyisége a ma élő ember számára létszükséglet, azért a kornak egyik legfontosabb megoldandó problémája vélhetően az energiakérdés lesz. A fenntartható jövő érdekében egyre szükségesebbé válik a hatékony energiafelhasználás, és a környezet védelme, a megújuló energiaforrások fokozott felhasználása, az energiahatékonyság és energiatakarékosság kialakítása (Nemzeti Energiastratégia, 2012).

A jelenlegi környezetszennyezést - minden formában - mérsékelni kell, mert ha ennyire felgyorsult ütemben folytatódik az energiapazarlás és a környezet szennyezése, egy olyan világba kerülünk, ami már nem lesz élhető, előbb- utóbb a természet benyújtja a számlát. (Garbai et. al, 2014).

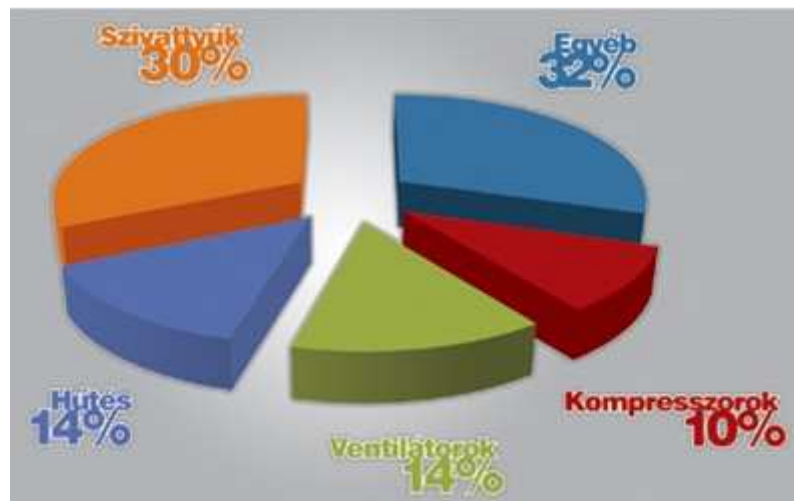
A hatékony és környezetkímélő energiagazdálkodás egy másik megközelítésben szemlélet; a gazdasági kultúra, a műszaki-, természet-, környezet- és közgazdaságtudományi ismeretek, valamint a rendelkezésre álló anyagi források kérdése. A hatékony és környezetkímélő energiagazdálkodás egy folyamat, amelyet tudatosítanunk kell, külső és belső ösztönzéssel folyamatosan fenn kell tartani. (Zsebik, 2003).

2.1 A szivattyúk energiafelhasználása és a megtakarítás jelentősége

A folyadékokat szállító berendezések legfontosabb egysége a szivattyú. A napi gyakorlat különösen a kisebb méretű szivattyúk kiválasztására és működtetésére nem fordít kellő gondot, holott már csak roppant nagy számuk miatt is sokat nyomnak a latba, mind gazdaságossági, mind pedig ökonómiai szempontból. Mialatt a nagy teljesítményű szivattyúk kiválasztása és megvásárlása során rendszerint az életciklus-költségeket is figyelembe veszik, addig a kisebb szivattyúk nagy részénél helytelen módon pusztán a beruházási költségek számítanak.

A Föld villamos energiafelhasználásának közel egy harmadát a szivattyúk üzemeltetése emészti fel (1. ábra). Ezzel a szivattyúk az ipar legnagyobb energiafogyasztóivá lépnek elő. Ez az arány egy vízi közmű szolgáltató cégnél 70-80%-ot is jelenthet. Ez önmagában is óriási megtakarítási potenciált jelenthet és elég okot ad arra, hogy megvizsgáljuk ezen területek módosítási lehetőségeit. A drasztikusan növekvő energiaárak még fontosabbá teszik az energiafelhasználás csökkentését,

üzembiztonságot növelő megoldások alkalmazását az ipar minden, így a vízszolgáltatás területén is.



1. ábra: Szivattyúk energiaszükségletének aránya az összes villamos energia felhasználásból

A szivattyúzási folyamatok alkalmazási területei a következők:

- Vízkitermelés
- Vízelosztás (tároló töltés, nyomásfokozás)
- Ivó- és ipari víz szolgáltatás
- Szennyvíz átemelés, házi beemelés
- Szennyvíz elvezetés és tisztítás.

A felszín alatti vízbeszerzést többnyire búvárszivattyúkkal oldjuk meg, amelyekre a gyártók típus és teljesítmény szerint számtalan választási lehetőséget nyújtanak. A vízi közmű szolgáltatásban általában 2-50 kW teljesítményű búvárszivattyúk terjedtek el. A nagyobb vízműveknél, nagyobb városokban és a fővárosban előfordulnak akár 1-2 MW-os berendezések is.

A parti szűrésű és a felszíni vízkivételek esetében, valamint a telepi technológiai átemelésnél a búvárszivattyúk helyett a kisebb emelőmagasságú, de nagyobb vízszállító kapacitással rendelkező vízszintes tengelyű szivattyúkat alkalmaznak.

A tisztított víz nyomásfokozására a leggyakrabban a hagyományos elrendezésű szivattyúkat üzemeltetik. A közepes teljesítménynél szóba jöhet a merülő motoros kivitel is, főleg az ún. szárazaknás kivitelben (60–100 kW).

A kisebb nyomásigény esetén a csőbe (patronba, vakkútba) helyezett búvárszivattyú nyújthat megoldást.

Az egészen kis egységeknél a hagyományos motoros függőleges, többfokozatú szivattyúk jöhetnek számításba. A vízelosztás és nyomásfokozás területén a teljesítményük alapján széles skálán mozognak az ezen területen alkalmazott szivattyúk 4–200 kW.

A szivattyúk beépítésénél kétféle módszer van:

- Nedves aknás beépítésű
- Száraz aknás beépítésű.

A házi beemelésnél manapság merülő motoros darálószivattyúkat alkalmaznak, mert így az olcsóbb kivitelű D 25, vagy D 32-es nyomócsövet is lehet használni. Szennyvízátemelőkbe nagyobb teljesítményű merülő motoros szennyvízszivattyúkat kell alkalmazni. A szennyvízátemelés során a gyakorlatban a legelterjedtebbek a 2–100 kW teljesítménytartományban működő szivattyúk.

A szennyvíztelepeken a tisztítótelepi fogadóaknából a szennyvizet a tisztítótelepre fel kell emelni, hogy gravitációsan folyjon át. Erre terjedtek el az archimédeszi csigák, melyek a térfogat kiszorítás elvén működnek, viszont nagy a résveszteségük. (MAVIZ – Műszaki Bizottság, 2010).

A Dán Külügyminisztérium felmérése szerint a világ összes vízfogyasztása évente 4,5 milliárd m³. Az ENSZ becslése szerint 2030. évre a fogyasztás ilyen ütemű növekedésével el fogja érni a 7 milliárd m³-t. Ez azt jelenti, hogy ha a növekedés ilyen mértékű, akkor ez a vízmennyiség 20 db Nílus folyó vízmennyiségének felel meg. Ugyanakkor az ENSZ szerint 1,2 millió ember él fizikailag vízhiánnyal, ami a szociális fejlődést nagymértékben gátolja.

A világ országainak 81%-a változtatta meg a vízzel kapcsolatos törvényeit az - AGENDA 21-nek megfelelően, amely a fenntartható fejlődés ENSZ terve a 21. században. (Ministry of Foreign Affairs Denmark, 2012).

Az EU országok közül - elsőként - Dániában fontos kormányzati stratégia lett az energiahatékonyság kérdése a gazdaság valamennyi területén. Ezt szolgálja a vízi

közmű szolgáltatásokat megcélzó energia megtakarítási kampány, amelyet az országuk egész területére kiterjesztettek.

A felmérés összefoglaló megállapításai:

- a dán kormány fontosnak tartotta a lakosság körében népszerűsíteni az energia hatékonysági cselekvési programokat,
- a Dán Víz és Szennyvíz Szövetség (DANVA) és a Dán Energia Megtakarítási Szervezet (ELSPARENFONDEN) jelentése szerint a 2008-ban közösen indított energia-megtakarítási kampány komoly eredményeket ért el. A kampány célja, hogy 2012. év végéig a dán víziközmű szektorban 25%-kal csökkentse az áramfelhasználást,
- a DANVA értékelése alapján a kampány hatására egy pozitív trend bontakozott ki a vízi létesítmények üzemeltetői körében, ami számos energia megtakarítási cselekvési tervet és projektet eredményezett. Több létesítményben célul tűzték a ki a széndioxid semlegesség elérését, néhány éves periódus alatt,
- a 2005-2009-es adatok elemzése során arra a következtetésre jutottak, hogy számos létesítményben csökkent az energia felhasználás, viszont sok szennyvízkezelő telepen nőtt,
- a nagy szennyvízkezelők esetében komplex - nagy beruházásokra és hosszú távú - tervezésre van szükség ahhoz, hogy az eredmények értékelhetőek legyenek,
- a DANVA megállapítása szerint a vízi közmű ágazatban energiafogyasztás csökkenése érzékelhetően két-három év múlva valósul meg, és a további energiafogyasztási cselekvési programban már figyelembe tudják venni,
- a DANVA 150 vízművet és 95 szennyvíztisztítót magába foglaló szervezet, ezek a létesítmények Dánia vízfogyasztásának 50%-át szolgáltatják, és szennyvizének 98%-át gyűjtik össze és tisztítják meg,
- a felmérés alapján a minimum elérhető energiafelhasználás megtakarítása elérheti akár a 25%-ot is. Az ehhez szükséges beruházást pedig nyolc-tíz éves megtérüléssel tervezték.

Dánia teljes vízi közmű szektora –a területi elaprózottság miatt - közel 100 szennyvíztisztítóból és 2.600 vízműből áll, és 5,6 millió embert szolgál ki. Ezek a létesítmények helyi önkormányzatok, vagy magáncégek tulajdonában vannak. A közösségi beruházások mellett 90.000 magáncég és 350.000 ingatlan kezeli a saját

szennyvizét. A szektorban az áramfelhasználás 800 GWh volt 2007-ben, ami a nemzeti áramfogyasztás 2,4%-a. Ez a mennyiség a dán GDP –nek nagyjából az 1%-át teszi ki, ami azt jelenti, hogy aránytalanul magas az energiafelhasználás a vízi közmű szektorban.

Az energia legjelentősebb része áram formájában kerül felhasználásra, ezért fontos a megtakarítás kérdésével foglalkozni. Ennek tükrében a DANVA elindított egy energia-megtakarítási kampányt az ELSPARENFONDEN-nel együtt. A Dán Energetikai Minisztérium összesen 723.000 USA Dollárt költött tájékoztató-népszerűsítő kampányra 2008 – 2009 közötti időszakban.

A DANVA ugyanezen időszak alatt 435.000 USA Dollárral támogatta az energiahatékonysággal kapcsolatos K+F projekteket. A kampány célja és tárgya, hogy a dán víziközmű szektorban 25%-kal csökkentse az energia felhasználását a 2008-2012-es időszak alatt, a 2007-es referencia adatokhoz képest. Ez 200 GWh energia felhasználás és 100.000 t széndioxid kibocsátás csökkentést eredményezett Dániában.

A megtakarításokat a hatékonyság növelésével és az energia felhasználás optimalizálásával kívánták elérni, az új energiatakarékosabb technológiák beépítése mellett.

A vízi közmű szektorra jellemző adatok általában valamilyen fajlagos értékben vannak nyilvántartva, az eredményeket jelentősen befolyásolja a lakosság vízfogyasztási szokásainak változása, illetve a csapadék mennyisége. Ennek a befolyásoltságnak a csökkentése érdekében a DANVA egy egyedi nyilvántartást dolgozott ki, és vezetett be a 2000. évtől.

Az adatszolgáltatás a fogyasztói oldalról történik. A programhoz több mint 100 különböző létesítmény csatlakozott, így az általuk szolgáltatott üzemviteli adatok segítségével lehetővé vált az egyes telepek teljesítményének objektív értékelése. A kampány célja az volt, hogy összefogja azt a hatalmas tudást, amivel rendelkeztek az energia megtakarítás terén, valamint annak okait is felmérje, hogy szolgáltatók ezeket az ismereteket miért nem használják ki jobban.

A DANVA szerint kiemelten fontos felmérni és elemezni az akadályokat, amelyek gátolják és lassítják az energia megtakarítási lehetőségek bevezetését. Az első lépés az volt, hogy három ágazati tanácskozás keretén belül felhívták a figyelmet a különböző akadályokra, amelyek felléptek a szolgáltatás területén az energiafelhasználás csökkentése során. A tanácskozások eredményeképpen a DANVA összeállította a

hátráltató tényezőket és az leküzdhető akadályok lehetőségeit tartalmazó ajánlását. A kampány központi fórumául a www.energibesparelser-vand.dk internet portál szolgált. Ez a hely a gyűjtő- és találkozóhelye a víziközmű szektor azon szereplőinek, akiknek fontos az energiamegtakarítás. A portálon különböző – kifejezetten gyakorlati jellegű – kézikönyvek olvashatóak az ivóvízkezeléssel és – szolgáltatással, valamint a szennyvízgyűjtéssel és - tisztítással kapcsolatban.

Mindegyik kézikönyv tartalmaz különböző módszereket az energia megtakarítás felmérésére és a jó üzemeltetési gyakorlatra, valamint esettanulmányokat a különböző megtakarítási projektekről, referenciákkal és elérhetőségekkel.

A víz- és szennyvíz telepek számára lehetőséget biztosít a portál, hogy kapcsolatba lépjenek egymással és megosszák tapasztalataikat, tanácsaikat a különböző projektekkal kapcsolatban. A portál egyik alkalmazása a MARKETPLACE, amely olyan fórum, ahol az igények és ötletek találkozhatnak a termékekkel és a szolgáltatásokkal az energia megtakarítás témájában. A kampányhoz kapcsolódó esettanulmányok folyamatosan megjelentek és megjelennek a különböző szakmai folyóiratokban és egyéb fórumokon.

Az elért eredmények érdekében a DANVA bevezette az *Energy Award* - ot, amely díjat mindig az a cég vagy cégcsoport kapja, amelyik a leginnovatívabb, leghatékonyabb illetve, leghasználhatóbb megtakarítási projektet vezette be az adott évben.

A díj életre hívásának első két éve alatt az esemény már komoly sajtóvisszhangra tett szert. 2010-ben a díjat a Horsens Vand vízszolgáltató nyerte el, mivel a bevezetett projekt hatására széndioxid kibocsátását 1.050 tonnával csökkentette.

A kampány fontos eleme volt a népszerűsítés biztosítása minél szélesebb körben, hiszen a sikeres projektek és a pozitív társadalmi visszhang motivációt jelentettek a többi szolgáltató számára is.

A Sonderborg Vízmű jó példa volt arra, hogy komoly megtakarítások érhetőek el egy intelligens irányítási rendszer bevezetésével. Ilyen és hasonló esetekben a megtakarítás elérheti akár a 60%-ot is, a szivattyúk optimalizált üzemeltetése által, anélkül, hogy veszélyeztetve lenne a szolgáltatás biztonsága. Mindehhez csupán professzionális üzemeltetés, átgondolt programozás, megfelelő software és hardware szükséges. A Sonderborg Vízmű 2.5 millió m³/év vizet szolgáltat 40.000 felhasználó részére. A dán PICCA Automation A/S tesztméréseket végzett a cég öt vízművének összes mélyfúrású kútján, és felmérte a cég energiahatékonyságát. A vizsgált szivattyúk mérete a 5,5 kW-tól a 22 kW-ig változtak. A PICCA Automation A/S által bevezetett irányítási rendszer

segítségével a megtakarítás elérte a 40%-ot az öt vízmű átlagában, ami 200,000 kWh/év elektromos áram megtakarítást jelentett (Egelund, 2011).

A Business Monitor International-ban (2013) megjelent tanulmány arra hívja fel a figyelmet, hogy Magyarországon nem elég hatékonyan működnek a vízellátó rendszerek, szükséges nagyobb beruházások megvalósítása annak érdekében, hogy elérjék a szükséges hatékonysági szintet.

A magyar vízipar számos problémával nézett szembe az elmúlt néhány évben. Az ivóvíz ellátást és az infrastruktúrát elégtelennek tartotta az EU. A kormány egyértelmű célja az volt, hogy orvosolja a problémát és vízi közmű iparban minél többet beruházzanak a 2007–2013 közötti időszakban. Köszönhetően az erőfeszítéseknek, 2017-ig több száz milliárd forint beruházás fog megvalósulni ezen a területen.

Magyarországon is érvényesül az a tendencia, hogy a vízfogyasztás csökkenése mellett ez a szolgáltatási terület egy dinamikusan fejlődő ágazat a gazdaság területén belül (Business Monitor International, 2013).

A dán példára alapozottan felmerül, hogy mint egy kis ország, hogyan foglalkozzon a klímapolitikával, érdemes-e különböző célkitűzéseket meghatározni annak érdekében, hogy a klímaváltozáshoz kapcsolható beruházásokat milyen szinten és milyen konstrukcióban célszerű és kell megvalósítani. A kutatások szerint a szén-dioxid okozza a legnagyobb mértékű felszín közeli felmelegedést. A szén-dioxid felelős 47%-nyi felmelegedésért (Öllös, 2012; Kerekes, 1998; Nováki et.al. 2011).

Magyarország klímapolitikáért felelős államtitkárával /Hizó Ferencsel/ a Mérnök Újságban készült interjú (2013-ban) a dekarbonizációs pályákról. A válasz jól világít rá az energia megtakarítás összefüggésére:

A Hazai Dekarbonizációs Útiterv (HDÚ) célja nem az, hogy az üvegházhatású gázok kibocsátására vonatkozóan konkrét ambiciózus célértékeket jelöljön ki, és „rákényszerítse” őket az érintett ágazatokra. Mivel világszinten kis kibocsátók vagyunk, értelmetlen a gazdaságunkat olyan kötöttségekkel terhelni, amelyeknek a klímaváltozás mérséklésére irányuló hatása alig mutatható ki. A HDÚ célértékek helyett a klímaváltozáshoz hozzájáruló kibocsátások mérséklésének technológiai és fogyasztói viselkedésében rejlő lehetőséget mutatja be (DUBNICZKY, 2013).

A hazai szakirodalom részletesen foglalkozik a villamos energia szektor széndioxid kibocsátásának problémájával, különösen annak visszaszorításának kérdéskörével. „A kőolajat ma már dominánsan csak a közlekedésben használják. Az olajkorszak kérdésköre nem tökéletesen analóg a klímaváltozás kérdéskörével, mert ugyan a

közlekedés jelentős és növekvő széndioxid kibocsátó forrás, a világ széndioxid szennyezésének kisebb részét adja, a villamos energia szektor jelentősen többet bocsát ki nála.” (Madácsy, 2012). Ma már egyre több szerző (Madácsy, 2012) foglalkozik az egyes épületek, városok, városnegyedek energiafelhasználásának hatékonyságával, annak energia-monitoring rendszerének kialakításával.

A városok energiafogyasztása kezd olyan hívó szóvá válni, mint néhány éve a széndioxid mentessé válás programja. Ezen tevékenység keretén belül azt vizsgálják, hol keletkezik az energia veszteség, melyik homlokzatot kell renoválni- mindezt energia monitoring - rendszer keretében, amely képes valamennyi lakóépület „személyre szabott” megfigyelésére. Az első számú törekvés az intelligens városok és közösségek energiahatékonyságának növelése.

A most induló uniós kutatás-fejlesztési és innovációs program keretében a „Horizont 2020 smart city”- témáinak alapját is a fent hivatkozott gondolatok és elvek jelentik (Rozsnyai, 2014).

A Víz Világkonferencián workshop témáját hirdettek ebben a témában „A víz, energia és a városfejlesztés, mint az integrált megközelítés lehetősége” a 2014 évi stockholmi (World Water Week, 2014).

A széndioxid az atmoszféra természetes és biológiailag nagyon aktív komponense. Redukálódik a fotoszintézis során a növényekben és biomassza képződik belőle. Az utóbbi 150 év, és különösen az utóbbi néhány évtized alatt az emberiség nagymértékben növelte az atmoszférabeli szén-dioxid koncentrációját. Az emberi tevékenységnek tulajdonítható szén-dioxid emisszióknak globálisan, több mint 80%-át a közlekedésből és ipari forrásból származik (Öllös, 2012; Szlávik, 2005).

Közelítő számítással lehet meghatározni 1 kWh villamos energia megtermelése, illetve elfogyasztása során kibocsátott CO₂ mennyiségét. A számítás a felhasznált forrásokban található, nyilvánosan hozzáférhető, 2002-es adatokon alapul. A számítás menetét az alábbiak szerint végeztük el.

Magyarország bruttó villamos energia termelésének kb. 60%-a származik szén és szénhidrogén tüzelésű erőművekből, míg a maradék közel 40%-ot atom- és vízerőművek termelik. A fosszilis tüzelésű erőművekben termelt villamos energia mennyiség: 20.189.503 MWh, ami megfelel a hazai villamos energia termelés 60%-ának. Ennek előállítása során 16.693.000 tonna CO₂ keletkezik. A villamos energia termelés fennmaradó 40%-a: MWh. Ennek előállítása során nem keletkezik CO₂.Az

összes hazai villamos energia termelés a fenti két érték összege, vagyis: 33.649.172 MWh, ami 16.693.000 tonna CO₂ kibocsátással jár.

Tehát: 1 MWh villamos energia megtermelése, kb. 496 tonna CO₂ kibocsátással jár. Az importból származó energiamennyiség: 4.256.000 MWh. Az éves összes villamos energia termelés az importtal együtt: 37.905.172 MWh. Ha feltételezzük, hogy az importból származó villamos energia megtermelése során is hasonló a fosszilis és nem fosszilis tüzelésű erőművek aránya a magyarországihoz, akkor az import villamos energia megtermelése során kibocsátott CO₂ mennyisége is arányosnak vehető. A villamos energia fogyasztóhoz történő eljuttatása során veszteségek lépnek fel, ami a fogyasztott energiára vetítve közel 13,5%. Vagyis 1kWh elfogyasztott villamos energiához kb. 1,135 kWh energiát kell előállítani.

Összegzésképp: 1 kWh megtermelt villamos energia előállítása kb. 0,5 kg CO₂ kibocsátással jár. 1 kWh villamos energia elfogyasztása (figyelembe véve a veszteségeket) kb. 0,5675 kg CO₂ kibocsátással jár (Bessenyei, 2002).

Más szerzők ennél alacsonyabb 0,35 kg CO₂/kWh értéket jelölnek meg (Szunyog, 2012; Rácz, 2012).

Számításainkban elsősorban a téma fontosságára helyeztük a hangsúlyt és kerekítve 0,5 tonna CO₂/kWh értéket alkalmaztunk.

A szennyvíztisztításban rejlő energiatermelési lehetőségeket a MAVÍZ szennyvízszakmai testülete is vizsgálta. Az energia megtakarítás kérdését tárgyalták, valamint az energia megtakarítás megfelelő optimumának meghatározása volt a fő célkitűzés. Ennek keretén belül a csúcsidőben és a csúcsidőn kívüli energiafelhasználást jelölték meg a főbb kutatási területeknek.

A különböző szennyvíztisztítási technológiák energiafelhasználása jelentősen eltér, ezért az alkalmazandó technológia kiválasztásánál erre figyelemmel kell lenni (Tomosi, 2014).

Más szerzők munkáikban felhívják a figyelmet arra, hogy a hulladék hő ill. a biomasza hasznosítás fontos része a területfejlesztésnek (Nagy et. al, 2008; Nagy, 2008).

A villamos energia szabad kereskedelmének általánossá válásával a beszerzési feltételek megváltoztak. A régi rendszer rövid ideig az egyes kereskedőknél, vagy egyes szerződésekből még megtalálhatóak voltak. E szerint kijelölt időszakok csúcsidőiek, az ezen kívüliek csúcsidőn kívüliek. A csúcsidő elektromos áram ára, a csúcsidőn kívülinek – fogyasztói kategóriától függően – 1,4-1,6 szerese. A csúcsidő fogyasztások csúcsidőn

kívülre történő átütemezésével már bizonyos megtakarítás elérhető. Ez alapján bizonyos iszapkezelési műveleteket el lehet végezni csúcsidőn kívül, ami önmagában már jelentős megtakarítást jelenthet.

Az átemelő telepek csúcsidő előtt kissé „leszívhatják” a csatornahálózatot, és csúcsban a szennyvíz részben betárolható a csatornarendszerben. Az ilyen műveletek természetesen nem okozhatnak minőségromlást a szennyvíztisztításban, vagy fennakadást a csatornaüzemeltetésben, de ésszerű kompromisszumokat el lehet fogadni. Csúcsban és azon kívül különböző nagyságú energia köthető le, igazodva a technológiához.

Az átemelő telepek szokványos üzemmódja esetén a maximális szint működésbe lépésének esetén a szivattyúk és eltávolítják a vizet az alsó kikapcsolási szintig. Intelligens, számítógépes vezérléssel és esetleg frekvenciaváltó alkalmazásával magasabb átlagos szint tartható, ami természetesen energia megtakarítást eredményez. A kiüledések megelőzésére időnként teljesen ki kell üríteni a szívóteret (Garai et. al, 2008; Kárpáti, 2009).

A külföldön megszerzett energia megtakarítások háttérének megértéséhez át kell tekintenünk az energiaátadást végző berendezés, a szivattyú működési elvét. A hazai üzemeltetés és fejlesztés oldaláról (Józsa, 2013) vizsgálja a szivattyúk működésének általános feltételrendszerét és elemzi annak szabályozási lehetőségeit.

„A szivattyú az a munkagép, ami egy forgó lapátózott járókerék segítségével a benne lévő folyadék energiáját megnöveli, hajtógép felől a tengelyén bevezetett teljesítmény hatására.” A folyadék ennek az energia növekménynek következtében az alacsonyabb energiaszintről egy magasabb energiaszintre áramlik.

A forgó lapátózott járókerékkel működő szivattyú szerkezeti kialakítását három tényező határozza meg:

1. a hidraulikai elemek-járókerék, vezetőkerék, csigaház, szívótér-fejlődése,
2. a felhasználói igények –pl.-automatikus, kezelő nélküli üzem stb.-alakulás,
3. a gyártástechnológiai eljárások, valamint a szerkezeti anyagok választékának fejlődése.

A szivattyúk - egy rendszeren belül - csak bizonyos korlátok között tudják megfelelő gazdaságossággal és jó üzembiztonsággal ellátni feladatukat. Ha egy szivattyú esetében a feladata túlnyúlik az adottságainak határán, akkor előtérbe kerül a szabályozás szükségessége.

A szivattyúk fejlődése során először kizárólag a hatásfok javítására, később azonban már a szívóképesség javítására is törekedtek. A szívóképesség tekintetében eleinte a dugattyús szivattyúk szívóképessége volt a mérce, amit a növekvő térfogatú szivattyúknál a nagyobb fordulatszámú, rövidebb lapátozásuk, ritkább lapátrácsok kialakításának gazdasági szükségessége miatt fel kellett adni (Józsa, 2013).

A szabályozás során vagy a csővezeték jelleggörbáját, vagyis a rendszert terhelő emelőmagasság igényét kell megváltoztatni, vagy a szivattyú Q-H jelleggörbe fekvését kell módosítani úgy, hogy a kettő metszéspontjában kialakuló munkapont a szivattyúnál a kedvező üzemi tartományba kerüljön. A kedvező üzemi állapot nemcsak a gazdaságos és hatékony működés érdekében fontos, hanem a gép élettartamának a növelését is szolgálja.

A szivattyúk működésének szabályozási lehetőségei:

- üzem közben folyamatos beavatkozásra lehetőséget adó eljárások- statikus megoldások,
- üzemen kívül, a működés szünetében megvalósítható átállási lehetőségek- dinamikus megoldásként jelentkeznek,
- egyszeri, meg nem fordítható beavatkozások, ahol a gép és a rendszer összehangolása után új üzemi állapot alakul ki,
- a szivattyúgépház üzemrendjének megváltoztatása.

A szivattyúk működését jellemző adatok és a munkapont Egy adott rendszerben működő szivattyút az alábbi tulajdonságok, ill. paraméterek jellemzik:

- **"Q"** térfogatáram (folyadék szállítás m^3/s , m^3/h),
- **"H"** manómetrikus emelőmagasság, ami rendszer részéről terhelődik a szivattyúra, és manométerrel mérhető a gép csonkjain (m),
- **"P"** a tengelyen bevezetésre kerülő teljesítmény, ami a gépen hidraulikai teljesítménnyé alakul (P hasznos), valamint fedezi annak veszteségeit (kW-V szivattyú),
- **"Nú"** a szivattyú hatásfoka, ami az előzőek közti kapcsolatot megteremti (%),

A szivattyú működését befolyásolják:

- "n" a szivattyú tengelyének fordulatszáma (1/s,1/min),
- "H_{sm}" a szivattyú szívóképességét jellemző manómetrikus szívómagasság (m),
- "NPSH" a szivattyúra jellemző, rendszertől független szívási mutató szám (m),
- "a" fajlagos villamosenergia-felhasználás (kWh/m³), ami megmutatja, hogy egy adott rendszerben milyen a szivattyú-motor gépcsoport üzemének gazdaságossága. Ez a szám a szivattyút hajtó motorba időegység alatt bevezetett teljesítmény és a szivattyú térfogatának a hányadosa:

$$a = \frac{P_{\text{motor}}}{Q} \quad (\text{kWh/m}^3)$$

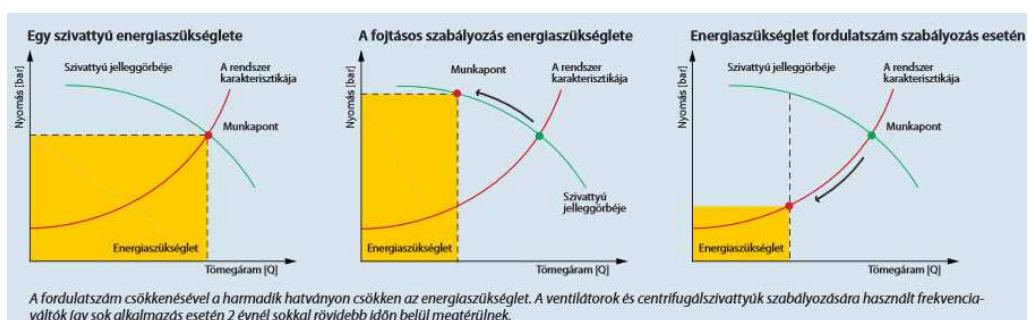
A szivattyú működésének gazdaságosságát a fajlagos villamos energia – felhasználás értékével lehet jellemezni (kWh/m³) (Józsa, 2013). Az elmúlt években a DANFOSS – hajtástechnikai gyártmányairól közismert cég – nagy hangsúlyt fektet az energiatakarékos megoldásokra.

A villamos hajtástechnika a kulcstechnológiát jelenti az energiahatékonyság szempontjából. Jelenleg a leghatékonyabb megoldás az energiafogyasztás gyors és jelentős csökkentése.

A frekvenciaváltók alkalmazásával sok energia megtakarítást lehet elérni, bár vannak olyanok is, ahol nem térül meg a beruházás, sőt, éppen az ellenkező eredményre juthatunk. Becslések szerint az összes aszinkron motoros hajtás mintegy 50%-ánál lenne gazdaságos a motor fordulatszámának szabályozása. Az alkalmazásokból adódó megtakarítási lehetőségek mellett számottevőek a frekvenciaváltók által eredményezett további rejtett költségek. Változó nyomatékigényű alkalmazások esetén gyakran szivattyúkról és ventilátorokról van szó. A szivattyúknál viszont különbséget kell tenni: az elterjedt centrifugál szivattyúk négyzetes nyomatékigényűek, vannak azonban állandó nyomatékigényű szivattyúk is (pl.: vákuum- vagy térfogat kiszorításos szivattyúk). Szivattyúkat és ventilátorokat nagyszámú alkalmazásnál használnak.

Az egész EU iparában felhasznált energiának 70%-át villamos motorok használják el. Ennek mintegy 37%-át teszik ki a szivattyúk és ventilátorok által felhasznált energia. Sőt, a kereskedelem, kisiparban és szolgáltatásban ez EU- szinten kb. 40 százalékot is eléri.

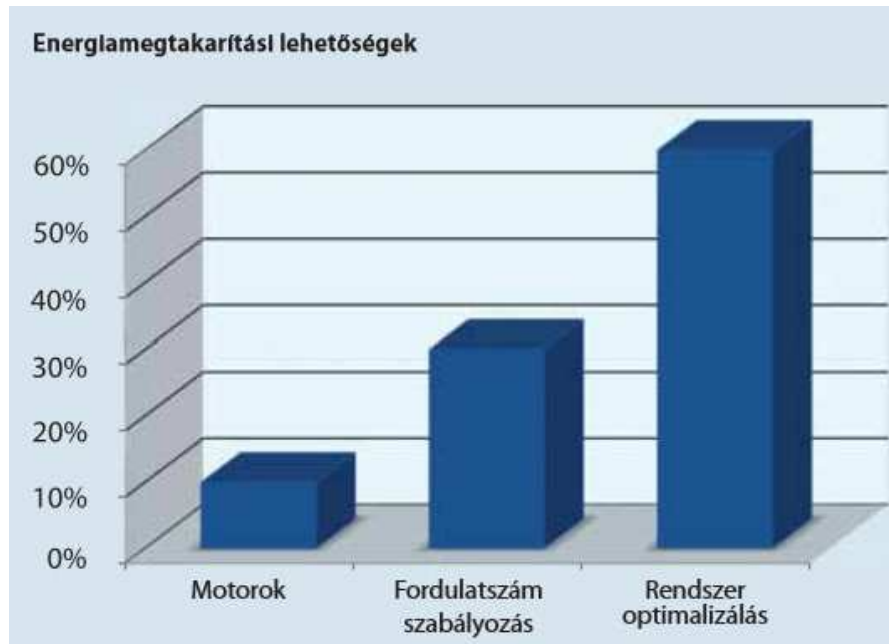
A négyzetes nyomatékigényű alkalmazások esetén a fordulatszám szabályozása az energiatakarékosság egyszerű, de nagyon hatékony módja. A fordulatszám csökkentésével az energiaszükséglet a harmadik hatvánnyal arányosan csökken. Ennek a nagy megtakarítási lehetőségnek köszönhetően minden négyzetes nyomaték-karakterisztikájú alkalmazás az energiatakarékosság megvalósításának ideális jelöltje. A szivattyúk és ventilátorok fordulatszámának szabályozása esetén az adódó meglepetéseket elkerülendő még a tervezéskor figyelembe kell venni, hogy a fordulatszám változásával a munkapont, és a hatásfok is változik. A ventilátorok, szivattyúk és kompresszorok frekvenciaváltóval történő hajtása olyan fordulatszám tartományt eredményez, amelyben a rendszer energiát takarít meg. A rendszernek leginkább ebben a tartományban kellene működnie. Ha túl nagy a különbség a maximálisan szükséges teljesítmény és az átlagosan előforduló részleges terhelésű üzemmód között, indokolt a berendezés kaszkádolása. A meglévő berendezés átépítésének befektetési költségei így gyakran nagyon rövid időn belül megtérülnek. A szivattyúk kaszkádolásánál egy szabályozott fordulatszámú szivattyú lefedi az alapterhelést. Ha nő a szivattyúigény, a frekvenciaváltó további szivattyúkat kapcsol be (2. ábra). A szivattyúk így mindig az optimális hatékonysági tartományukon dolgoznak. A szivattyú fordulatszámának szabályozása biztosítja, hogy a rendszer folyamatosan a legkedvezőbb energiafogyasztással tudjon működni. A megfelelő kaszkádvezérlők gyártótól függően vagy már bele vannak integrálva a készülékbe, vagy külső egységként vásárolhatók meg.



2. ábra: Energia megtakarítás változása a szivattyúknál frekvenciaváltók alkalmazásával (DANFOSS,2009)

Rendszeroptimalizálás: a hajtási rendszerben a megvalósítható energiatakarékossági potenciál kb. 10%-a érhető el jobb hatásfokú motorok alkalmazásával. A szabályozott fordulatszámú üzemmód kb. 30% megtakarítási lehetőséget eredményez. A legnagyobb,

kb. 60%-os energia megtakarítási lehetőség viszont az egész rendszer optimalizálásában rejlik (3. ábra). Ezért minden intézkedésnél mindig az egész rendszerre gyakorolt hatást kell figyelembe venni. Mindig elemezni kell, hogy az egyes intézkedések milyen mértékben kombinálhatóak egymással. Ide éppúgy tartozik a csővezetékek optimális elvezetése, mint a modern frekvenciaváltók szoftver funkcióinak alkalmazása.



3. ábra: Energia megtakarítás változása a szivattyúknál frekvenciaváltók alkalmazásával, (DANFOSS 2009)

Összefoglalva: A fenntartható jövő érdekében egyre szükségesebbé válik a hatékony energiafelhasználás, és a környezet védelme, a megújuló energiaforrások fokozott felhasználása, az energiahatékonyság és energiatakarékosság kialakítása. A Föld villamos energiafelhasználásának közel egy harmadát a szivattyúk üzemeltetése emészti fel (1. ábra). Ezzel a szivattyúk az ipar legnagyobb energiafogyasztóivá lépnek elő. Ez az arány egy vízi közmű szolgáltató cégnél 70-80%-ot is jelenthet. A hazai szakirodalom részletesen foglalkozik a villamos energia széndioxid kibocsátásának problémájával, különösen annak visszaszorításának kérdéskörével. A közlekedés jelentős és növekvő széndioxid kibocsátó forrás, a világ széndioxid szennyezésének kisebb részét adja, a villamos energia szektor jelentősen többet bocsát ki nála.

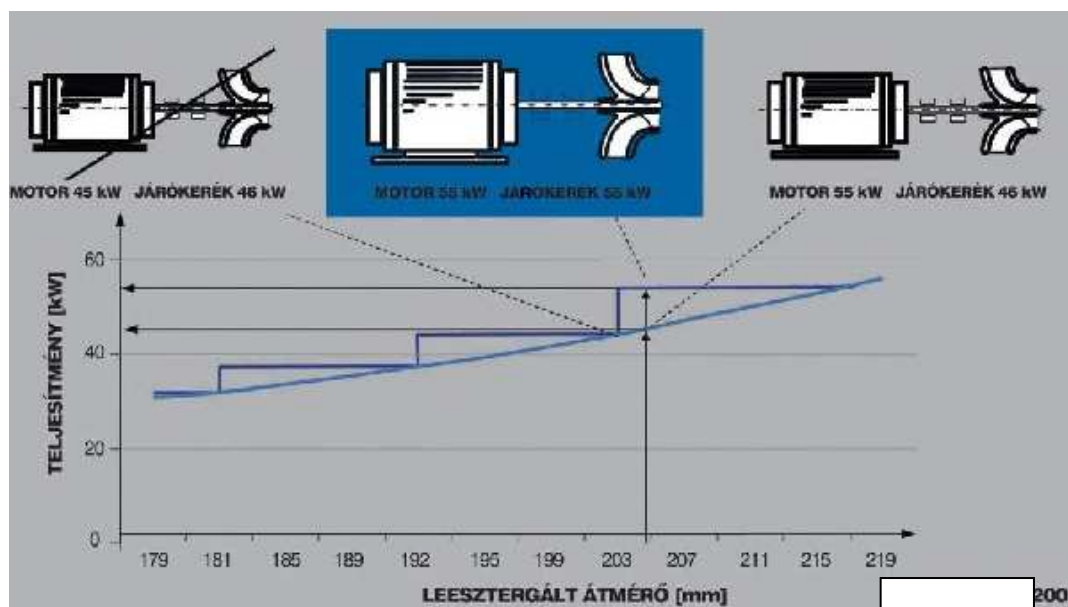
2.2 Szivattyúk működési jellemzői

Az emelőmagasság- és térfogatáram-értékek ismeretében az energia felvétel optimalizálására egy sor lehetőség kínálkozik, melyeket később kifejtünk.

Energia-megtakarításra és a berendezés hatékonyságának maximalizálására a fordulatszám-szabályozott hajtások nyújtanak ideális megoldást. A szivattyú és a motorra szerelt fordulatszám-szabályozó együttes kombinációja a berendezés számára is előnyöket jelent. Amennyiben a fordulatszám-szabályozás alkalmazása műszaki vagy finanszírozási okokból nem lehetséges, ugyanezt a megtakarítást elérhetjük a munkapontra esztergált járókerékkel is, ez azonban állandó üzemi körülményeket feltételez.

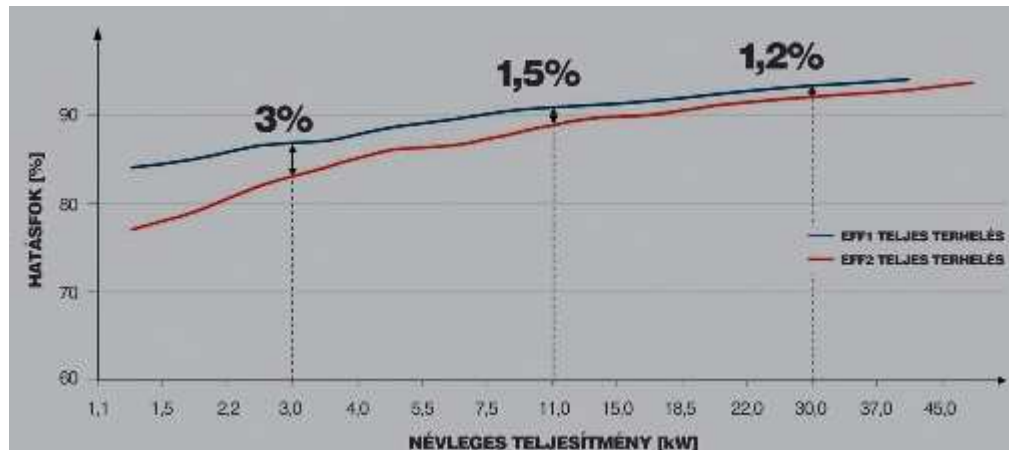
Ha a szivattyúgyártó ajánlatában fixen méretezett járókerék-átmérők szerepelnek, egy 55 kW-os szivattyút 55 kW-os járókerékkel ajánlanak ki, az üzemeltető pedig tolózárak segítségével fojtásos szabályozást alkalmaz, akkor ennek eredményeként a szivattyú a részterheléses tartományban üzemel, ami miatt az energia-felvételt csökkentettük ugyan, de csupán csak kis mértékben.

Egy a munkapontra esztergált járókerékkel ellátott szivattyúval (fix fordulatszámú alkalmazásoknál), szemben az olyan szivattyúkkal, melyeket fixen méretezett járókerékkel láttak el, átlagosan 10%-os energia-megtakarítás érhető el, mivel a szivattyú teljesítménye a berendezés tényleges igényéhez igazodik (4. ábra).



4. ábra: Energia megtakarítás a járókeretek esztergálásával

További energetikai megtakarításokat rejt magában a szivattyúmotor hatékonysága, ezért szivattyúválasztásnál is érdemes erre odafigyelni (5. ábra). Az 1-es hatékonysági osztályba sorolt motorok a hatékonyság javulásához további 1-3%-kal járulhatnak hozzá. Alkalmazásuk fordulatszám-szabályozással vagy a járókerék munkapontra méretezésével kombinálható.



5. ábra: Szivattyú motor hatékonyságának hatása az energia megtakarításra

2.2.1. Szivattyúk, szivattyúzási rendszerek üzemeltetése (szabályozási igények, módok)

Az örvényszivattyúk csak nagyon szerencsés esetben és meglehetősen korlátozott körülmények között tudják megfelelő gazdaságossággal és jó üzembiztonsággal ellátni feladatukat egy adott rendszeren belül. Amennyiben eredeti adottságban ez nem sikerül, abban az esetben a szivattyún, vagy a rendszeren belül szabályozásnak nevezett változtatást kell elvégezni.

A szabályozási rendszerek lehetőségei:

- üzem közben folyamatos beavatkozásra lehetőséget adó eljárások (fojtás, fordulatszám szabályozás, megcsapolás, üzem közben változtatható lapátszög);
- üzemén kívüli, a működés szünetében megvalósítható átállítási lehetőségek (téli-nyári járókerék csere, állás közben változtatható lapátszög),
- egyszeri, meg nem fordítható beavatkozások, ahol a gép és a rendszer összehangolása után már új, de merev üzemi állapot alakul ki (kilépő átmérő változtatása, ha csak egy járókereke van a szivattyúnak, lapáthegeyzés);
- a szivattyú gépház üzemrendjének célszerű változtatása.

A fordulatszám változtatásával a jelleggörbe eltolódik, a csővezeték jelleggörbéjével való metszéspontja, a munkapont ezáltal új helyre kerül. Ez a változás:

- energetikailag gazdaságos, mert a szivattyú hatásfokát alig csökkenti,
- egyaránt lehetőséget biztosít a térfogatáram és a szállítomagasság mindkét irányban történő változtatására,
- legelterjedtebben használt, nagyon gazdaságos szabályozási módszer.

Fojtással végzett szabályozás során a szivattyú nyomóvezetékének ellenállását növeljük például azzal, hogy az odaszerelt szelepet a zárás irányába állítjuk. Ez folyamatos, fokozatmentes szabályozási módot jelent. Fojtással a csővezeték jelleggörbéjének meredeksége nő. A szivattyú vízszállítása csökken.

Jellemzői:

- csak csökkenteni lehet a szállított folyadékmennyiséget, növelni nem,
- gazdaságtalan, mert energiaveszteséggel jár,
- előnye, hogy fokozatmentes szabályozást valósít meg és a szerelése egyszerű,
- különösebb költségvonzata nincs,
- ha a rendszer tervezésénél előre látható, hogy ilyen üzemre gyakran lesz szükség, javasolt ún. szimmetrikus körüláramlású szerelvény (pl. gyűrűs zár) erre a célra való beépítése,
- figyelmeztetés: szívó rendszerben soha ne szabályozunk fojtással!

A megcsapolós (megkerülő vezetékes) szabályozás lényege, hogy a folyadék egy részét a megcsapolt nyomóvezetékéből elvezetjük. Nagy fordulatszámú (félaxiális gépek esetén) szivattyúknál alkalmazzák. Ez is gazdaságtalan szabályozás, mert csökkent térfogatáram mellett rosszabb a hatásfok, azaz a befektetett munka egy részét nem ott hasznosítjuk, ahol a szivattyúzási cél megjelenik.

Járókerék kilépő átmérőjének változtatása (lesztergálás):

A szivattyú külső, kilépő átmérőjét kisebbre esztergálva alacsonyabban fekvő jelleggörbe állítható elő. Alkalmazási területek:

- ha a rendszer nyomásviszonyai megváltoznak, a szivattyú rosszabb hatásfokú oldalra kerül,

- ha a szivattyú valamilyen okból (pl. az előbbi eset) túlterheli a motort,
- ha a téli-nyári vízigény közötti szállításhoz gazdaságosan alkalmazkodni akarunk (télre kisebb átmérőjű kereket szerelünk a gépbe).

Járókerék lapátok kilépő szögének növelése (lapát hegyezés):

- A Q-H görbe emelésére szolgál.

Járókerék lapátszög változtatása:

Szárnylapátos járókerekű axiális, propeller és félaxiális szivattyúknál jó hatású szabályozás a lapátok saját tengelyük körüli forgatása. Így adott emelő magasság mellett széles vízszállítási tartományt lehet kiszolgálni. Van üzemközben állítható és merev beépítésű, csak leállással megvalósítható megoldás is.

2.1.2. Szivattyú-motor egység hatásfok vizsgálata, fejlődése

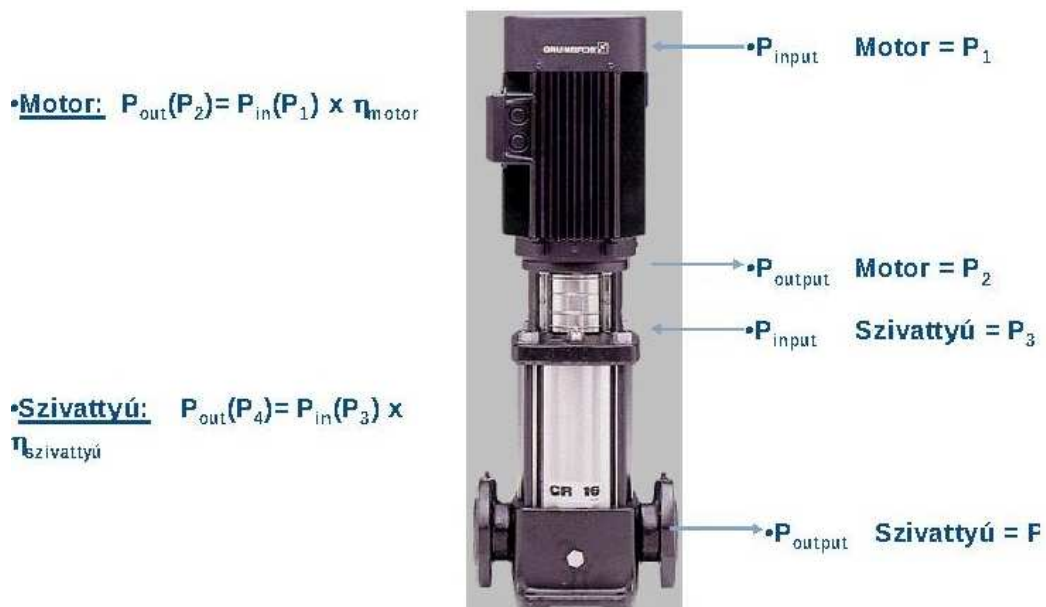
A szivattyú alapvetően három fő gépegységből áll (6. ábra). A villamos – rendszerint rövidre zárt forgórészű aszinkron – motor alkotta egység alakítja át a váltakozó áramú villamos hálózathoz felvett energiát mechanikai energiává, forgó mozgássá. A szivattyú végzi a vízszállítást, a tengelykapcsoló pedig a nyomaték átadását.

A rövidre zárt aszinkron motorok lehetnek normál hornyú, mélyhornyú és kétkalickás motorok. A hálózat igénybevétele szempontjából a kétkalickás aszinkron motor a legkedvezőbb.

Motor indításakor az áramfelvétel névleges 4-8 szorosa, ugyanakkor az üres járási árama a névleges áram 25-60%-a. Értékét az álló- és forgórész közötti légrés okozza. A billenő nyomatékig az indítási áram állandó, majd utána hirtelen csökken.

Az aszinkron gépek hatásfoka névleges teljesítménynél 70-95%, de a névleges fordulatszámának 1/5-e alatti fordulatszámok esetén erőteljesen csökken. Nagyobb gépek esetén a hatásfok kedvezőbb.

Szivattyú-gépegység teljesítmények



6. ábra: Szivattyú-gépegység teljesítmények

- állórész vasvesztesége: (1-4%),
- állórész tekercsvesztesége: (2-8%),
- forgórész vasvesztesége: forgás közben elhanyagolható a forgórész áramának alacsony frekvenciája miatt,
- forgórész tekercsvesztesége: (2-8%),
- mechanikai veszteség: (1-3%),

Az indítási idő szempontjából meghatározó a hajtott gép mechanikai jelleggörbéje, valamint a hajtott gép statikus és dinamikus terhelése. Befolyásolja a tengelykapcsoló fajtája is, aszerint, hogy merev kapcsolat van-e a motor és a munkagép között, vagy csúsztható tengelykapcsoló.

A szivattyú egységre eső veszteségek négy csoportba sorolhatók:

- mechanikai,
- hidraulikai,
- tárcsasúrlódási,
- volumetrikus.

A mechanikai veszteségek a csapágyakban és a tömítésekben keletkeznek, értékük korszerű szivattyúk esetén a tengelyen bevezetett összes teljesítmény 1-2 % -nál nem nagyobb.

A hidraulikai veszteség az összes teljesítmény 10-15 %-át is eléri a legjobb hatásfokú pontban. A tárcsasúrlódási veszteség a nagy fordulatszám és viszkozus folyadék jelentős tárcsasúrlódási veszteséget okoz. A tárcsasúrlódási veszteség elérheti az összes teljesítmény 5% -át, félaxiális szivattyúknál ez mindössze 2 %.

A volumetrikus veszteség a járókerék és a ház közötti réseken, a járókerék által létrehozott nyomásnövekedés miatt visszaáramoltatja a folyadék egy hányadát. Értéke az összes teljesítmény mindössze 1-2 %-a.

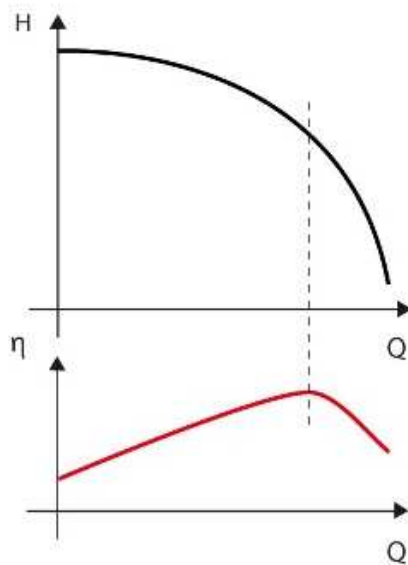
A teljesítmények hányadosai, a részfolyamatokra jellemző hatásfokok, illetve a tárcsasúrlódási veszteségtényezők alakulása:

- a mechanikai hatásfok: $\eta_m = P_{belső} / P_{összes}$
- a tárcsasúrlódási veszteségtényező: $V_{ts} = P_{ts} / P_{belső}$
- a szivattyú hatásfok: $\eta_{szivattyú} = P_h / P_{összes}$.

Jellemző hatásfokok, illetve a tárcsasúrlódási veszteségtényező nagyságrendje egy 10 kW teljesítmény felvételű szivattyú esetén:

- Mechanikai: 98-99 %
- Tárcsasúrlódási veszteségtényező: 2-5 %
- Volumetrikus: 98-99 %
- Hidraulikus: 85-90 %
- Szivattyú egység: 77-86 %.

A szivattyú hatásfoka a szivattyú méretétől, valamint az összeszerelés/gyártás minőségétől függ (7. ábra). A kis kapacitású szivattyúk hatásfoka általában alacsonyabb, mint a nagyoké.



7. ábra: Szivattyú hatásfoka a térfogatáram függvényében

Néhány jellemző hatásfok:

Szivattyútípus	Viszállitás	hatásfok
K 61	5,2 m ³ /h	65,00%
K 62	8,1 m ³ /h	68,00%
D 14	34 m ³ /h	70,00%
SCH 20	57 m ³ /h	70,00%
NK 63	13 m ³ /h	72,00%
NK 81	33 m ³ /h	73,00%

A régi H típusoknál a hatásfok 40-50 % között alakult, az EMU licenc alapján gyártott szivattyúknál 65-75 % között alakult és a legújabb fejlesztéseknek köszönhetően a hatásfok 80 % fölötti értékű.

2.2.3. A Szivattyú energetikai jellemzői:

- térfogatáram,
- manometrikus szívómagasság,
- szívóképesség,
- manometrikus nyomómagasság,
- szállítómagasság,
- teljesítményfelvétel a szivattyú tengelyén,
- fordulatszám,
- hatásfok (a szivattyú, a hajtógép, esetleg gépcsoport hatásfoka).

A szivattyú-gépegység hatásfokát, a motor és a hozzá kapcsolt szivattyú hatásfokának összege határozza meg.

A jelleggörbe két-szivattyú jellemző közötti összefüggést fejez ki, vagyis azt, hogyha az egyik megváltozik, akkor a másik megváltozása milyen irányú és nagyságú lesz. Jellemzően négy jelleggörbét használunk, a H-Q, vagy fojtásgörbe, a P-Q teljesítményfelvételi görbe, a η -Q hatásfok és a NPSH-Q kritikus szívóképességi görbe állandó n fordulaton.

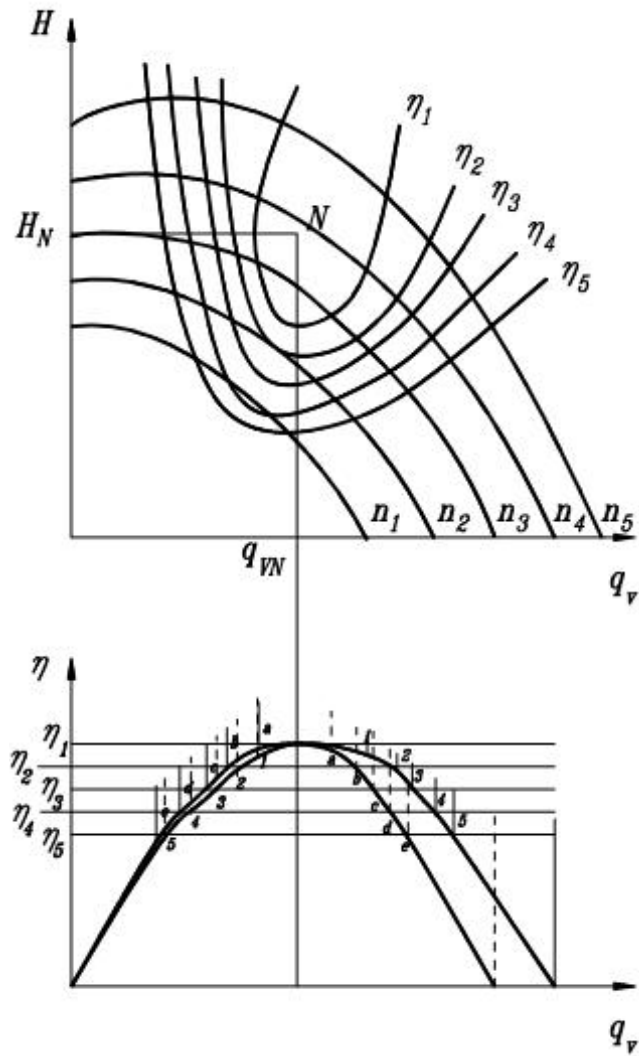
Üzemelési szempontból fontos, hogy hol a legkisebb a szivattyú tengelyterhelése, mert a gépet úgy kell indítani, hogy a motort a legkisebb mértékben terhelje. A szivattyú kagylódiagramja a szivattyú legfontosabb jellemzőit tartalmazza.

A kagylódiagramból a szivattyú szállítómagassága, térfogatárama, a fordulatszáma, a hatásfoka közvetlenül kiolvasható (8. ábra). A kagylódiagram a szivattyú különböző, de n =konstans fordulatszámon való mérésel meghatározott $H=f(Q)$ jelleggörbéjéből, valamint a $\eta=f(Q)$ jelleggörbékből építhető fel úgy, hogy bizonyos hatásfokértékeknek megfelelő pontokat a nekik megfelelő fordulatszámu H-Q görbére felvetítjük. Az azonos hatásfokokhoz tartozó pontokat összekötve a η =állandó görbesereget – a kagylódiagramot – kapjuk.

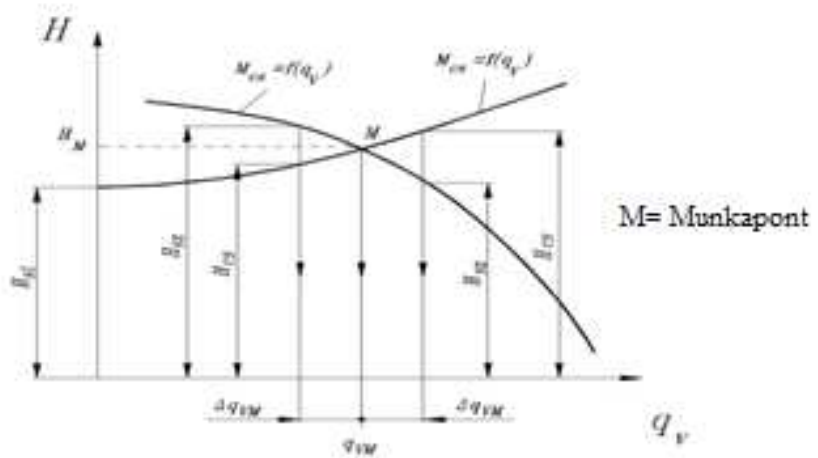
A diagram közepe a H_n , Q_n , n_N , η_N pont az ún. normálpont, amely a gép egyáltalán lehetséges legjobb hatásfokú pontja.

A normálponton való üzemelés azonban általában nem lehetséges, mivel a szivattyú üzemi munkapontját befolyásolják a csővezeték és szerelvényeinek hatásai.

A kialakuló munkapontot együttesen határozzák meg a szivattyú és a csővezeték jelleggörbéi. Természetesen a cél az, hogy az üzemi munkapont a legjobban megközelítse a szivattyú normálpontját (9. ábra).



8. ábra: Szivattyú kagylódiagram



9. ábra: Szivattyú munkapontja

Az egyes berendezésekre vonatkozó műszaki adatok meghatározása gyártói feladat. A munkagép a villamos motor közötti kapcsolat megfelelő mechanikus áttételrendszerrel, tengelykapcsolóval (kompakt egységeknél esetleg közvetlenül) történik. Általános esetben a felülvizsgálat a villamos energiaellátó rendszer és a technológia közötti szakaszra terjed ki.

2.2.4. Szivattyú cserénél ajánlott legfontosabb szempontok

A tapasztalatok szerint napjainkban sok gazdaságtalanul működő villamos motor-szivattyú van üzemben. A gazdaságtalan üzemeltetésnek több oka lehet: a munkapont eltolódása a telepítés óta, kopások, valamint egyéb szakszerűtlen üzemeltetési okok is lehetnek. A felmerült javítási költségek, a beszerzési időpont óta a műszaki fejlesztések, fejlődések következtében már elavultnak számítanak és ennek következtében alacsony ezeknek a szivattyúknak a gyári hatásfoka is.

Tárolóval rendelkező vízellátó rendszer esetében, ha rendelkezésre áll frekvenciaváltó, mennyiségmérő és manométer, akkor a jellemző üzemállapotban a hálózat jelleggörbéjét meg lehet szerkeszteni. Így az adott hálózati jelleggörbéhez a megfelelő szivattyúk ennek megfelelően kiválaszthatók. Ebben az esetben is érdemes a rendszert frekvenciaváltóval üzemeltetni, mivel így a változó vízigényeket dinamikusan lehet követni, akár kézi, akár automatikus szabályozással.

Zárt vízellátórendszer esetében a Q órai és H ismeretében kiválasztható a több szivattyúból összeálló egység, melynek működtetése úgynevezett nyomásszabályzással oldható meg. Az elmúlt évtizedekben a hagyományos hidroforos üzemet korszerűbb fordulatszám szabályozás váltotta fel.

Az egység kiválasztásánál nem szabad figyelmen kívül hagyni a tűzi víz igényeket sem.

Előfordulhat, hogy a vízellátó hálózat minden pontján a megfelelő nyomást víztoronnyal nem lehetett biztosítani. Ennek a megoldására a következő feltételrendszer alkalmazható. A településen nyomásfokozó gépház került kiépítésre (víztorony kiiktatásával) és annak állandó nyomásra történő szabályozásával megoldható a probléma.

A felmérések eredményei azt igazolják, hogy a szivattyúk cseréjénél lényeges a megelőző helyszíni állapotfelmérésen alapuló, megfelelő berendezés kiválasztása:

- A szivattyú hasznos teljesítménye az a teljesítmény, amely a munkaközeg nyomásának emeléséhez szükséges lenne 100%-os szivattyú-összhatásfok mellett.
- A szivattyú névleges teljesítményigénye egy a kiválasztása idején feltételezett munkaponthoz (névleges szállított térfogatáramhoz és szállítómagassághoz, vagy nyomáskülönbséghez) tartozó teljesítményigény.
- A szivattyú munkaponti teljesítményigénye az üzemvitel során a tényleges munkapontban kialakuló, a villamos motor tengelyteljesítményével megegyező teljesítmény.
- A szivattyú névleges veszteségének az a veszteség tekinthető, amelyik a névleges teljesítményhez tartozó szivattyúhatásfokkal határozható meg.
- A szivattyú munkaponti vesztesége a fojtásos szabályozás esetén a csővezeték-jelleggörbén feltételezett munkaponthoz számított veszteség.
- A szivattyú fojtási vesztesége a fojtásos szabályozás esetén a csővezeték-jelleggörbén feltételezett munkaponthoz és a tényleges munkaponthoz számított teljesítmény különbsége.

2.2.5. Energetikai kapcsolódások, szivattyúzás gazdaságossága

Szivattyúk indításakor jelentkező áramfelvétel gyakran akár 4–8-szor is magasabb, mint az adott gépegység névleges áramigénye. Következésképpen a motoron, gépegységen, valamint a villamos- és vízhálózaton egyaránt jelentős igénybevétel jelentkezik.

A villamos hálózat védelmét több országban előírásokhoz kötik. A fogyasztót vagy az indítóáram korlátozására, vagy a teljesítményúllépés utáni pótdíj megfizetésére kötelezik.

Direkt indítás esetén a motort egy védőrelé, vagy ehhez hasonló eszköz beiktatásával, közvetlenül kapcsoljuk a hálózatra. Előnyei közt említendő a kedvezőbb beruházási költség. A váltakozó áramú motorok indításánál és leállításánál a hirtelen fellépő forgatónyomaték és sebesség változás kedvezőtlenül hat a csőhálózatra, lengéseket okoz. Ez különösen a hosszabb csőhálózatok, és nagyobb emelőmagasságok esetén a csővezetékek, egyéb szerelvények, hidraulikus rendszerek tönkremenetelét, törését okozhatja.

Korszerű indítási módok

Lágy-indítás

Abban az esetben, ha a szivattyút nem szükséges szabályozottan (mennyiségre, nyomásra) üzemeltetni, akkor a megoldás lehet a lágyindító berendezés alkalmazása. A lágyindító berendezés egy külön elektronikai egység, mely a feszültséget, s ezzel az indító áramot redukálja, még hozzá egy meghatározott fázisstartományban. Lágyindítókkal kiküszöbölhető a szivattyúk indulásakor vagy leállításakor jelentős áramlökés érezhető. Működésük fázishasításos elven alapul. A motor feszültségének vezérlését, fázisonként két ellenpárhuzamosan kapcsolt tirisztor végzi. Gyújtási szög változtatásával a motor folyamatosan növekvő, állandó frekvenciájú feszültséggel táplált.

Frekvenciaváltós-indítás

A fordulatszám változtatásának feltétele és következményei. Az első lehetséges kérdés, hogy miért is a legmegfelelőbb választás számunkra a szivattyú fordulatszámának fokozatmentes változtatása. A megoldást matematikailag az affinitás törvénye adja meg számunkra. A fordulatszám változtatásával az alábbi három (és számunkra jelen esetben legfontosabb) érték változik meg:

$$Q_1/Q_2 = N_1/N_2$$

$$H_1/H_2 = (N_1/N_2)^2$$

$$P_1/P_2 = (N_1/N_2)^3$$

ahol:

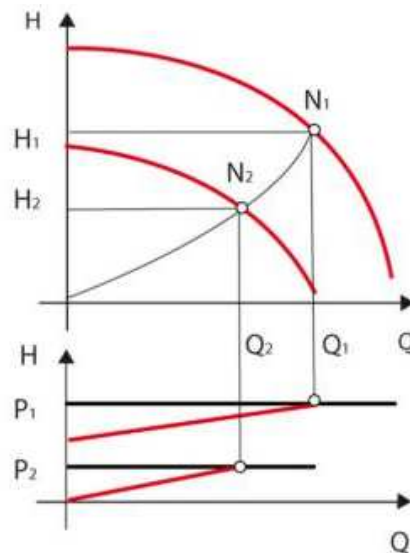
N = fordulatszám,

Q = térfogat áram,

H = szállítómagasság,

P = teljesítmény.

A fokozatmentesség jelentőségét a 10. ábrán még könnyebben beláthatjuk:



10. ábra: Frekvenciaváltós indítás hatása a szivattyú teljesítmény felvételére

A fordulatszám változtatásával eszközt kapunk a kezünkbe, hogy a szivattyúkat tág határok között, pontosan illeszthessük a kívánt vízigényekhez, vagy nyomásértékekhez, és eközben jelentősen csökkentjük a hálózatról felvett villamos teljesítményt, (és azonnal belátható, hogy a régebben alkalmazott fojtásos „szabályozás”-nak mi a legnagyobb hátránya) és a felhasznált villamos energia mennyiségét is.

Az ismertetett összefüggésekből az is látszik, hogy frekvenciaváltó alkalmazásával már külön szabályozási kör létrehozása nélkül is energia takarítható meg, hiszen a fordulatszám kismértékű csökkentésével a szállított víz mennyisége csak kis mértékben csökken, viszont a felvett teljesítmény sokkal jelentősebb mértékben változik, így sokat javíthatunk a szivattyú fajlagos energiafogyasztásán.

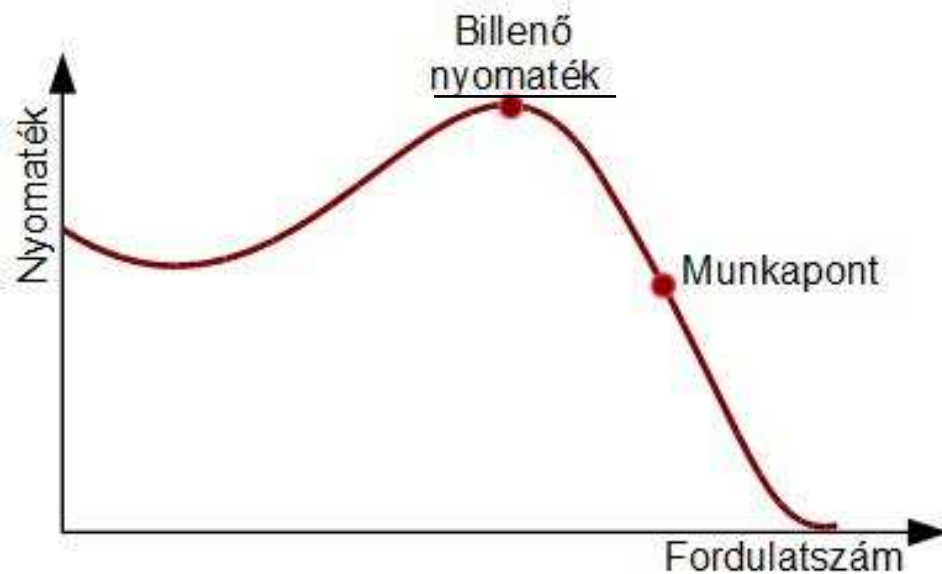
A fordulatszám szabályozás megismeréséhez feltétlenül tisztában kell lenni a szabályozni kívánt villamos motor felépítésével is. A víziközmű szolgáltatásban üzemeltetett szivattyúk döntő többsége háromfázisú, rövidrezárt forgórészű aszinkronmotor.

Így az értekezésemben is csak ennek a típusnak az értekezésével foglalkozom.

A motort váltakozó áramú hálózatra kapcsoljuk, az állórész tekercseiben a hálózat frekvenciájának megfelelő fordulatszámmal, forgó mágneses mező alakul ki. A forgórész tekercseiben ez a forgó mágneses tér feszültséget indukál, és az így kialakult áram (a forgórész tekercseiben) a mágneses térrel kölcsönhatásba lép. A kölcsönhatás eredményeként a forgórész forogni kezd, azonban mindig lassabban, mint a mágneses mező (vagyis a szinkron fordulatszám). Amennyiben a fordulata elérné a mező

fordulatszámát, a nyomaték nullára esne, mivel megszűnnének a mágneses térben addig jelenlévő erővonalmetszések. Ezt a fordulatszám különbséget nevezzük szlipnek, mely a terhelés hatására változik.

A terhelés növekedésének hatására a munkapont egyre inkább megközelíti a „billenő nyomaték”-ot, melyet átlépve a motor instabil állapotba kerül (11. ábra).



11. ábra: A nyomaték változása a fordulatszám változtatásával

A fordulatszám változását korszerű módon a tápláló frekvencia változtatásával tudjuk elérni, az alábbi összefüggés szerint:

$$n = (1-s) f_1/p ,$$

ahol:

- n- a fordulatszám,
- s- a szlip (szabályozása csak veszteségesen lehetséges),
- p- a pólusszám (fokozatmentes változtatása nem lehetséges),
- f₁-a tápláló (primer) frekvencia (veszteségmentes, fokozatos változtatás).

A modern frekvenciaváltók alapfeladata az említett primer frekvencia változtatása. A frekvenciaváltónak az eddig említett jótékony tulajdonságain kívül további előnyei is vannak. Lecsökkenti a beépítendő erősáramú eszközök számát. Továbbá az alábbi feladatokat önmagában ellátja:

- zárlatvédelem,
- túlterhelés elleni védelem (hővédelem, áramkorlát),
- meddő energia kompenzálás,
- lassú motorindítás (a csillag-delta indítás mágneskapcsolói elhagyhatók),
- mérések végzése (fordulatszám, áramfelvétel, teljesítmény felvétel), energiafogyasztás [göngyöltett kWh], melyeket szabványos csatolófelületen keresztül elérünk a folyamatirányító PLC-vel, ill. PC-vel.

A frekvenciaváltó használata, jelentősége a korszerű irányítástechnikában

A szivattyú működtetése irányítástechnikai szempontból két csoportra osztható:

- vezérlésre,
- szabályozásra.

Vezérlésről akkor beszélünk, amikor a frekvenciaváltó működési frekvenciáját adott értékre beállítjuk, mely ezután már meghatározza a vezérelt gép vízszállítását és nyomómagasságát.

A frekvencia beállítása történhet:

- az eszköz beviteli gombjainak segítségével,
- analóg bemenetére kapcsolt potenciométerrel,
- szintén a bemenetére irányított jel alapján, mely a folyamatirányító PLC-ről, vagy PC-ről érkezik, és akár a távfelügyelet során is megadható.

A parancsolt frekvencia ebben az esetben tapasztalati úton kerülhet meghatározásra, vagy az előzőleg elvégzett mérések alapján, vagy az üzemeltetés során kialakuló szokások szerint.

Ezt a módszert csak akkor érdemes alkalmazni, ha hálózati jelleggörbe megfelelően statikusnak tekinthető (általában nem ez a jellemző).

Szabályozás esetén egy adott üzemelési paramétert állandó értéken tartunk, a frekvenciaváltó feladata, hogy folyamatosan a megfelelő fordulatszámon működtesse a szivattyút.

Döntő többségben két paraméterre szabályozunk:

- állandó vízmennyiség,
- állandó nyomás

Ez technikailag a kívánt paraméter folyamatos mérésével, és a mérési jel visszacsatolásával történhet. A paraméter előírt értékét a vezérlésnél már ismertetett módokon lehet beállítani.

A korszerű frekvenciaváltókba épített mikroprocesszor és a memória egység segítségével több üzemelési módot is beállíthatunk, az összes paraméterével külön-külön rendelkezve (indítási-leállítási rámpa, PID szabályzó értékei, szabályozó jel tulajdonsága, stb). A ma forgalomban lévő modern frekvenciaváltók esetében több beállítás (setup) tárolható, mely akár az eszköz kétállapotú bemeneteinek segítségével is válthatók. Összességében elmondható, hogy egy ilyen eszköz, esetleg kiegészítve egy PLC-vel, minden szükséges feladat ellátásra képes.

2.2.6. Az energiafelhasználás csökkentésére alkalmazott megoldások

A kutatásaim során tapasztaltam, hogy számos vízműnél különböző állapotfelméréseket végeztek az energiafelhasználás felmérésére. Ezek a felmérések különböző feltételrendszerek között valósultak meg, de az egyik legtipikusabb projekt a VASIVIZ ZRt-nél volt, ahol a felmérések szivattyúcseréhez és gépház rekonstrukcióhoz vezettek. (MAVIZ-MŰSZAKI BIZOTTSÁG, 2010).

A cég stratégiájában meghatározó szerephez jutott a szivattyúk cseréje. Ennek első lépése akkor történt, amikor 2008-ban 150 db bűvárszivattyút cserélt ki korszerűbb, jobb hatásfokú szivattyúkra. A régi EMU típusú gépek, amelyeket azért alkalmaztak, mivel az elmúlt évtizedekben Magyarországon a cégeknél leginkább ezek a típusú szivattyúk terjedtek el, és ezért a vízszolgáltatók a társaság javító üzemei is ezen típusok javítására rendezkedtek be.

Az új szivattyúk, a hidraulikai igények racionalizálását szem előtt tartva kerültek kiválasztásra. Ezt megelőzte egy nagyon alapos, minden tényezőre kiterjedő állapotfelmérés, melynek során felülvizsgálatra kerültek az elmúlt évtized csökkenő víztermelési mutatói is. Az eredmények során az a következtetés született meg, hogy ezekben a kutakban az alacsonyabb teljesítményfelvételű szivattyú beépítése is elegendő.

Az elemzés ideje egy év volt. Az adatokat összehasonlítva a cserét követően e következő eredményeket kaptuk:

- villamosenergia csökkenés évente 25-30 %
- beruházás megtérülése 3-4 év.

Az ivóvíz kutaknál a szivattyúk cseréjénél végzett elemzéseknél megállapítható, hogy az ivóvíz kutak többségénél nem használják ki a szivattyúk teljes kapacitását. Jelentős különbségek vannak a részüzemek - nem folyamatosan üzemelő szivattyúk- és a folyamatosan üzemelő szivattyúk között. Ezek további elemzése, a szolgáltatás feltételrendszerével összehasonlítva további megtakarítási potenciálokat eredményezhet.

A Sárdéri vízmű gépház rekonstrukciója

A költségelemzésre Szombathely várost és a regionális rendszert alkotó településeket ivóvízzel ellátó Sárdéri telepet mutatom be. Az adatok azt mutatják, hogy a terület vízfogyasztása a 80-as évek végéig dinamikusan növekedett, majd 1989. évet követően a felhasznált víz mennyisége folyamatos csökkenést mutatott. A szolgáltatás során a kiépített rendszerben meghatározó szerepe van a Sárdéri vízmű gépháznak (1. táblázat).

1. táblázat: Az átalakítás előtti beépített szivattyúk megnevezése

Sziv. száma	Típus	$Q_{névl}$ (l/s)	$H_{névl}$ (m)	P_{mot} (kW)
1	DAK 200	130	60	132
2	EGT 150	50	57	55
3	EGT 150	50	57	55
4	BKK 200/200	100	65	110
5	DAN 300	300	66	320
6	DAN 300	300	66	320

Régi gépház
1961

Új gépház
1972

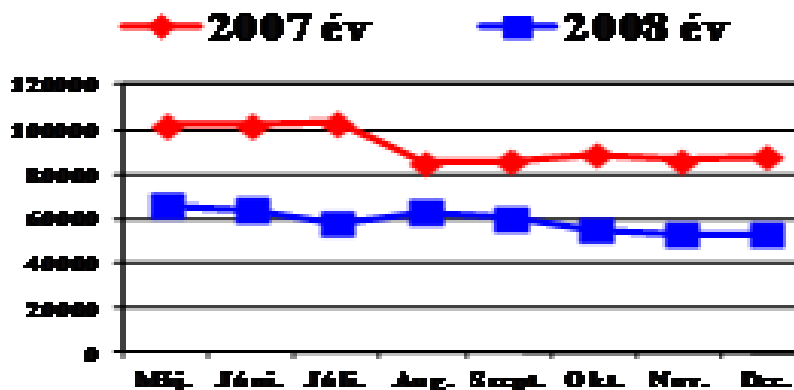
A felhasznált vízmennyiséget a gépházban, fogyasztás nagyságától függően indított 1-6 db szivattyúkkal pótolták. A szivattyúk üzemét a vízigényekhez és a villamos csúcsidőszakokhoz igazítottuk (2. táblázat és 12. ábra).

A gépházban elsődlegesen a DAN 300 típusú szivattyú járókerekének munkapontra esztergálása, valamint a villamos meghajtó motor cseréje a megváltozott hidraulikához igazítva történt meg. Az átalakított szivattyú hajtásaihoz frekvenciaváltó berendezést

javasoltunk. A 2. táblázatból is kiolvasható, hogy ezzel az átalakítással is jelentős energia megtakarítás volt elérhető. A fajlagos energia felhasználás mintegy 20%-kal csökkent.

2. táblázat: A DAN-300 típusú szivattyú felújításával elért villamos energia megtakarítás

	2007 év	2008 év
Május	102.427	66.056
Június	102.433	64.305
Július	103.441	58.208
Augusztus	85.537	63.323
Szeptember	86.112	60.634
Október	88.762	55.309
November	86.561	53.337
December	88.055	53.215
Összesen	743.328	474.387



12. ábra: A DAN-300 típusú szivattyú felújításával elért villamos energia megtakarítás grafikus ábrázolása

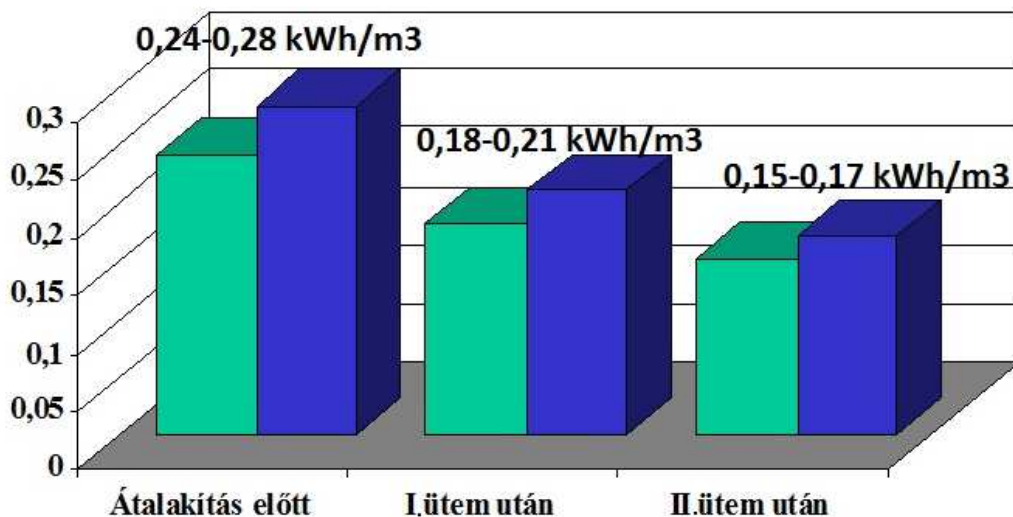
A gépház az energiaracionalizálásának a II. üteme a meglévő DAK és EGT gépek elemzésével történt meg. A felülvizsgálat során az a döntés született, hogy a gépházban is mindenképpen meg kell valósítani a szivattyúk cseréjét. Egyértelmű követelmény volt, hogy a beépítésre tervezett szivattyúk feleljenek meg az energiaoptimalizálás követelmény rendszerének.

A paraméterek és a beruházási költségek alapján a WILO cég által javasolt szivattyú került beszerzésre.

A szivattyú jellemzői:

- Típus: WILO NL 150/400-75 kW
- Folyadék szállítás: $Q=380 \text{ m}^3/\text{ó}$
- Emelő magasság: $H=48 \text{ m}$
- Darabszám: 3 db
- Típus: WILO EMU K 146-1/53 kW
- Folyadék szállítás: $Q=336 \text{ m}^3/\text{ó}$
- Emelő magasság: $H=42 \text{ m}$
- Darabszám: 1 db.

A beruházás megvalósítása során, ill. a felmérés alapján a javasolt beállítási mutatók együttesen azt eredményezték, hogy a szivattyúk cseréjével és a javasolt működési feltételeket is figyelembe véve további 15 %-os energia megtakarítást lehetett a rendszerben elérni (13. ábra). A beruházás további fejlesztési igényt is megvalósított, ez azt jelentette, hogy a WILO által szállított szivattyúk CERAM bevonatos járókerékkel is fel lettek szerelve.



13. ábra: A rekonstrukcióval elért fajlagos fogyasztás csökkenés ábrázolása, (MAVÍZ-Műszaki Bizottság, 2010)

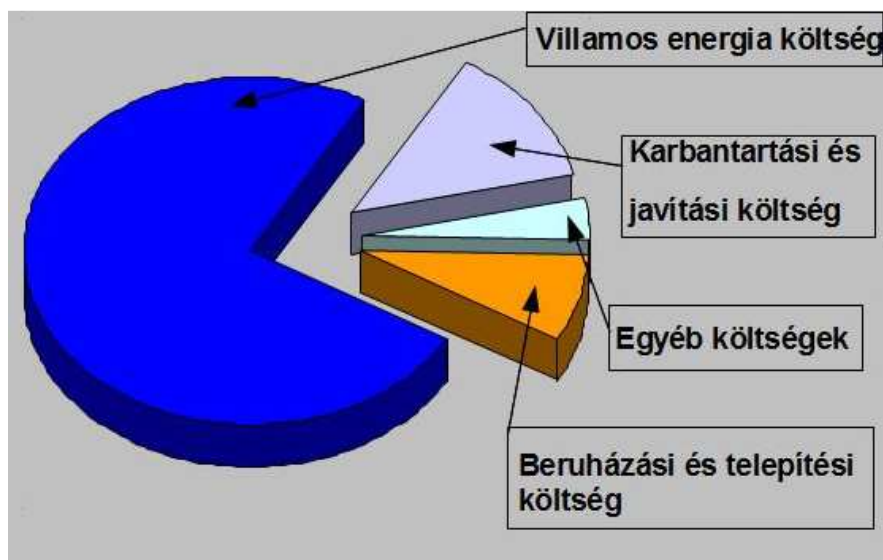
Összefoglalva megállapítható, hogy a VASIVÍZ - nél elért energia fogyasztás csökkenés s szivattyúk cseréjével, ill. a járókerék és a motor cseréjével valósult meg. A dolgozatomban ismertetett módszer alapján azonban nem történtek vizsgálatok sem a beruházás előtt sem utána. Így nem lehetett megállapítani, hogy egyes szivattyúk frekvenciaváltós szabályozásával milyen hatékonyságú javulást érhettek volna el – adott esetben a szivattyú cseréje nélkül is.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A szivattyú életciklus vizsgálat rámutat arra, hogy egy szivattyú beszerzésétől, az üzemeltetésen keresztül a legnagyobb, mintegy 80 %-os költséget tesz ki a felhasznált villamos energia. Ezért fokozottan oda kell figyelni a szivattyúk üzemoptimalizálására, amivel jelentős energia-megtakarítás, illetve költségcsökkentés érhető el (14. ábra).

A legtöbb esetben a beruházási döntések meghozatalakor csak a kezdeti beruházási költségeket veszik figyelembe, és nem számolnak üzemeltetési-, a folyamatos fenntartási-, felújítási- és számos egyéb költséggel.

A szivattyúk életciklus-költségeit (**Pump Life Cycle Costs**) megvizsgálva és elemezve juthatunk el a hosszú távon a leginkább költségtakarékos megoldáshoz (Az Európai Unió Környezetvédelmi szabályozása, 2001).



14. ábra: Szivattyúk életciklus elemzése

LCC= Life Cycle Costs (Életciklus költség)

LCC*= Cic+ Cin+ Ce+ Co+ Cm+ Cs+ Cenv+ Cd

**10 évre számítva*

- Beruházási és telepítési költség - (**Cic**) 5%
 - Szerelési és beüzemelési költség (**Cin**)
 - Amortizáció
- Villamos energiaköltség- (**Ce**) 80%
- Karbantartási és javítási költség-(**Cm**) 12%
- Egyéb költségek- 3 %

- Üzemi felügyelet költsége-**(Co)**
- Üzemkiesési költségek- **(Cs)**
- Környezetterhelési költség-**(Cenv)**
- Szanálási költség-**(Cd)**

A képlet egyértelműen mutatja, hogy a szivattyúk életciklus költségei között is kiemelkedik a villamos energia költség. Ez is alátámasztja, hogy ezzel a témakörrel fokozottan kell foglalkoznunk. A pénzben mérhető megtakarítások mellett nem mellékes a mai környezettudatos világban az sem, hogy egy eszköz közvetve, vagy közvetlenül mennyi káros anyag kibocsátással terheli az életterünket. Természetesen a szivattyúk üzemelésük során káros anyagokat közvetlenül nem juttatnak a környezetbe, de az energiafelhasználás csökkentésével közvetetten mégiscsak pozitív hatást érhetünk el az áramszolgáltatók szennyezőanyag kibocsátásának csökkenő mennyiségében (MAVÍZ-Műszaki Bizottság, 2010).

Az energia megtakarítási potenciál feltárására irányuló méréseink fő jellemzője a szivattyúknak a beépítés helyén történő tesztelése vagyis „on-line” üzemmódban, azaz azok működés közbeni ellenőrzése. A mérések alapján legfontosabb feladat a megtakarítási potenciál növelése, amelyet a teszt során mért fajlagos hatékonysági értékekből számított megtakarítás jellemez. A mérési módszerből következően nagy pontossággal modellezni lehet a várható, ill. elérhető megtakarítás mértékét.

3.1.A kísérletek helye

A kísérletek helyéül kis- és közepes települések vízigényét kielégítő vízmű telepeket választottunk, amelyek esetében a vízszolgáltatás költsége nagymértékben függ a hálózat és a szivattyú üzemelési kapcsolatától.

A vizsgálatokat az ivóvíz és a szennyvíz hálózatokon egyaránt végeztük.

Ivóvíz szolgáltató telepek

- Dombóvári Vízmű
- Paksi Vízmű

Szennyvíz hálózatok

- Székesfehérvári szennyvíztelep és hálózat
- Csákvári hálózat
- Soproni hálózat

3.2. Kísérleti eszközök

Az energia mennyiség csökkentésére, ill. optimalizálására a szállított vízmennyiség és a felhasznált elektromos áram kapcsolata alapján végrehajtandó módosítások révén kerül sor.

A szivattyúk energetikailag leggazdaságosabb üzemét, az adott üzemi körülmények teljes körét figyelembe véve egy frekvenciaváltó és egy ultrahangos áramlásmérő segítségével megbízható tesztméréssel végeztem el.

Ez azt jelenti, hogy a frekvenciaváltón megjelenik a szivattyú pillanatnyi áramfelvétele [kW] és az áramlásmérőn megkapjuk az időegység alatt átfolyt víz mennyiségét [m³/h]. Az így kapott két adat hányadosa megadja a fajlagos energiafelhasználást kWh/m³ értékben.

A mérés alapja, hogy a frekvenciaváltón megjelenik a szivattyú pillanatnyi áramfelvétele [kW] és az áramlásmérőn megkapjuk az időegység alatt átfolyt víz mennyiségét [m³/h]. A mért adatok viszonzszámának kalkulációja alapján kapjuk meg a fajlagos energiafelhasználást kWh/m³ értékben.

A teszt során a sorozatméréseket úgy kell végeznünk, hogy folyamatosan változtatjuk a frekvenciaváltó fordulatszámát. A mérést 30-50 Hz-es határok között végeztük. A minimum frekvencia értékét általában a szivattyúgyártó ajánlásai alapján kell figyelembe venni.

3.2.1 Az alkalmazott frekvenciaváltó jellemzői

A DANFOSS gyártó cég AQUA DRIVE típusú készülékeit alkalmaztuk, amelyek jellemzői:

- Mérési tartomány: a 10 kW teljesítmény alatti tartományban működő szivattyúkhöz – leggyakrabban - víztermelő kutakról van szó – AQUA DRIVE 5,5-10 kW teljesítményű, e felett 50 kW teljesítményű típust alkalmaztunk. A mérés pontosságának érdekében az alkalmazott frekvenciaváltó mérési tartományának illeszkednie kell a vezérelt szivattyúhoz. Azokon a mérési helyeken ahol a frekvenciaváltót korábban beszerelték ott annak alkalmazására került sor. Legtöbb esetben DANFOSS típussal találkoztunk. Ezt a körülményt az egyes tesztmérések leírásánál jelezzük.
- Hálózati csatlakoztatás úgy történik a mérés során, hogy az energia betáplálásnál

a szivattyú és a betáplálás közé ideiglenes jelleggel kerül bekötésre a frekvenciaváltó. A szivattyú motorjára a már modulált frekvencia kerül. A teszt során alkalmazott frekvenciaváltók alaptípusa megegyezik azokkal a frekvenciaváltókkal, amelyek a későbbiek során beépíthetők, ill. Dombóváron a kísérleti alkalmazás során be is építettük.

- Az 50 kW feletti teljesítmény esetén csak beépített készülékkel végeztük a mérést. A mobil eszköz beépítése az e feletti tartományban nehezen kivitelezhető (1. kép).



1. kép: Frekvenciaváltó beépítése, és a vizsgálat

3.2.2. Az ultrahangos átfolyásmérő jellemzői

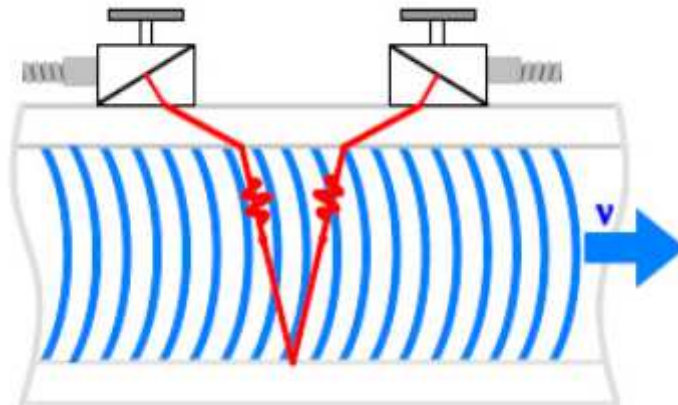
A FLEXIM gyártó cég FLUXUS ADM 6725 típusú készülékét (15. ábra) alkalmaztuk a hálózatok különböző keresztmetszetén áramló folyadéktest meghatározására, amelynek jellemzői:

- a vizsgált csőtípusok és átmérők mérésére alkalmas,
- a mobil mérési körülményekhez igazodva/adódóan egyszerűen és gyorsan kezelhető. Vizes és nedves körülmények között is használható.



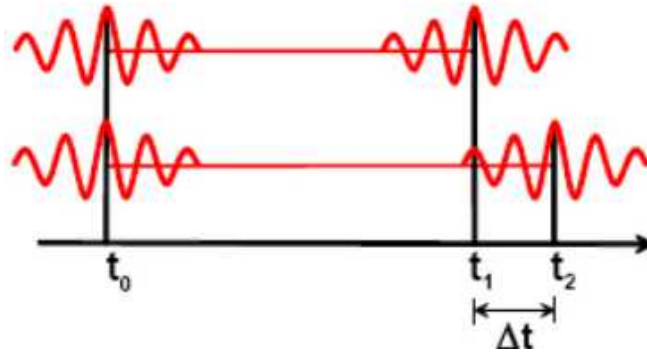
15. ábra: A tesztmérésekhez alkalmazott mobil ultrahangos áramlásmérő kezelőfelülete

Az áramlásmérő ultrahangos jeleket használ a folyadék áramlásának méréséhez, az úgynevezett áthaladási idő módszert alkalmazza. Az ultrahangos jeleket a cső egyik oldalán elhelyezkedő jelátalakító bocsátja ki, ezek visszatükröződnek a szemközti oldalon és a második jelátalakító veszi őket (16. ábra). A jelek az áramlás irányába, illetve arra ellentétesen kerülnek kibocsátásra.



16. ábra: Az ultrahangos jelek áthaladási útja a folyadéktestben

Mivel a közeg, amiben a jelek terjednek, áramlik, a hangjelek áthaladási ideje az áramlás irányában rövidebb, mint az áthaladási idő az áramlás irányával ellentétesen. A ΔT áthaladási idő mérhető, és ez lehetővé teszi az ultrahangos jelek haladási útján az átlagos áramlási sebesség meghatározását 17. ábra.



17. ábra: Áthaladási idődifferencia ΔT keletkezése

Az egyes tesztmérések leírásánál elemezzük azokat a jellemzőket, amelyek a folyadékáramlást befolyásolhatják a tesztmérés szempontjából pl. tolózárak állapota. Az adott mérési tartományban valamennyi beállítás rögzítésre kerül a 18. és 19. ábrán bemutatott adatlapokon.

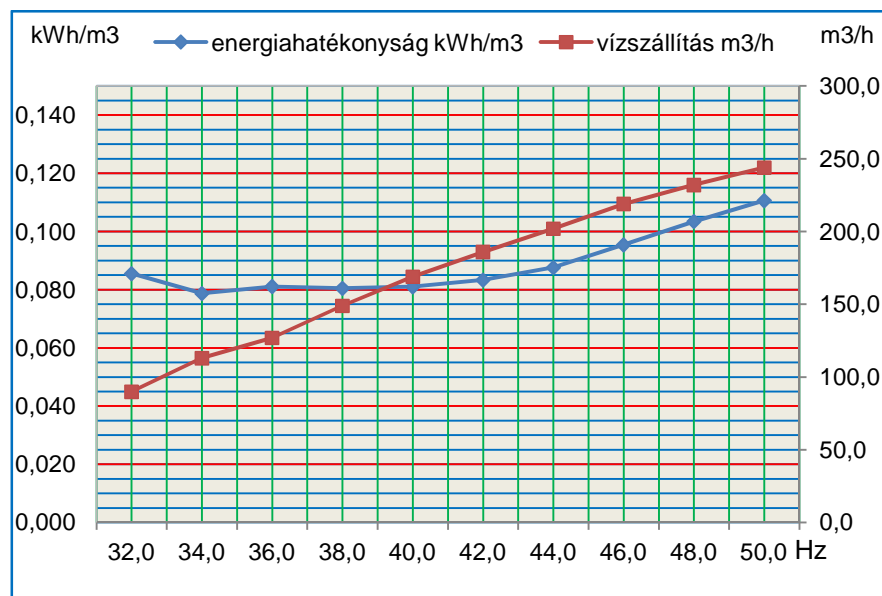
Szivattyú teszt adatlap					
VÍZMŰ		Helyszín: _____			
		Dátum: _____			
		Jele: _____			
Szivattyú megnevezése:					
		adatfelvétel			
%	Hz	[Q-1] m ³ h	[P-1] kW	[Q-2] m ³ h	[P-2] kW
40	20				
44	22				
48	24				
52	26				
56	28				
60	30				
64	32				
68	34				
72	36				
76	38				
80	40				
84	42				
88	44				
92	46				
96	48				
100	50				

18. ábra: Egy szivattyú tesztmérési adatlapja

munkaponttal, vagyis a legjobb hatásfok munkapont megállapítása a beépítés helyén üzem közben történő méréssel, ill. irányítás elérésével történhet.

A mérések célja a legjobb hatásfok-pont megállapítása a beépítés helyén, üzem közbeni teszteléssel.

A vizsgálatok során alkalmazott eszközök elektronikus üzemelésűek. A mérést hordozható számítógépen Excel program segítségével rögzítjük. Az adatok értékelése során egyenként kiszámításra kerülnek a fajlagos energiafelhasználási mutatók és létrehozuk az ún. energiaprofil, amit a 20. ábrán mutatok be.



20. ábra: Egy szivattyú energiahatékonyságának és vízszállításának vizsgálata, 32-50 Hz motor terhelés esetén

A leghatékonyabb fajlagos energia felhasználási értéken történő üzemeltetéssel elérhetjük, hogy a szivattyú minden esetben energetikailag optimális üzemállapot tartományban dolgozzon.

A víziközműveknél megfogalmazott és maximálisan elvárt követelmény a szolgáltatás mennyiségének elsődleges biztosítása.

Ennek következtében - jelenleg - az optimális beállítás nem minden esetben alkalmazható, vagyis nem mindig érhető el, hogy a fajlagos energia felhasználás a legkedvezőbb legyen.

Az elvárt és meghatározott vízigény rendszerint mindig magasabb a ténylegesnél és ennek következtében az optimális energiafelhasználás csak közelítőleg valósulhat meg. A szolgáltatás biztonsága és az optimális energia felhasználás kritériuma legtöbb

esetben nem esik egybe a vízi közmű szolgáltatóknál.

A teljes vizsgálati módszer célja, hogy megállapítsuk az A pontból B helyre történő szivattyúzás / szállítás esetén a szivattyúk fajlagos energia fogyasztását kWh/m³ mérőszámmal kifejezve.

A megtakarítást minden esetben az 50 Hz-en mért értékhez viszonyítottuk.

A számított megtakarítás függ a mindenkori üzemrendtől. Minél pontosabb üzemelési adatok állnak rendelkezésre, annál pontosabban ki lehet számítani a megtakarítást, ami a szállított vízmennyiség eltérés következtében napról napra, hónapról hónapra változik.

A jelen kutatási mérések során az un. egyszerű optimumok kerültek meghatározásra.

Az optimum Hz értéke önállóan nem adható meg, mivel állandóan változhat attól függően, hogy hány szivattyú és/vagy kút és azok milyen kombinációban működnek, és milyen a tározók töltöttségi szintje.

Ennek az optimumnak a teljes kiaknázása csak egy energia-hatékonyságra optimalizált vezérlés alkalmazása által lehetséges.

Ha a szolgáltató cég feladatként jelöli meg az energiahatékonyság javítását az adott rendszeren belül, akkor az előző fejezetben megfogalmazott állapotfelmérés után a megkapott eredményeket elemezve javaslat készül az energiahatékonyság javítására.

A vizsgálat eredménye alapján készült kalkuláció nagy pontossággal meg tudja adni a várható energia megtakarítást az adott rendszeren belül.

Az üzemeltetési körülmények változása esetén, - ha alapvetően nagy változások nem történnek- a hosszú távú üzemeltetés során elérhető energia megtakarítás a várhatótól kismértékben tér csak el. Megfelelő informatikai háttérrel biztosítani lehet, hogy a gépegység vízszállítása mindig megfeleljen a pillanatnyi vízigényeknek és csak abban az esetben üzemeljen a beállított tartományon, amikor az üzemi körülmények ezt engedik.

3.4. Ivóvíz hálózatok vizsgálata

Az ivóvíz hálózatok jellemzése energia hatékonysági szempontok figyelembe vétele esetén a rendszer energia felhasználásán és annak hatékonyságán alapul. Eltérő jellemzőkkel írhatjuk le a kis településeket, a közepes és nagyvárosi rendszereket. Jelentős különbségek mutatkoznak a víznyerés jellege tekintetében is. Az elosztó hálózat jellemzői (csőhosszúság, átmérő, szintkülönbség, szerelvények stb.) döntő

hatással befolyásolják az energia felhasználást és ennek következtében a várható megtakarítás mértékét. Nagyobb fajlagos felhasználású hálózatokon nagyobb megtakarítási potenciál várható, ugyanakkor a lehetséges potenciál kiaknázása nem minden esetben valósítható meg.

3.4.1. Tesztmérési helyszínek kiválasztása ivóvíz hálózatoknál

Ebben meghatározó a víznyerés típusa, ez azért lényeges, mert jelentős energia igények jelentkeznek a hozzájutás feltételei alapján. Könnyen belátható, hogy lényegesen nagyobb energia felhasználással járhat mélyfúrású kutakból történő vízkivétel, mint egy forrásfoglalásból vagy karsztaknából, ill. felszíni vízkivételből. A helyszínek kiválasztásánál egyik legfontosabb szempont a település mérete és ebből következően a vízfelhasználás mennyisége.

Tesztmérési, energia hatékonysági szempontból kis településnek tekintjük a 800-1000 m³/nap vízfogyasztás alatti településeket, ill. az olyan vízműveket, amelyek ennél kisebb termeléssel működnek. Az átlagosnak tekinthető 100 l/fő vízfogyasztással számolva ez a mennyiség 8-10 000 lakos igényét elégíti ki. Az ipari fogyasztók ezt módosíthatják.

A 10 000 főnél nagyobb lakónépességű települések száma Magyarországon 142 db, a megyei jogú városokkal és a fővárossal együtt. A vizsgálatokat két ilyen típusú településen Dombóváron (17 017 lakos) és Pakson (19 481 lakos) végeztem (KSH, 2014).

Az ennél kisebb kapacitású vízművek jellemzően olyan kisebb településeket látnak el, ahol a megtakarítási lehetőségek korlátozottak. Adott esetben ezeknek a vízműveknek a fajlagos hatékonysági értékei igen rosszak is lehetnek. Szigorún csak hatékonysági szempontból vizsgálva a megtakarítás lehetősége más vízműhöz történő csatlakozással oldható meg, amennyiben a domborzati viszonyok és a földrajzi távolság ezt lehetővé teszik (Budapesti Műszaki És Gazdaságtudományi Egyetem, 2007).

Úgy a felszíni, mind a felszín alatti víznyerési módok lehetőséget adnak a tesztmérések elvégzésére. Egyedi elővizsgálattal kell eldönteni, hogy speciális felszín alatti víznyerés esetén milyen megközelítést alkalmazzunk a tesztmérés kivitelezésére. Ilyen speciális megoldásnak számítanak a csápos kutak, parti és meder galériák (Karácsony és Mészáros, 1998). A több métert is elérő vízszint mozgások jelentősen

befolyásolják az alkalmazott szivattyúk fajlagos hatékonyságát megnehezítve a szabályozás lehetőségét.

Jó vizsgálati területnek számítanak a mélyfúrású kutak és azok telepei, valamint a karsztaknákból történő vízkivétel.

A szivattyúk jellemzői mellett befolyásoló tényező

- a vízbeszerzés helye,
- a vízkezelés szükségessége,
- a víznyerés módja,
- a hálózatba táplálás.

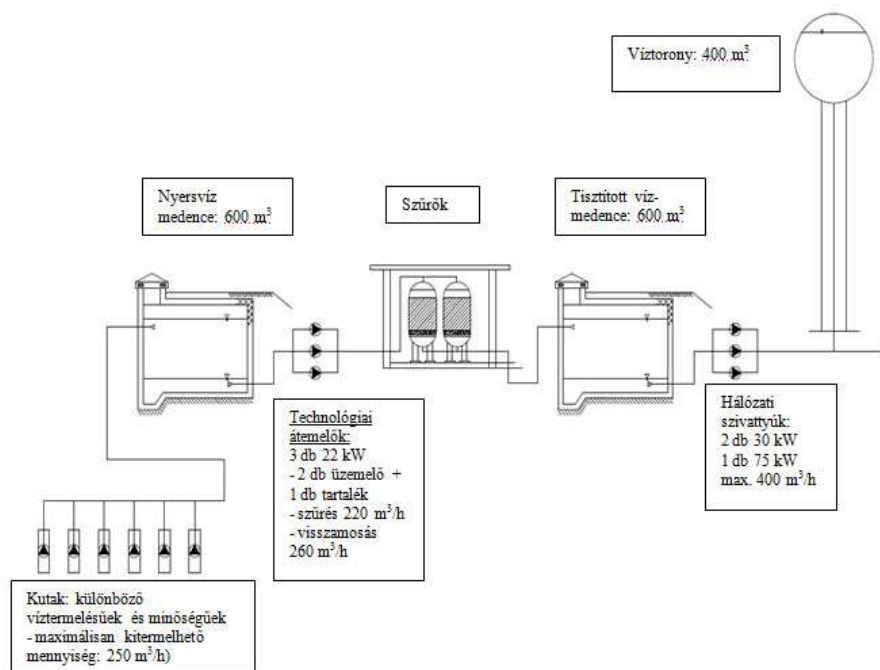
Alapvetően mindegyik alkalmazás lehetőséget nyújt a költségcsökkentésre, de néhány kizáró, korlátozó tényező előfordulhat, amennyiben a rendszer kötöttsége nem módosítható. Kevésbé csökkenthető a kutak energia felhasználási költsége, ha azok közel folyamatosan napi 18-20 órát üzemelnek és/vagy 3,5 kW alatti teljesítményű motorral üzemelnek.

Vízkezelés esetén a szűrőket ellátó szivattyúk szabályozhatóságának korlátot szabhatnak technológiai követelmények: pl. magas szűrőnyomás vagy a nyers- ill. tisztított víz medencék térfogata. Ugyanakkor fontos szerepük van az átemelő szivattyúknak amelyek tározók, magasponthoz medencék, víztornyok töltését végzik és kapcsolatrendszerük több feladat ellátására irányul..

3.4.2. Dombóvári vízmű kiválasztásának szempontjai

A Dombóvári Vízmű (21. ábra) esetében a víznyerés jellege, az üzemelés módja, a termelt víz mennyisége tekintetében is tesztmérésre és később a kísérletre is ideálisnak bizonyult. A kapott eredmények is ezt igazolják.

A két vízmű telep együtt látja el Dombóvár városát és néhány közeli települést. A meglévő kapacitás lehetővé teszi, hogy szükség esetén pl. egyes kutak kimaradása vagy a hálózat csőtörése esetén, ki tudják egészíteni a z igényelt vízmennyiséget. A vízmű fogyasztóinak száma 20 000 körüli. Az éves szolgáltatott víz mennyisége 1 200 000 m³ a tesztmérés és az értékelés időszakában 2008–2012-ig. A vízbeszerzés kizárólag mélyfúrású kutakra épül, jellemzően a többi – hasonló méretű – hazai vízműhöz hasonlóan.



21. ábra: Dombóvári vízmű folyamatábra

3.4.3. Paksi vízmű kiválasztásának szempontjai

Az itteni vízműhöz 11 mélyfúrású kút tartozik, amelyek talpmélysége 60 és 290 m közötti. A kutakból mélyégi rétegvizek kerülnek kitermelésre, amelyek eltérő korú és anyagú csöveken keresztül jutnak a vízmű telepre. A 11 kút maximális víztermelő kapacitása 350 m³/h. A 11 kútból 4 kút vize nem igényel tisztítást, ezért fertőtlenítés után közvetlenül a tisztavíz medencékbe kerül. A többi kútból kitermelt víz egy egyszerű vas- és mangántalanító szűrősen átesve kerül a tisztavíz medencékbe a klórgázos fertőtlenítést követően. A víztisztító üzem maximális kapacitása 8.500 m³/nap, amely teljes mértékben kielégíti a város és az ellátott településrészek vízigényeit. A téli időszakban átlagosan 2.500-3.200 m³ víz, a nyári csúcsidő-szakban pedig átlagosan 5.700–6.800 m³ víz kerül átadásra a fogyasztók felé.

A tesztmérés és a potenciális megtakarítás szempontjából kifejezetten kedvező adottsággal rendelkezik a vízmű, tekintettel a jelentős termelési és technológiai többlet kapacitásra. Egyedül a nyári csúcsfogyasztási időszakban közelíti meg a szolgáltatott víz a termelői kapacitást – de kellő tartalékkal rendelkezik.

Paks város összes víztároló kapacitása 4.000 m³. A magaslati tárolókból a víz gravitációsan jut a fogyasztókhoz, de a város egy kis területén szükség van nyomásfokozó szivattyúk alkalmazására a megfelelő nyomásviszonyok fenntartása

érdekében. A magaslati tározók töltése átemelő szivattyúkkal történik. Ez a megoldás ideális lehetőséget nyújt az energia megtakarításra, tekintettel arra, hogy nincs nyomástartási feltétel a fogyasztók felé. Az említett nyomásfokozó szivattyúkat esetenként kis ellátási körzetekre lehet használni így pl. a város magasponthoz tartozó területeire vagy többszintes magas épületekhez. Ezek a nyomásfokozók automatikusan, meghatározott nyomástartományban dolgoznak az energia hatékonyságra történő szabályozásnak a tartománya - ez esetben- szűkre szabott.

3.5. Szennyvíz hálózatok vizsgálata

A vizsgálatunk tárgya az olyan szennyvíz hálózatok, amelyek esetében az átemelő szivattyúk az adott csatornaszakaszon gyűjtőaknába majd a tisztítótelepre továbbítják szennyvizet és a csapadékvizet.

A dolgozatban nem foglalkozunk a szennyvíztelepen üzemelő technológiai szivattyúkkal, mivel csak a tisztítás technológiával összhangban történhet a szabályozásuk.

Nagyobb energia felhasználású átemelőknél nagyobb megtakarítási potenciál várható. Ugyanakkor ennek a potenciálnak a kiaknázása nem minden esetben lehetséges.

3.5.1 Tesztmérési helyszínek kiválasztása szennyvíz hálózatoknál

Tesztmérési, energia hatékonysági szempontból a szennyvíz szivattyúzásánál az átemelő aknában lévő szivattyúk jelentik a vizsgálat tárgyát. Elválasztott rendszerű csatornahálózatokon üzemelő átemelők normál üzemi állapotban egy településen a vízfogyasztással közel megegyező szennyvizet szállítanak. (Normál üzemi állapotban eltekintek az infiltráció és a csapadékvíz bekerülés jelenségétől.) A vízhálózatok vizsgálatának analógiáját követve kis településnek tekinthetjük a 800–1000 m³/nap vízfogyasztás alatti településeket. A szennyvíz gyűjtő-átemelő hálózat jellegéből adóan olyan kisméretű szivattyúkkal üzemelnek, hogy a megtakarítási lehetőségek korlátozottak.

A szennyvíztelepek kihasználva a gravitációs elvezetési lehetőségeket leggyakrabban a település mélypontjának környezetében épülnek. Az ott gyülekező szennyvíz átemelésére mindenképpen szükség van ahhoz, hogy tisztítótelepi technológiára

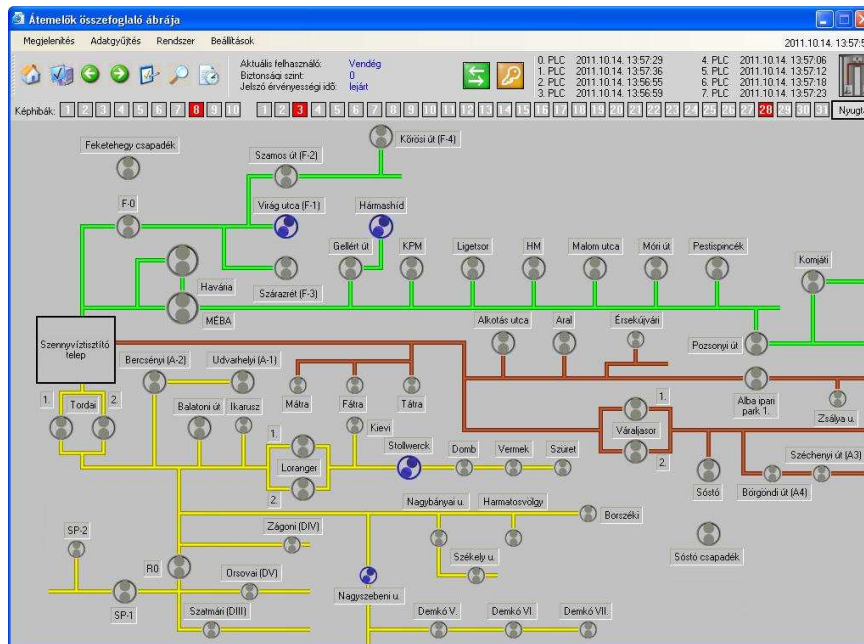
kerüljön. Ezeket az átemelőket végátemelőnek nevezzük. Számításaink szerint legalább 1000 m³/nap átemelt vízmennyiség esetén lehet potenciális megtakarítással számolni. Az ennél kisebb átemelők olyan kevés áramfogyasztással működnek, hogy a várható megtakarítás összege valószínűleg nem tudja fedezni a megtakarítás realizálásához szükséges beavatkozás összegét.

A szennyvízátemelők üzemeltetésénél a szállított víz mennyiségének mérése korlátozott. Kis településeken kizárólag a végátemelők esetén alkalmazzák az eljárást, így ellenőrizve a tisztítótelepre beérkező szennyvíz mennyiségét. Közepes nagyságú városokban - nagyobb átemelők esetén - egyre gyakoribb az alkalmazásuk, de nem általános. Ennek következtében a tesztmérés helyszínének kiválasztásánál a szivattyúk üzemórája és a szivattyúk névleges áramfelvételéből számított áramfogyasztás megbízható alapja a szivattyúk kiválasztásának. Ezzel a módszerrel könnyen ellenőrizhetjük, hogy az üzemelés jellegéből adódóan várható-e megtakarítás. A szennyvíz átemelőket úgy méretezik, hogy - figyelemmel a helyi sajátosságokra - csúcsidejű terheléseket is képesek legyenek ellátni, vagyis továbbítani. Csúcsidejű terhelések leggyakrabban csapadékos időben jelentkeznek. A csúcsidejű szivattyúzási igények miatt a normál üzemi szennyvíz továbbításánál többszörös teljesítménynek kell rendelkezésre állnia az átemelőben. Ezt a feladatot a leggyakrabban több, legalább 3 db. szivattyú beépítésével oldják meg egy átemelőben (1 db. közülük tartalék). Gyakran eltérő teljesítményű szivattyúkat építenek be egy aknába. Mindezek a körülmények jelentős megtakarítási potenciált jelentenek a normál un. szárazidejű működés időszakára.

A székesfehérvári átemelők kiválasztásánál fenti szempontok fontos szerepet játszottak.

Műszaki kiépítettség ismerete a tesztmérés szempontjából kiemelten fontos, tekintettel a vízmennyiség mérések pontosságára. A beépített és rendszeresen kalibrált átfolyásmérők megkönnyítik a mérés végrehajtását és növelik annak megbízhatóságát. Tekintettel arra, hogy szennyvíznél ritkán alkalmaznak átfolyásmérőt, ezért mobil mérőeszköz beépítése szükséges a tesztmérés idejére. Ezeknél az átemelőknél figyelemmel kell lenni a mérési hely optimális kiválasztására - a mérőműszert gyártó utasításai szerint - és szemrevételezéssel kell ellenőrizni a mérés tervezésekor. Kutatásom során mindkét típusú átemelőnél végeztem méréseket.

A szennyvízátemelők üzemelésének folyamatábráját a 22. ábrán mutatjuk be.



22. ábra: Székesfehérvári átemelők és csatornahálózat folyamatábra

A székesfehérvári szennyvízcsatorna hálózat és az átemelők a működésük során rendszeres felújításra kerültek, de célzott energetikai optimalizációs vizsgálatok és fejlesztés az átemelőknél még nem történt meg a korábbi időszakban. Jó vizsgálati területnek tűnt egy hazai nagyváros átemelői energia potenciáljának vizsgálata. Székesfehérváron a nagyobb 22 kW teljesítmény feletti szivattyúkat jelöltük ki mérésre a városi hálózaton.

A viszonylag hosszú nyomás alatti szakaszok miatt nagy teljesítményű szivattyúk kerültek beépítésre jelentős áramfogyasztással. Ezekben az esetekben kisebb megtakarítási potenciál is nagy megtakarítási eredményezhet. (Méréseink igazolták feltevésünket.) Az átemelőket részletesen a mérések leírásánál jellemezzük. Hordozható áramlásmérőre alapozott vizsgálat minden esetben alkalmazásra került.

A csákvári szennyvíztelepi végátemelő tipikusan az olyan kistelepülési kategóriába tartozik ahol általában a végátemelő vizsgálatát eredményezhet potenciális megtakarítást. A számítások során a Vízmű által megadott 36 Ft/kWh – áfa nélküli áramdíjjal számoltunk – ami a Vízmű átlagára vonatkozik.

A soproni városi szennyvíz hálózat egy része nyomás alatti szakaszból áll jelentős szintkülönbséget átemelve. A mérés idején újonnan építetett korszerű átemelők rendelkeztek a méréshez szükséges eszközökkel: beépített átfolyásmérővel és frekvenciaváltóval. A méréssel könnyen lehetett ellenőrizni a szivattyúk tervezésének és működésének hatékonyságát.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Vízvezeték vizsgálatának eredményei

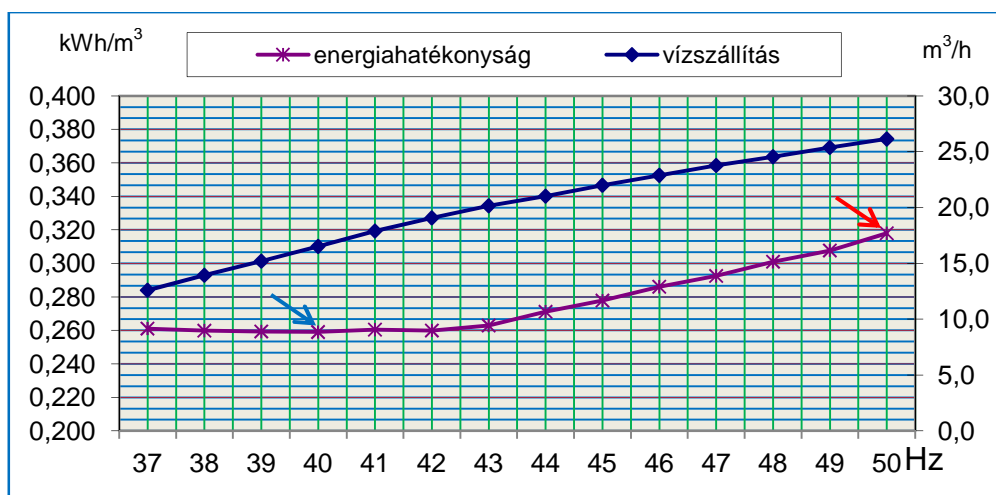
4.1.1 Dombóvár

Dombóváron a környékbeli települések vízellátásra két vízműtelep létesült. A telepet, a kutakat, a technológiai szűrést és a nyomásfokozó szivattyúkat már a 22. ábrán bemutattuk.

A 2008. évben kezdtük el a tesztméréseket. A telep jellemzője, hogy a víz kitermelését követően technológiai szűrést alkalmaznak. Ezután közvetlenül nyomásfokozó szivattyúk juttatják el a vizet a hálózatba vagy a hidroglobuszba. A szolgáltatott víz mennyisége viszonylag állandó, a víz minősége - teljes mértékben megfelel az előírásoknak. A tesztmérésekhez mindkét vízműtelep bevonásra került: mérési sorrendben, név szerint V. és IV. vízmű telep.

V. sz. Vízmű telep jellemzői: A telepen két mélyfúrású kút van az N2 és az N5. Az N2 mélyfúrású kút a telepen kívül, míg az N5 kút a telepen belül helyezkedik el.

Az N2 jelű mélyfúrású kút optimalizálása Az N2 mélyfúrású kút több kilométer vezetékkel csatlakozik a telephez. A vizsgálat során 14 tesztmérést végeztünk. A mérések eredményeit az un. energiaprofilokon 23. ábrán mutatjuk be.



23. ábra: Az N.2 jelű kút energiahatékonysága és vízszállítása 37-50 Hz motor terhelés esetén

Energiaprofilok - görbék jellemzése, levonható következtetések

A méréseket 50 Hz-ről indulva 1 Hz-enként csökkentve végeztük 37 Hz-re csökkentve az áram frekvenciáját. A 24. ábrán jobbról /50 Hz-től/, balra /37 Hz-ig/ történik a mérés végzése. A fajlagos kW/m³ (lila színű) mérőszámmal jellemzett energia hatékonysági értékek folyamatos csökkenése (javulása) mellett a vízáramlás m³/h (kék színű) mérőszámmal jellemezve csökken. Ott jelenik meg a leggazdaságosabb energiafogyasztási érték, ahol ugyanazt a napi vízmennyiséget tudja szállítja kút szivattyúja mint a korábbi időszakban, de ehhez kevesebb áramot használ fel. Ebben az üzemállapotban hosszabb idő alatt termeljük ki a vizet a kútból.

A 23. ábráról az alábbi értékeket olvashatjuk le:

A legkevésbé gazdaságos energiafogyasztás 0,318 kWh/m³, v50 Hz-en mért értéke, (23. ábra piros nyíl). A leggazdaságosabb energiafogyasztás 0,259 kWh/m³, 40 Hz-en mért értéke. (23. ábra kék nyíl). A kettő közötti különbség kerekítve 18%. A kútból a meglévő üzemrend figyelembe vétele mellett, a termelt vízmennyiséget változatlanul fenntartva, szabályozott energia hatékony üzemrendet feltételezve a következő értékeket kapjuk:

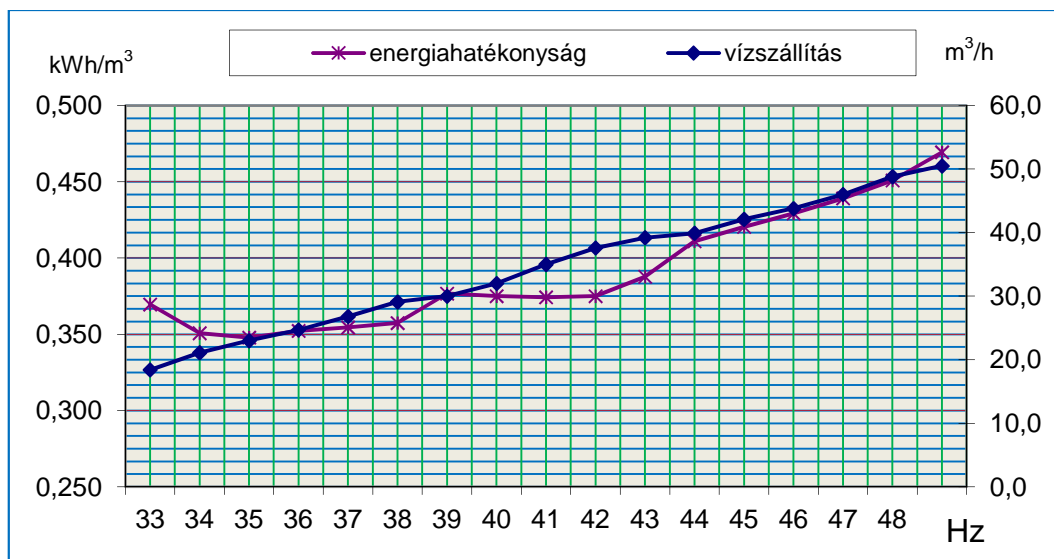
A leggazdaságosabb üzemmód bevezetése esetén a várható megtakarítás évente mintegy 10.000 kWh-t jelent, ami évente kb. 5 t széndioxid kibocsátás csökkentést von maga után.

A 12 éves élettartamra számított megtakarítás mintegy kb. 125.000 kWh és a széndioxid kibocsátás ezen idő alatt közel 62,5 t. Mind a két tényező értéke jelentős környezetvédelmi kihatású.

A további mérések kiértékelésénél ezt az alapelvet követem, csak akkor részletezem az elemzést, ha eltérés lenne.

Az N5 jelű mélyfúrású kút optimalizálása

Az N5 mélyfúrású kút a vízművek területén belül helyezkedik el. A mérés során egyes tesztméréseket többször meg kellett ismételni a szivattyú leállása miatt, – mint utóbb kiderült ez a szivattyú elhasznált állapota miatt történt. A energia profilon látható egyenetlenségek ennek tulajdoníthatóak. A mérésekből a következő energiaprofil állapítható meg (24. ábra).



24. ábra: N5 jelű kút energiahatékonysága és vízszállítása 33-49 Hz motor terhelés esetén

A legkevésbé gazdaságos energiafogyasztás: 0,455 kW/m³. A leggazdaságosabb energiafogyasztás: 0,352 kW/m³. A kettő közötti különbség kerekítve 23%. A megtakarítás mértékét csökkenti, hogy a kitermelendő víznek el kell érni a 350.000 m³/év értéket, az energetikai optimumon azonban csak 235.000 m³/év lehetséges.

Ez a 10% megtakarítási potenciál is - ezen kútnál - 15 000 kWh óra megtakarítást jelent évente, ami a széndioxid kibocsátást mintegy 7.5 t-val csökkenti.

Környezetvédelmi szempontok elemzése és értékelése szempontjából ez jelentős megtakarításként értékelhető.

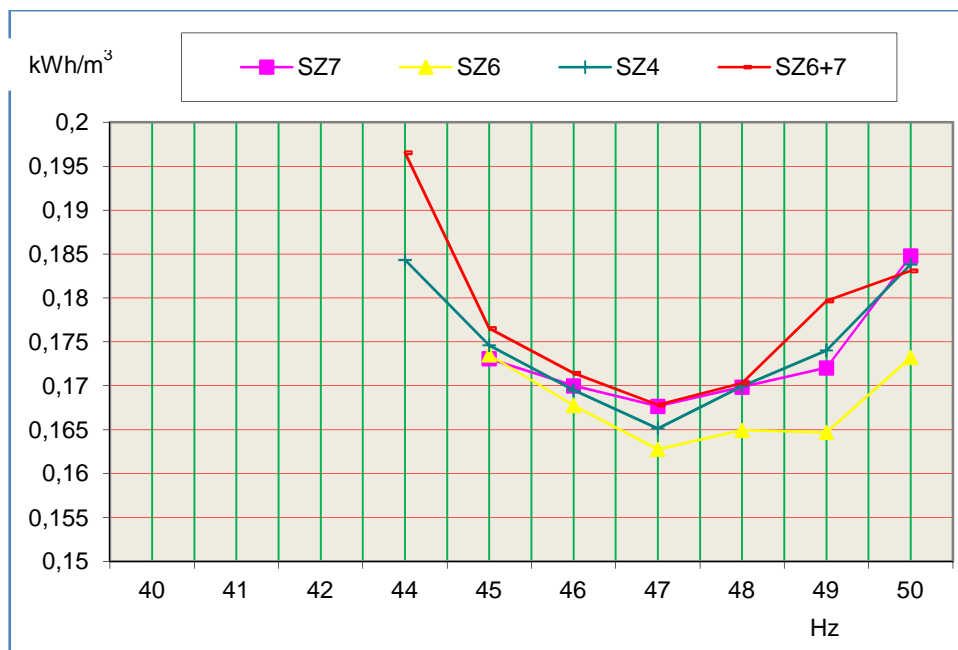
Ha a mért eredményeket 12 évre kivetítjük, akkor annak értéke /a megtakarítás/ 187.000 kWh és a széndioxid kibocsátásnál 93.5 t csökkenést eredményez.

Hálózati szivattyúk

Három szivattyút vizsgáltunk: SZ4, SZ6 és SZ7 hálózati szivattyúk a szivattyúházban, a vízművek területén belül helyezkednek el.

A tesztmérések az állapotfelmérést követően kezdődtek el. Összefoglalóan elmondható, hogy ezeknek a szivattyúknak az állapotparaméterei kiválóak voltak, így a tesztméréseket is gyorsan eredményesen lehetett végrehajtani.

A tesztmérések alapján a 25. ábrán csak az energiaprofilokat ábrázoltuk, a vízszállítást azonban nem annak érdekében, hogy jobban összehasonlíthatóak legyenek.



25. ábra: SZ4, SZ6, SZ7 jelű hálózati szivattyúk energiahatékonysága 44-50 Hz motor terhelés esetén

A szivattyúk működés közbeni vizsgálatát a következő kapcsolati rendben vizsgáltuk:

- 1. mérés - csak az SZ6 szivattyú
- 2. mérés - csak az SZ7 szivattyú
- 3. mérés - SZ6 és SZ7 szivattyú együtt
- 4. mérés - csak az SZ4 szivattyú

A négy tesztmérés során megállapítható volt, hogy a különböző kombinációban vizsgált szivattyúk (SZ6 külön, SZ7 külön, SZ6 és SZ7 együtt, SZ4 külön) nagyjából ugyanazt a hatékonyságot mutatják.

A mérések alapján megállapítható, hogy a négy szivattyú esetében a legkevésbé gazdaságos energia fogyasztása közel egyforma: $0,184 \text{ kWh/m}^3$. A leggazdaságosabb energiafogyasztás $0,165 \text{ kWh/m}^3$. A két üzemmód közötti különbség $0,019 \text{ kW}$, ami mintegy 10% eltérést jelent a két üzemeltetési mód esetén.

A leggazdaságosabb üzemmód elérésekor az energia megtakarítás a javasolt paraméterek beállítását követően 17.000 kWh éves mennyiségű és ez $8,5 \text{ t}$ évi széndioxid kibocsátás csökkentést jelent az adott szivattyúra vonatkoztatva. Az üzemóra megtakarítás az összes szivattyú esetén 6.500 üzemóra éves szinten. A megtakarítás

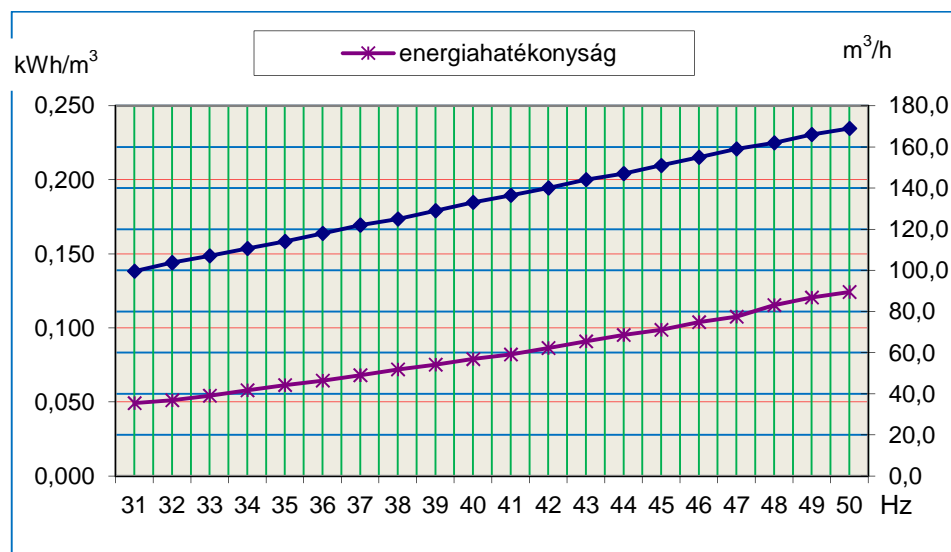
hosszabb időtartamra számítva, 12 éves élettartamot figyelembe véve 204.000 kWh és ez 102 t széndioxid megtakarítást jelent.

Gépház szivattyúk

Az SZ1, SZ2 és SZ3 vízgépház szivattyúk a gépházban, a vízművek területén belül helyezkednek el. A szivattyúk paramétereit, beépítési módjuk teljes egészében megegyeznek.

A tesztméréseket csak az SZ1 szivattyún végeztük és az így kapott eredmények alapján a többi szivattyú működési körülményeire is helyes következtetések vontunk le. A tesztmérések minden esetben értékelhető eredményeket adtak.

A mérés tervezésekor figyelembe kellett venni, hogy a szivattyú részlegesen zárt tolózárral működött. Ezt a megoldást akkor alkalmazza az üzemeltető, ha a szivattyú tervezett munkapontja jelentősen eltér az üzemi állapottól. Az értékelés során a megtakarítás számításánál kiinduló állapotként ezt vettük figyelembe. A tesztmérések során kapott energia profilt a 26. ábrán mutatjuk be.



26. ábra: SZ1, SZ2, SZ3 vízgépház szivattyúk energiahatékonysága és vízszállítása 31-50 Hz motor terhelés esetén

Az SZ1 jelű szivattyú esetén a legkevésbé gazdaságos energiafogyasztás: 0,124 kWh/m³. Az SZ1 leggasztaságosabb energiafogyasztás: 0,046 kWh/m³. A legkevésbé gazdaságos és a leggasztaságosabb energiafogyasztás közötti különbség 0,080 kWh, ez mintegy 47 %-ot jelent.

Azonban az egyéb szolgáltatási paramétereket is figyelembe véve – vízminőségi előírások, mennyiségi követelmények a vízbiztonság érdekében – a megtakarítás mértékét csak 35 %-on vehetjük figyelembe. Ezzel az értékkel is évente 55.000 kWh megtakarítás érhető el. Amennyiben ezt kivetítjük, akkor az átlagos –34 Ft / kWh – értékkel számolva, éves szinten 1,9 millió Ft megtakarítást érhető el. A széndioxid kibocsátás csökkenő értéke sem elhanyagolandó mivel 27,6 tonna évente.

Ezeket a mutatókat együttesen vizsgálva, mind a gazdasági, mind a környezetvédelmi szempontokat figyelembe véve az optimalizált állapot hatékonyabb, ill. környezetbarát működtetést jelent. A vizsgálati eredmények további javulását eredményezte, a két szivattyú (SZ1 és SZ2) együttes működése.

A két szivattyú - SZ1 és SZ2 - esetén a hatékonysági értékek tovább javulnak. Ebben az esetben a 65 %-os energia potenciált is el lehet érni.

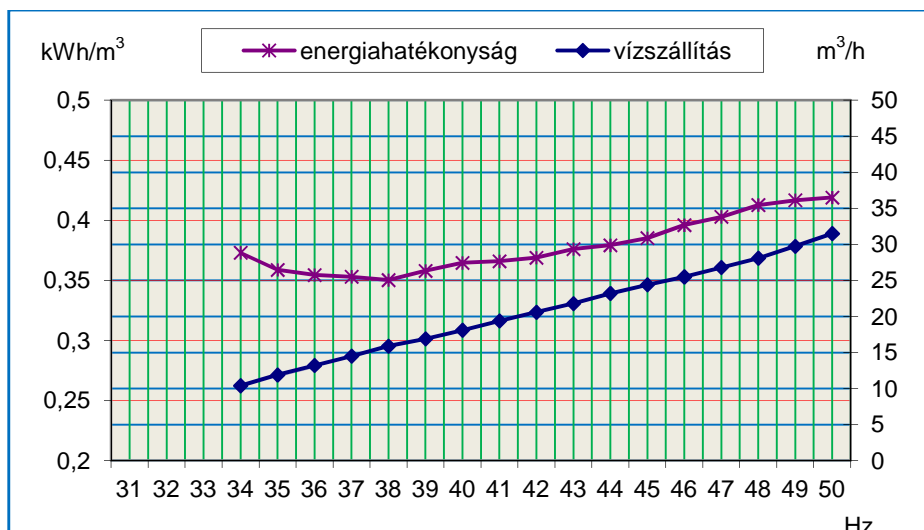
Ez számszerűsítve azt jelenti, hogy a megtakarítás évente 80.000 kWh , ez értékben 34 kWh/ Ft-tal számolva 2.7 millió Ft költségmegtakarítást eredményezhet. A széndioxid kibocsátás 40 t-val csökkenne. A 12 éves élettartamra számítva a megtakarítás mértéke 990.000 kWh, de éves szinten -55.000 kWh-nál is – eléri a 650.000 kWh-t. A széndioxid kibocsátás csökkenés is jelentős tétel, mivel elérheti az évi 325–495 tonnát.

A IV. számú Vízműtelep jellemzői

A teszt vizsgálati tervbe bekerült a IV. sz. Vízműtelep is. Itt egy mélyfúrású kút 3A és egy hálózati szivattyú (SZ1) optimalizálását végeztük el. A többi méréshez hasonlóan itt is a hordozható DANFOSS frekvencia szabályozót, valamint kúthoz illeszthető átfolyás mérőt használtam.

A mélyfúrású kút-3/A-jellemzői

A kút a vízmű területén belül helyezkedik el. Az üzemeltetés sajátossága ennél a kútnál, hogy az alacsony vízhozama miatt szinte folyamatosan működik. A működés összefüggéseit a 27. ábra mutatja.



27. ábra: A 3/A jelű kút energiahatékonyságának és vízszállításának vizsgálta 34-50 Hz motor terhelés esetén

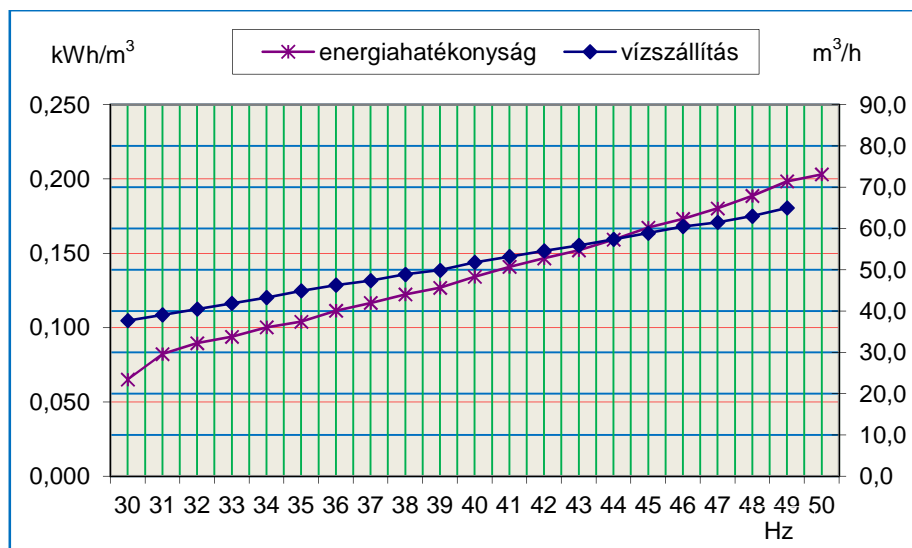
A mért energia profilból kiolvasható, hogy a legkevésbé gazdaságos energia fogyasztás kb. $0,419 \text{ kWh/m}^3$ -nél található, míg a leg gazdaságosabb működés $0,353 \text{ kWh/m}^3$. A kettő közötti eltérés kerekítve 15%.

Annak ellenére, hogy elvi energia megtakarítási lehetőség áll elő, a kiaknázására nincs mód a jelenlegi helyzetben. Ez abból következik, hogy optimális ponton történő üzemelés esetén $16 \text{ m}^3/\text{h}$ lenne a vízhozam a jelenlegi $32 \text{ m}^3/\text{h}$ -val szemben. Ezt a kiesést nem tudják pótolni más kutakból. Megtakarítás csak akkor várható, ha a kitermelés több mélyfúrású kútból történne. Javaslatomra egy új kút fúrása meg is valósult (lásd a 4.4.1. fejezetben).

Gépház szivattyúk vizsgálata

A gépházban két / SZ1 és SZ2 / szivattyú vizsgálatára került sor. A teszt mérés során a vízminőségi és a mennyiségi paramétert nem kellett figyelembe venni, hanem csak a megtakarítás mértékét. Ez alapján tesztmérések eredményesek voltak.

Modell jelleggel az SZ1 szivattyú vizsgálatára került sor. Az eddigi tapasztalatok eredményei azt mutatták, hogy a tartalékként beépített szivattyúk ez esetben az SZ2-es ugyanazt az eredményt mutatná. A szivattyú részben zárt tolózárrel működött. A mérések alapján kapott összefüggést a 28 ábra mutatja be.



28. ábra: Az SZ1 jelű vízgépház szivattyú energiahatékonysága és vízszállítása 30-50 Hz motor terhelés esetén

A legkevésbé gazdaságos energiafogyasztás: 0,203 kWh/m³.

A leggazdaságosabb energiafogyasztás: 0,058 kWh/m³.

A kettő közötti eltérés 68 %.

A teljes potenciál kihasználásával számolva 55.000 kWh / év ~ 27,5 t CO₂ / év megtakarítást érhetünk el 6.500 üzemóra / évvel számolva, a megtakarítás 70 % az üzemidőtől függetlenül. A szivattyúk nyomócsövének beépítési módja miatt ebben az esetben a két szivattyú együttes működtetése nem változtatná meg az eredményt. A 12 éves élettartamra számított megtakarítás mintegy 660.000 kWh ~ 330 t CO₂ / év.

A dombóvári vízellátás optimalizálása

A szabályozás felhasználásával történő módosítás eredményeként mindkét vízműtelepen energiát lehet megtakarítani. A mélyfúrású kutak esetén ez a megoldás javítja az üzemelési körülményeket, mivel a terhelés minden kút esetében kisebb lesz (hosszabb idő alatt), és ez megnöveli az élettartamukat.

A mért megtakarítási értékek 15-60 % között szóródtak. A mérés alapján számított összes elérhető érték 137.400 kWh/év (11.450 kWh/hó), ez 3.570.000 Ft/év megtakarítást jelent. Az elérhető CO₂ kibocsátás csökkenés évente 76 t, az előirányzott élettartamra (12 év) vonatkoztatva 900 t.

Az V. sz. vízműtelepen végrehajtandó felújítások ill. beruházások

A gépház szivattyúk esetében nagy a megtakarítási potenciál, a mérési eredmények egyértelműen azt bizonyítják, hogy a szivattyúk alkalmasak optimalizált működtetésre.

A hálózati szivattyúk esetében nem olyan nagy a megtakarítási potenciál, de itt is javasolni lehet a szivattyúk működésének optimalizálását. A kutaknál kisebb a megtakarítási potenciál, és a megtérülési idő relatíve hosszú.

Az N5 sz. kút felújítása (frekvencia váltó és motorindító egység együtt) biztosítja a várt eredményt, egyértelműen javasolható a beruházás megvalósítása.

A telephez tartozó további kút esetében hasonló következtetésekre jutottam. Megállapítható, hogy ha a tesztmérések alapján optimalizálják a szivattyúkat, energia megtakarítás érhető el változatlan ellátási feltételek mellett.

A IV. sz. vízműtelepen végrehajtandó felújítások ill. beruházások

A gépház szivattyúk esetében nagy a megtakarítási potenciál, mindenképpen javasolandó a szivattyúk működésének optimalizálása.

A növekvő mennyiségi igény és a vízminőség javítása érdekében tervezik új kút építését. Megépülte esetén javasoljuk, hogy az a meglévővel együtt kerüljön optimalizálásra.

4.1.2 A paksi vízellátás optimalizálása

Általános ismertető

A kitermelt víz a kezelést követően a 3. számú vízmű telepen található két térszinti medencébe kerül, amelyek térfogata egyenként 500 m^3 . Ezek a medencék a vízműtelep gépházában elhelyezkedő hálózati szivattyúk szívómedencéi is. A hálózati szivattyúk juttatják az ivóvizet a fogyasztókhoz és a magaslati tárolókba. Paks város összes víztároló kapacitása 4.000 m^3 . A magaslati tárolókból a víz gravitációsan jut a fogyasztókhoz, de a város kisebb területén szükség van nyomásfokozó szivattyúk alkalmazására a megfelelő nyomásviszonyok biztosítása érdekében.

2010. évben értékesített ivóvíz $857\,500 \text{ m}^3$, amely megfelel $2\,350 \text{ m}^3/\text{nap}$ átlagnak. Ezt az értéket használtuk fel a gépház szivattyúinál, míg a kutak esetében $1\,200\,000 \text{ m}^3/\text{év}$ kitermelt mennyiséggel számoltunk.

Mérési eredmények összefoglaló értékelése

A mérési eredményeket a 3. táblázatban tüntettük fel. A maximum (50 Hz) és a mért optimum értékekhez tartozó fajlagos értékeket adtuk meg és a hozzá tartozó megtakarítási potenciál összegét.

Az szivattyúkat alkalmazási típusonként mutatjuk be: kutak, vízgépházak és szennyvízátemelők. Csoportonként egy-egy szivattyút részletesen jellemzünk. Az összes mért hatékonysági érték közös diagramon mutatjuk be, amely az összehasonlítását lehetővé teszi.

3. táblázat: Pakson végzett mérések összefoglaló táblázata

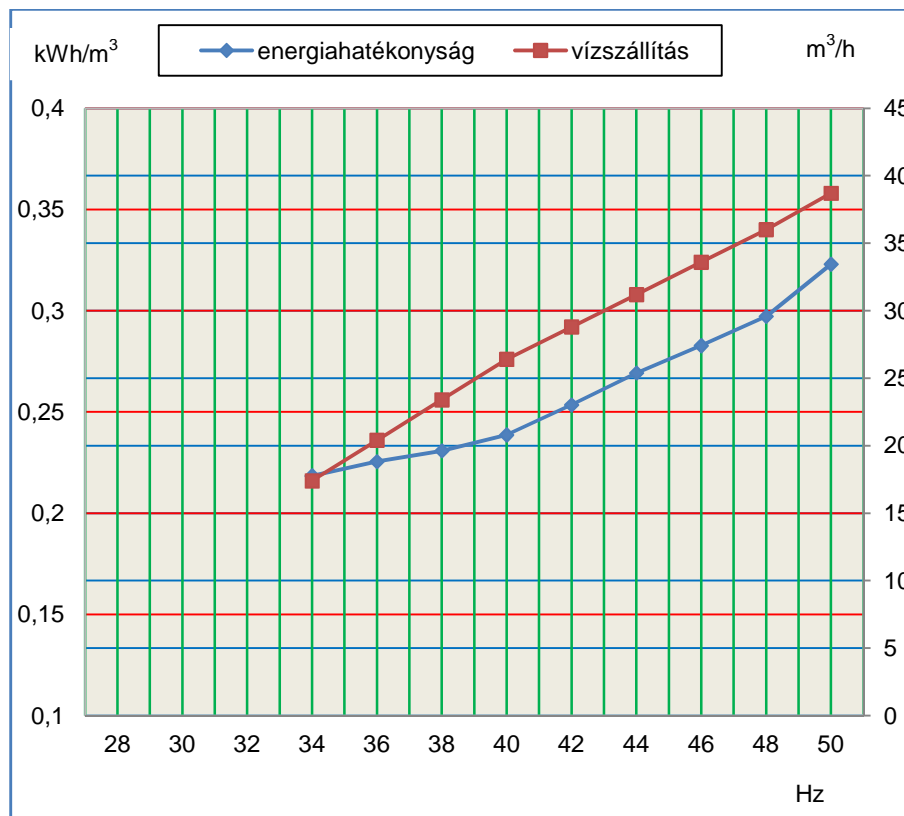
PAKSI VÍZMŰ	Szivattyúzás típusa	Mért hatékonysági értékek				Megtakarítási potencia Ft/év
		kút ill. szivattyú jele:	Poten- ciál	legrosszabb kWh/m ³	Legjobb kWh/m ³	
Dorogi úti 3. sz vízmű	kút	1	31%	0,31	0,214	355 000
	kút	2	14%	0,292	0,253	105 000
	kút	5	31%	0,274	0,19	490 000
	kút	6	24%	0,299	0,227	395 000
	kút	10	27%	0,309	0,225	504 000
	kút	11	28%	0,323	0,231	454 000
	Gépház	hálózati		15%	0,37	0,314
		1.sz. 90 kW Ganz TGT				
	nyersvíz	11 kW	50%	0,066	0,033	395 000
	átemelő	18,5 kW	38%	0,076	0,048	346 000

Kutak

A kutak szabályozásához nem alkalmaznak frekvenciaváltót és tolózárrel sem szabályozzák a vízhozamot. A kutak vizsgálatát a 11. sz. kút esetében mutatjuk be a 29. ábrán. Alapadatok: a 11. sz. kút 2010. évi átlag üzemórája 11,2 h/d, 2010. évi

vízszállítása $176\,600\text{ m}^3$, napi átlag $380\text{ m}^3/\text{d}$. A szivattyú vízszállítása kb. 47 %-kal csökken az optimális energiahatékonysági tartományában. A víztermelés megtartása mellett a kút üzemideje $20,7\text{ h/d}$ értékre változik.

A legkevésbé gazdaságos energiafogyasztás: $0,323\text{ kWh/m}^3$, a leg gazdaságosabb energiafogyasztás: $0,231\text{ kWh/m}^3$. A kettő közötti eltérés kerekítve 28 %.

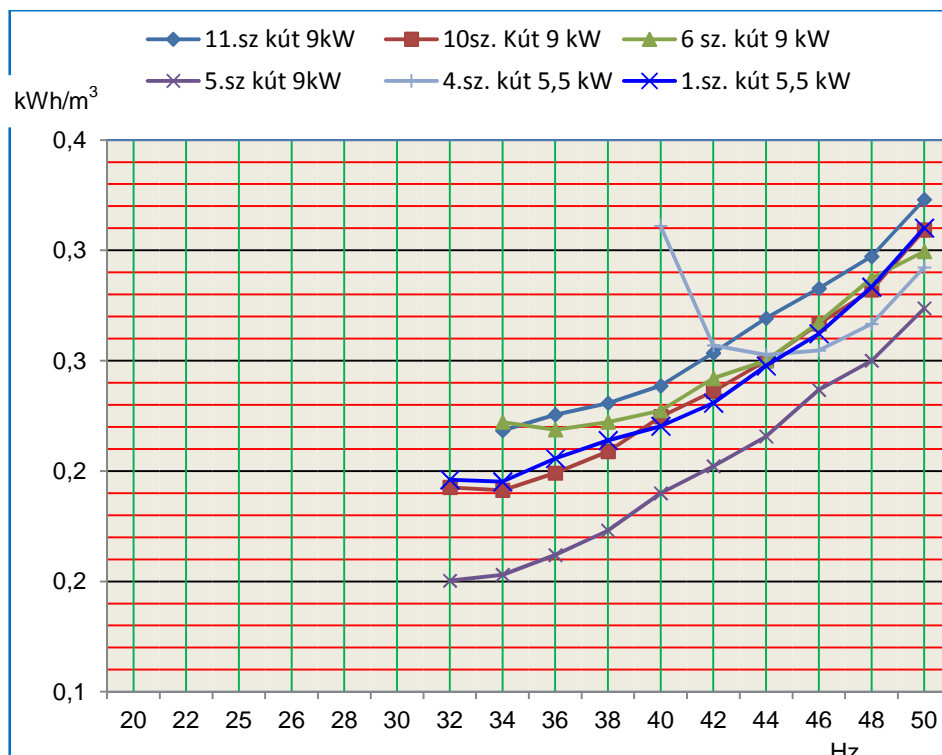


29. ábra: A 11. kút szivattyú energiahatékonysága és vízszállítása 34-50 Hz motor terhelés esetén

A megtakarítási potenciál $16\,200\text{ kWh/év}$, 28 Ft/kWh árral számítva kerekítve $454\,000\text{ Ft/év}$, az 50 Hz-en mért értékhez képest.

Kutak összehasonlító vizsgálata

A 30. ábrán az összes vizsgált kút energia profilját mutatjuk be. A 3. táblázatban foglaltuk össze a vizsgálat eredményeit. Az elemzésnél hasonló módon jártunk el, mint a 11. sz. kút esetében.



30. ábra: Paks vízműtelep kútjai energiahatékonyságának vizsgálata 32-50 Hz motor terhelés esetén

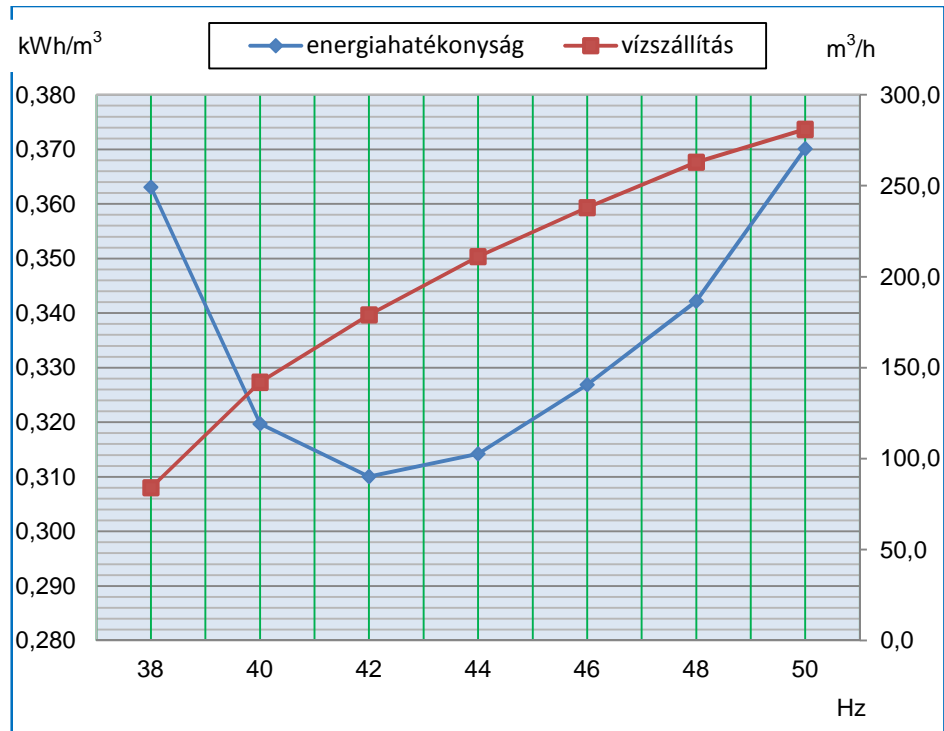
A kutak energiahatékonyságát összehasonlítva megállapítható, hogy azok jelentősen eltérnek egymástól. Míg 11. jelű kút optimális energia felvételi állapota $0,231 \text{ kWh/m}^3$ addig az 5. jelű kúté $0,19 \text{ kWh/m}^3$ a kettő közötti eltérés 17,7%.

A kutak jól szabályozhatóak és jelentős energia megtakarítást lehet elérni a szabályozásukkal. Ettől egyedül a 4. sz. kút tér el, egyrészt azért mert az optimális hatékonysági értéke is magas ($0,26 \text{ kWh/m}^3$ felett van) másrészt a görbe lefutása rövid, visszafordul a romló hatékonyság irányába. Energia-hatékonyság szempontjából vezérlése nem javasolt. A vízminőségi és műszaki állapotok figyelembe vétele mellett inkább az energia-hatékony kutak üzemeltetése javasolt hosszabb ideig.

Vízgépház

A gépház szivattyúk vizsgálatát a 90 kW-os hálózati szivattyúnál a 31. ábrán mutatjuk be. A 2010. évi vízszállítás $857\,000 \text{ m}^3$ volt. A 90 kW-os szivattyúk tározót látnak el. A frekvenciaváltót lágyindítóként alkalmazzák, nem szabályozzák a szivattyú üzemét. A két szivattyú egyenként átlag 7 üzemórát üzemelt naponta 2010. évben. A méréseket az 1. sz. szivattyúval végeztük el.

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a legkevésbé gazdaságos energiafogyasztás: $0,370 \text{ kWh/m}^3$. A legjobb energiahatékonyságot $0,314 \text{ kWh/m}^3$ 44 Hz en mért értéken mértük. A kettő közötti eltérés 15%.

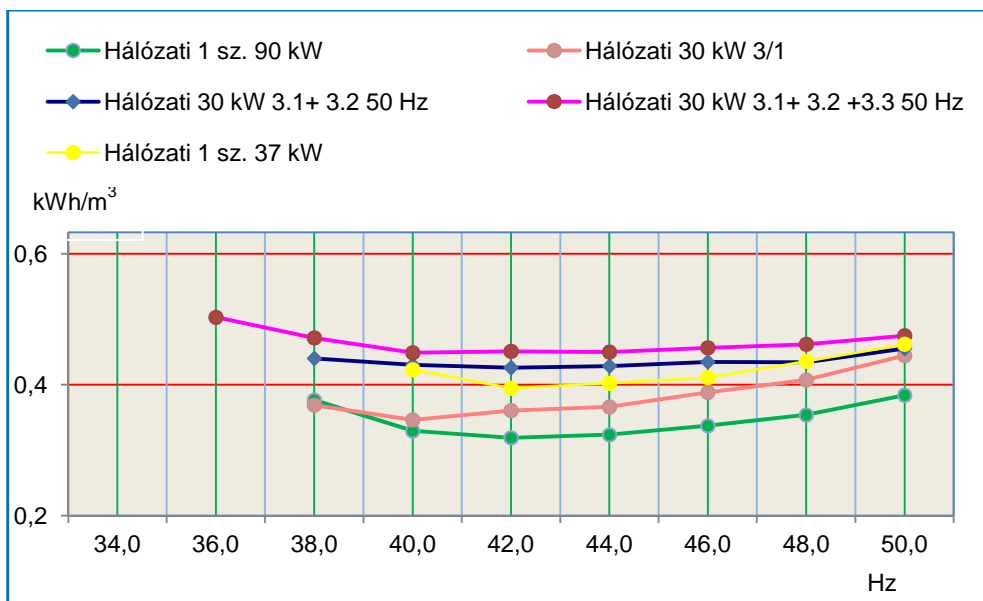


31. ábra: A TGT 90 kW-os szivattyú energiahatékonyságának és vízszállításának vizsgálata 38–50 Hz motor terhelés esetén

Napi 11,2 óra átlagos üzemidővel a szivattyú kb. 860 000 m³ vizet képes szállítani. az optimális üzemállapotban.

A leggazdaságosabb üzemmód esetén a várható megtakarítás 48 150 kWh/év, 28 Ft/kWh árral számítva 1 348 000 Ft/év, az 50 Hz en mért értékhez képest és megfelel 24 t CO₂ kibocsátás csökkenésnek.

A magasabb 1 100 000 m³/év vízigény a 2 db. TGT szivattyúval megoldható. A többi hálózati szivattyú hatékonysága jelentősen rosszabb, mint a TGT szivattyúké, az értékeket a 32. ábrán hasonlítottuk össze. A jelenlegi üzemmód szerint a szivattyúk egyforma üzemórával dolgoznak. Amennyiben a nagyobb energiaigényű SAER szivattyúcsoport üzemelne egész évben akkor ez mintegy 50 000 kWh többletfogyasztással járna /2 szivattyú egyidejű üzeme esetén/. Tehát a hálózati szivattyúzás hatékonysága tovább javítható akkor, ha az optimális üzemállapotot részesítjük előnyben.



32. ábra: A gépházban lévő szivattyúk energiahatékonysága 36–50 Hz motor terhelés esetén

A szűrőkre átemelő nyersvíz szivattyúk közel egyforma hatékonysággal üzemelnek. Mindkettő esetében van lehetőség az energia megtakarításra, a 11 kW-os esetében jelentősebb mértékben. A mért hatékonysági értékeket a 3. táblázatban mutatjuk be.

4.2. Szivattyús szennyvíz hálózatok vizsgálatának eredményei

4.2.1 Székesfehérvári szennyvíz átemelők

A többi vizsgált átemelő közvetlenül az un. kiemelt homokfogóra, ahonnan nincs további átemelésre szükség a szennyvíztelepen.

Tordai - 2 átemelő vizsgálata

Ennek az átemelőnek a vizsgálata során írjuk le az optimális üzemállapot meghatározását és a potenciális megtakarítás számítását. A többi átemelőnél is ezt az elvet alkalmazzuk, azonban nem részletezzük, csak az eltéréseket említjük. Az átemelő néhány km-hosszúságú nyomócsövön juttatja el a szennyvizet a tisztítótelepre. Az átemelőt a 33. ábrán mutatom be.



33. ábra: „Tordai” átemelő és vezérlőszekrény

A tordai átemelő szivattyútelep üzemadatait a 4. táblázatban mutatom be.

4. táblázat: Tordai átemelő üzemadatai

Átemelő megnevezése:	Tordai 2	
Szivattyúk darabszáma:	2	
Mennyiségmérő:	szennyvíztelepen mérve	
Vezérlés:	Egyéb PLC, szintvezérlés	
Vízszállítás (m ³) 2010:	598 773	
Szivattyú jele:	1.	2.
Teljesítmény (kW):	22	22
Indítási mód:	direkt	direkt
Üzemóra napi:	5,30	4,70
Üzemóra éves:	1933	1716

A 2 db 22 kW-os szivattyút felváltva kapcsolja a vezérlés, közel egyforma üzemidőt biztosítva. A két szivattyú egyforma típusú és azonos motorral üzemel. A vizsgálat során vízmennyiséget a beépített áramlás mérővel határoztuk meg.

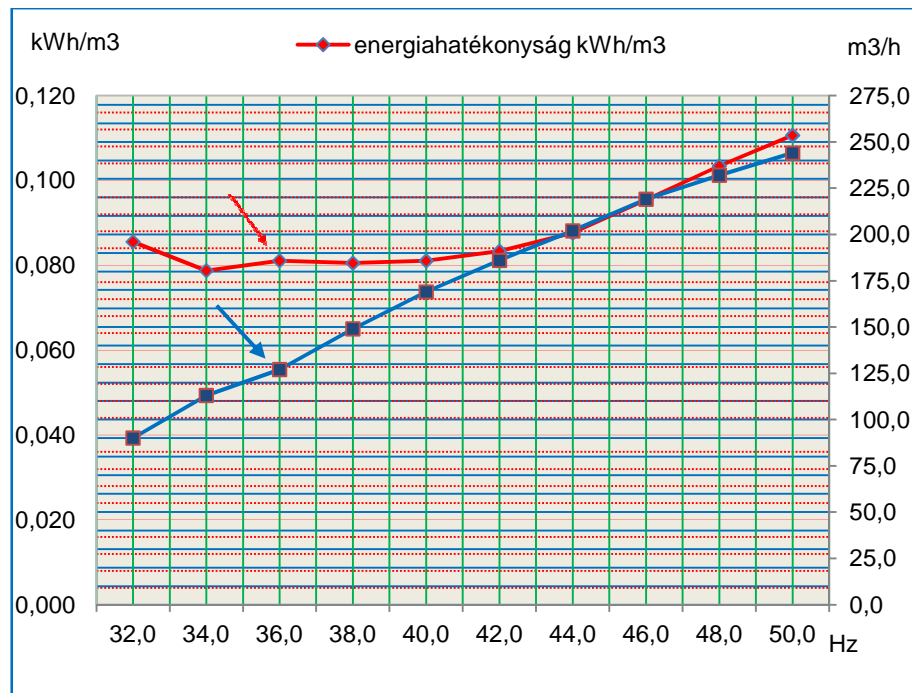
A mérés végzésekor az aknában magas vízszintet engedtünk meg – 100 %-hoz közelítve - annak érdekében, hogy a mérést folyamatosan tudjuk végezni. A magas vízszint azt eredményezte, hogy a vizsgált szivattyú vízszállítása 50 Hz-en 244 m³/h értéket mutatott, jelentősen többet, mint a 2. táblázatban megadott üzemórából számított átlagérték: 164 m³/h – direkt indítás mellett: (2010. évi összes vízszállítás 598 773 m³/év /365 nap = 1640 m³/nap/10 óra összes üzemidő = 164 m³/h átlagos vízszállítás).

Ez különbség az energiahatékonyság szempontjából annyit jelent, hogy magasabb aknaszint esetén sokkal hatékonyabban tudjuk üzemeltetni a szivattyúkat. A különböző aknaszintekhez tartozó hatékonysági különbségek kimutatására nem végeztünk vizsgálatot.

Az 1 sz. szivattyúnál mért adatok

A méréseket a 41. ábrán feltüntetett grafikonon jobbról balra végeztük 2 Hz-enként. A legkevésbé gazdaságos energiafogyasztás kb. 0,111 kWh/m³ 50 Hz-en, a leggazdaságosabb energiafogyasztás kb. 0,081 kWh/m³ 36 Hz-en mért értéke (a 34. ábrán piros nyíllal jelöltük). A kettő közötti eltérésből adódó potenciális megtakarítás 26,7 %. A leggazdaságosabb energiafogyasztási értékhez tartozó vízszállítási érték 125 m³/h (8. méréshez tartozó vízhozam értéke a 34. ábrán kék nyíllal jelölve). Ennek a vízhozamnak az eljuttatására mindkét szivattyúnak napi 13,4 órára van szüksége (13,4 h/nap x 125 m³/h x 365 nap/év=611 375 m³/év) ahhoz, hogy a mintegy 600 000 m³/év szennyvizet a tisztítótelepre juttassa. A 34. ábrán a mérés fajlagos értékeit tüntettük fel.

Az éves mintegy 600 000 m³ szennyvíz szivattyúzása a 2 db. szivattyúval naponta 7 óra alatt a jelenlegi üzemállapottal – emelt vízszint mellett, illetve 13,4 óra alatt OPTIMÁLIS ÜZEMÁLLAPOTBAN teljesíthető. Az optimális üzemelési mód időtartamát a teljes üzemidő 85%-ában becsültük meg. A többi időszakra nem számoltunk megtakarítással.



34. ábra: Tordai-2 szennyvíz átemelő szivattyú energia hatékonysága 32-50 Hz motor terhelés esetén

Az elérhető megtakarítást a hozzá tartozó fajlagos értékekkel az 5. táblázatban foglaltam össze.

5. táblázat: Tordai-2 átemelő szivattyú megtakarítási számítása

	kWh/m ³		megtakarítás		kWh	TON CO ₂
	előtte	utána				
Energia fogyasztás	0,111	0,081	26,7%		68 985	34,5
					50 561	25,3
Gazdaságosság						
		kWh	potencia	kWh	HUF	TON CO ₂
Megtakarítás kWh/év	1	18 424	85%	15 661	563 779	9,21
Megtakarítás/ x év alatt	6	110 545		93 9635	3 382	677
"x" év alatti megtakarítás éve					1,6	

A MÉBA jelű átemelő vizsgálata

Az átemelő néhány km-es nyomócsövön juttatja el a szennyvizet a tisztítótelepre. Az átemelő üzemadatait 6. táblázatban mutatom be.

6. táblázat: MÉBA átemelő üzemadatok

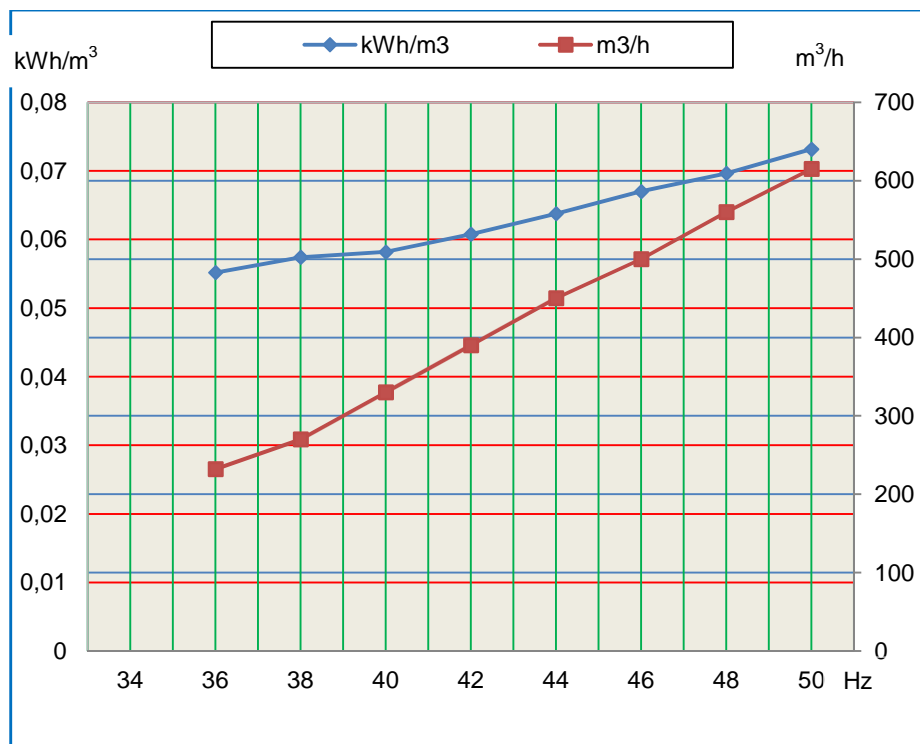
MÉBA			
Szivattyúk darabszáma:	3		
Mennyiségmérő:	üzemen kívül		
Vezérlés:	Egyéb PLC, szintvezérlés		
Vízszállítás (m ³) 2010:	2 242 747		
Szivattyú jele:	1.	2.	3.
Teljesítmény (kW):	44	44	44
Indítási mód:	direkt	direkt	lágyszívó
Üzemóra napi:	3,56	3,12	3,33
Üzemóra éves:	1300	1138	1214

A 3 db 44 kW-os szivattyút felváltva kapcsolja a vezérlés, közel egyforma üzemidőt biztosítva. A mérés során az aknában üzemi vízszint volt a mérés során. A szállított vízmennyiséget mobil áramlásmérőről olvastuk le. A három szivattyú egyforma típusú és azonos motorral üzemelnek. A szivattyúk vízszállítását a megadott 2 243 000 m³/év értékkel vettük figyelembe.

Az éves szennyvíz mennyiség szivattyúzása a 3 db szivattyúval napi átlag 10 óra alatt a jelenlegi üzemállapot mellett, illetve 18,6 óra alatt optimális üzemállapotban teljesíthető. A csúcsterhelési időszakokat figyelembe kell venni.

A 3. sz. szivattyú működési jellemzői

A legkevésbé gazdaságos energiafogyasztás: 0,073 kWh/m³, a leggazdaságosabb energiafogyasztás: 0,058 kWh/m³ a kettő közötti eltéréstől adódó potenciális megtakarítás 26,7 %. A mérés értékeit a 35. ábrán tüntettem fel.



35. ábra: A MÉBA átemelő szivattyú energiahatékonysága és vízszállítása 36–50 Hz motor terhelés esetén

Az optimális üzemelési módhoz tartozó időtartam a teljes üzemidő 85%-ára becsültük. A többi időszakra nem számoltunk megtakarítással. Az elérhető megtakarítást a hozzá tartozó fajlagos értékekkel a 7. táblázatban foglaltuk össze.

7. táblázat: MÉBA átemelő szivattyú megtakarítási számítása

Megtakarítás számítása						
		kWh/m ³	megtakarítás	kWh	TON CO ₂	
Energia fogyasztás	előtte	0,073		164 250	82,1	
	utána	0,058	20,5%	130 604	65,3	
Gazdaságosság						
		kWh	potencia	kWh	HUF	TON CO ₂
Megtakarítás kWh/év	1	33 646	85%	28 599	1 029 579	16,82
Megtakarítás/ x év alatt	6	201 878		171 596	6 177 472	85,8
"x" év alatti megtakarítás éve				1,23		

36 Ft/kWh-val számolva 1 000 000 Ft/év összegű csökkenés érhető el, amely 17 t CO₂ kibocsátással egyenlő.

Az üzemi körülmények között elérhető energia-megtakarítás a várhatótól kismértékben eltérhet.

A Váralja sor I. és II. jelű aknák optimalizálása

A szennyvíztelep központi gyűjtőjére a Váralja sori iker átemelő emeli át a szennyvizet.

Kiindulási adatokat 8. táblázat tartalmazza. Ennél az átemelőnél un. ikeraknás megoldást alakítottak ki. Az 1.sz. aknában lévő 30 kW-os szivattyút gyakorlatilag nem használják ellenben, a 2. sz. aknában lévő 2 db 15,8 kW-os szivattyúkat üzemeltetik esetenként mindkettőt azonos időben is. A két akna össze van kötve csővezetékkel és a mostani üzemrend szerint le van zárva. Műszaki lehetősége van annak, hogy a két akna üzemeltetését felcseréljük, ezért kínálkozott a két szivattyú hatékonyságának összehasonlítása. Az átemelő több km-es viszonylag hosszú nyomócsövön juttatja el a szennyvizet a szennyvíztelepre.

8. táblázat: Váralja sor átemelő üzemadatai

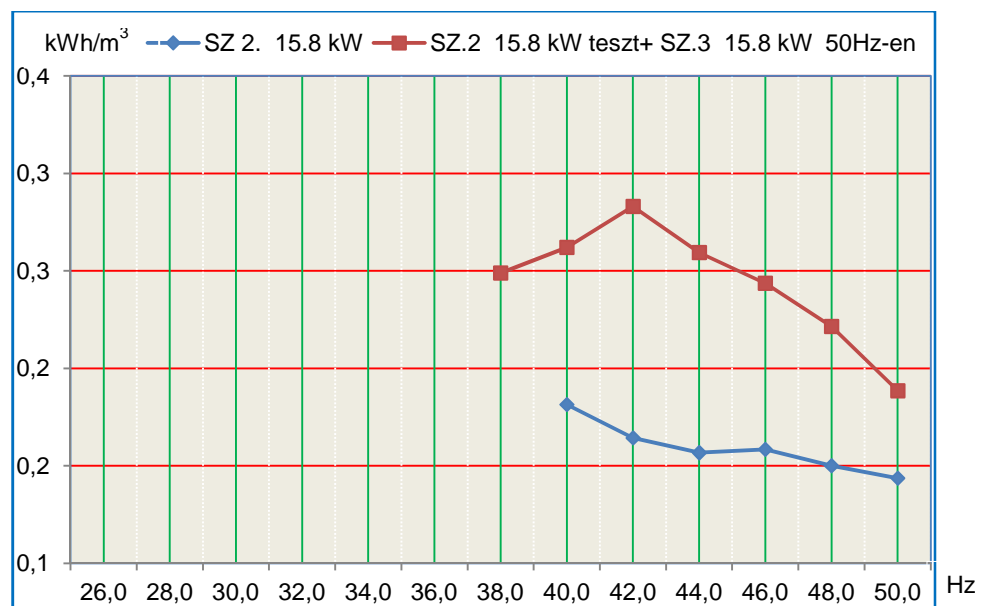
Átemelő megnevezése:	Váralja 1	Váralja 2	
Szivattyúk darabszáma:	1	2	
Mennyiségmérő:	nincs	van	
Vezérlés:	Egyéb PLC, szintvezérlés	Egyéb PLC, szintvezérlés	
Vízszállítás (m ³)2010:	nincs adat	Vízszállítás (m ³)2010:	348 300
Szivattyú jele:	Sz.1	Sz.1	Sz.3
Teljesítmény (kW):	30,0	15,8	15,8
Indítási mód:	direkt	direkt	direkt
Üzemóra napi:	0,13	4,30	4,53
Üzemóra éves:	48,81	1570	1655

A 15,8 kW-os szivattyúk üzemóráját összeadva 8,6 értékkel vettük figyelembe a számításunkban. A vízmennyiséget a beépített átfolyás mérőről olvastuk le. A 30 kW-os szivattyú nincs ellátva áramlásmérővel, ezért mobil áramlásmérőt alkalmaztunk.

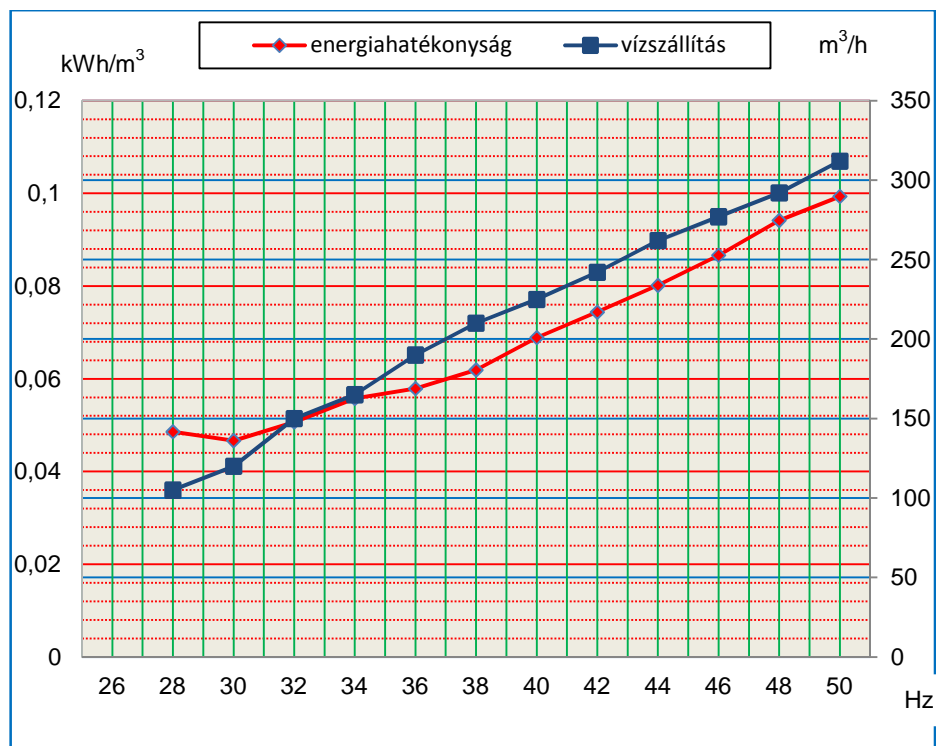
Az éves 350 000 m³ szennyvíz szivattyúzása a 15,8 kW-os szivattyúkkal 8,8 óra alatt a 2. sz. aknából jelenlegi üzemállapottal, vagy a 30 kW-os szivattyúval 6,5 óra alatt az 1. sz. aknából OPTIMÁLIS ÜZEMÁLLAPOTBAN teljesíthető. A csúcsterhelési

időszakokat figyelembe kell venni. A 15,8 kW-os szivattyú legkevésbé gazdaságos energiafogyasztása 0,144 kWh/m³. A 30 kW-os szivattyú 32 Hz-en mért értéke optimum közeli energiafogyasztása 0,051 kWh/m³. A kettő közötti potenciális megtakarítás 64 %.

A 36/I. számú az Sz.2 és Sz.3 15,8 kW-os szivattyúk mérési értékeit tüntettük fel. Jól látható, hogy a legkevésbé hatékony energia felhasználás, azaz a legrosszabb érték akkor jelentkezik, ha a két kisebb szivattyú együtt üzemel (piros görbe). Kevésbé rossz, ha ugyanez a szivattyú önállóan működik (kék görbe). Ennek a két görbének a lefutása arra is utal, hogy az optimum érték teljes motorterhelésnél jelentkezik. Mászt mutat azonban a nagyobb Sz.1 szivattyú, amelyik alacsonyabb sebesség tartományban sokkal hatékonyabb tud működni. Tekintettel arra, hogy a vízszállítása sokkal nagyobb – 150 m³/h az optimális 32 Hz-en – kevesebb üzemórával tudja teljesíteni a feladatot. A teszt eredménye a 36/II. számú ábrán látható.



36/I. ábra: Váralja sor Sz.2 és Sz.3 szennyvíz átemelő szivattyúk energiahatékonysága 38–50 Hz motor terhelés esetén



36/II. ábra: Váralja sor Sz.1 30 kW-os szennyvíz átemelő szivattyú energiahatékonysága és vízszállítása 28–50 Hz motor terhelés esetén

Az optimális üzemelési mód időtartamát a teljes üzemidő 85%-ára becsültük. A többi időszakra nem számoltunk megtakarítással. Az elérhető mennyiséget a hozzá tartozó fajlagos értékekkel az alábbi 9. táblázatban foglaltuk össze.

9. táblázat: Váralja sor átemelő megtakarítási számítása

Megtakarítás számítása						
		kWh/m ³	megtakarítás	kWh	TON CO ₂	
Energia fogyasztás	előtte	0,144		50 750	25,4	
	utána	0,051	64,7%	17 902	9,0	
Gazdaságosság						
		kWh	potencia	kWh	HUF	TON CO ₂
Megtakarítás kWh/év	1	32 848	85%	27 921	1 005 150	16,42
Megtakarítás/ x év alatt	6	197 088		167 525	6 030 903	83,8
"x" év alatti megtakarítás éve				3,88		

36 Ft/kWh-val számolva 1 000 000 Ft /év megtakarítás érhető el, 16 t CO₂ kibocsátás takarítható meg. Az üzemi körülmények között elérhető energia-megtakarítás a várhatótól kismértékben eltérhet.

4.2.2. Csákvár végátemelő

Az alapadatokat a megbízó az alábbi 10. táblázat szerint adta meg. Az átemelő viszonylag hosszú több km-es nyomócsövön dolgozik a szennyvíztelepre.

10. táblázat: Átemelő üzemadatak

Csákvár		
Átemelő megnevezése:	végátemelő	
Szivattyúk darabszáma:	2	
Mennyiségmérő:	van	
Vezérlés:	Egyéb PLC, szintvezérlés	
Vízszállítás (m ³) 2010-2011:	257 000	
Szivattyú jele:	1.	2.
Teljesítmény (kW):	30,0	30,0
Indítási mód:	direkt	direkt
Üzemóra napi:	4,30	4,60
Üzemóra havi átlag	123	140

A 2 db 30 kW-os szivattyút felváltva kapcsolja a vezérlés, közel egyforma üzemidőt biztosítva mindkét szivattyúnál. A mérés során az aknában üzemi vízszintet tartottunk. A szállított vízmennyiséget a beépített áramlásmérővel határoztuk meg. Mindkét szivattyú egyforma típusú és azonos motorral üzemel.

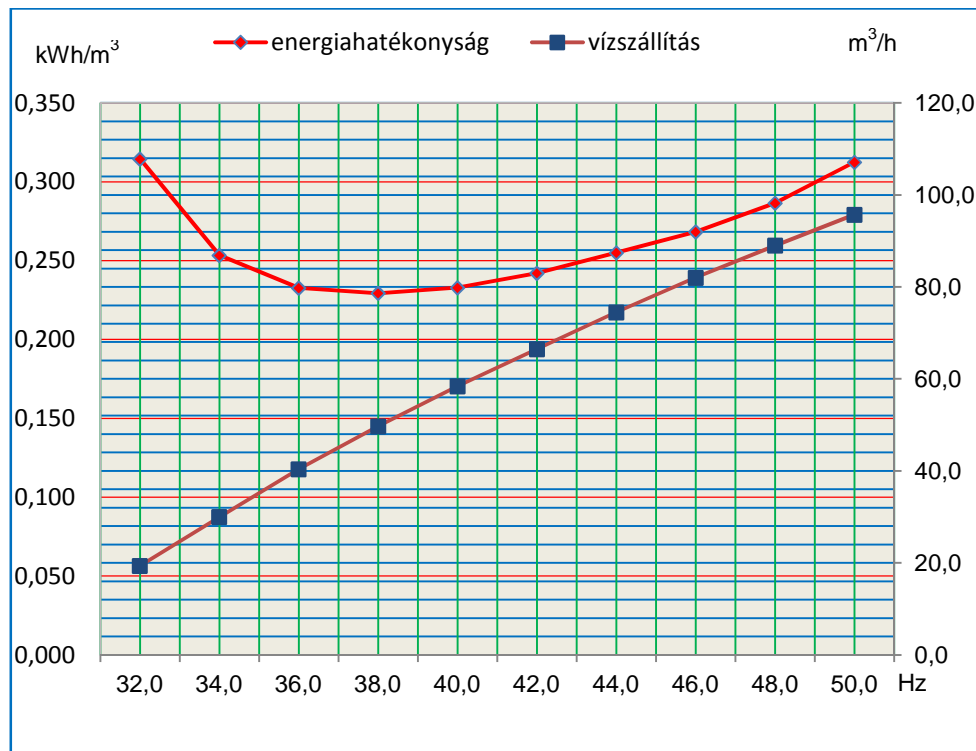
A kettő szivattyú vízszállítását napi 8,9 üzemórából számítva 257 000 m³/év értékkel vettük figyelembe a számításunkban.

Az éves szennyvíz mennyiség szivattyúzása a 2 db szivattyúval 8,9 óra alatt a jelenlegi üzemállapottal, illetve 13 óra alatt optimális üzemállapotban teljesíthető.

A csúcsterhelési időszakokat a méretezés során mindig figyelembe kell venni.

A 2. sz. szivattyú vizsgálata

A legkevésbé gazdaságos energiafogyasztás: $0,312 \text{ kWh/m}^3$ a leggazdaságosabb energiafogyasztás: $0,233 \text{ kWh/m}^3$. A kettő közötti eltérésből adódó potenciális megtakarítás 25,5 %. A 2. sz. szivattyú vizsgálatának értékeit a 37. ábrán tüntettem fel.



37. ábra: Csákvári végátemelő energiahatékonysága és vízszállítása 32-50 Hz motor terhelés esetén

Az optimális üzemelési mód időtartamát a teljes üzemidő 85%-ban becsültük meg. A többi időszakra nem számoltunk megtakarítással. Az elérhető megtakarítást a hozzá tartozó fajlagos értékekkel a 11. sz. táblázatban foglaltuk össze.

36 Ft/ kWh-val számolva 680 000 Ft /év megtakarítás érhető el, 11 t CO₂ kibocsátás takarítható meg.

Az üzemi körülmények között elérhető energia-megtakarítás a várhatótól kismértékben eltérhet.

11. táblázat: A csákvári végátemelő megtakarítása

Megtakarítás számítása						
		kWh/m ³ megtakarítás		kWh	TON CO ₂	
Energia fogyasztás	előtte	0,312		87 308	43,7	
	utána	0,233	25,5%	65 076	32,5	
Gazdaságosság						
		kWh	potencia	kWh	HUF	TON CO ₂
Megtakarítás kWh/év	1	22 232	85%	18 897	680 299	11,12
Megtakarítás/ x év alatt	6	133 392		113 383	4 081 795	56,7
"x" év alatti megtakarítás éve				1,53		

Következtetések, javaslatok

A mérések azt mutatják, hogy a legtöbb tesztelt szivattyú esetében 25 – 35% energiát lehet megtakarítani.

Egyedül a Váralja sor tér el jelentősen az átlagtól, ahol 64 % megtakarítás várható. Az eredmények megfelelnek a hazai és külföldi mérési tapasztalatainknak.

A potenciális megtakarítás értéke a vizsgált székesfehérvári és csákvári átemelőknél összesen: 3,24 millió Ft.

A szennyvíz szivattyúzás hatékonysága javítható akkor, ha az optimális üzemállapotot részesítjük előnyben. A szennyvíz szivattyúk és az átemelő aknák üzemeltetésének jellegzetességeit: pl. dugulás, tisztítótelepi terhelési követelmények, szennyvíz tartózkodási idő az átemelőben a méretezés során figyelembe kell venni.

4.2.3. Sopron szennyvízhálózat vizsgálata

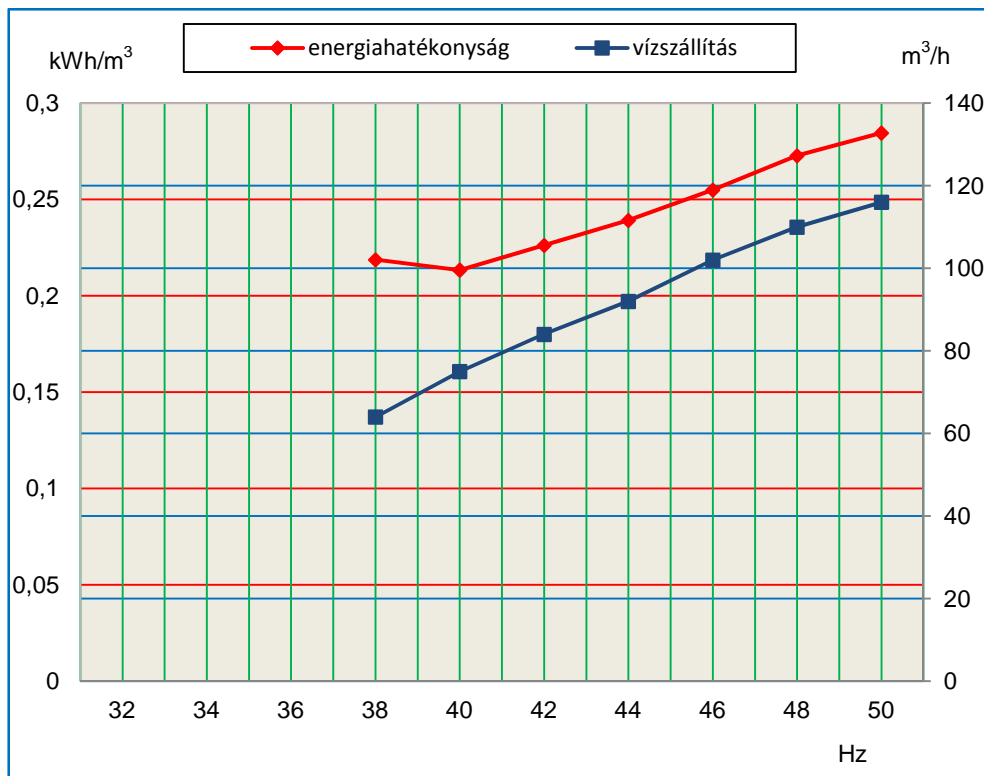
A mérés idején újonnan épített korszerű átemelőket felszerelték az energia-hatékony üzemeltetéshez szükséges összes eszközzel: frekvenciaváltók, áramlásmérők, adatátvitel, PLC alapú vezérlés. Így a méréssel könnyen lehetett ellenőrizni egy újonnan épült és méretezett szivattyúk tervezésének és működésének energia hatékonyságát. A szennyvíz átemelők vizsgálatát az SK1 átemelőnél mutatjuk be, 38. ábra.

Az átemelőben 2 azonos típusú szivattyú felváltva üzemel, az egyik szivattyút vizsgáltuk. A szivattyúk egyenként 3–3,5 órás napi üzemidő alatt végzik el az évi 242 000 m³ szennyvíz átemelését. Együtt nem üzemelnek ezért ezt a kapcsolatot nem vizsgáltuk.

A vízmennyiséget egy db szivattyú az OPTIMÁLIS ÜZEMÁLLAPOTBAN 4,2 óra alatt tudja eljuttatni, a csúcsterheléseket kivéve.

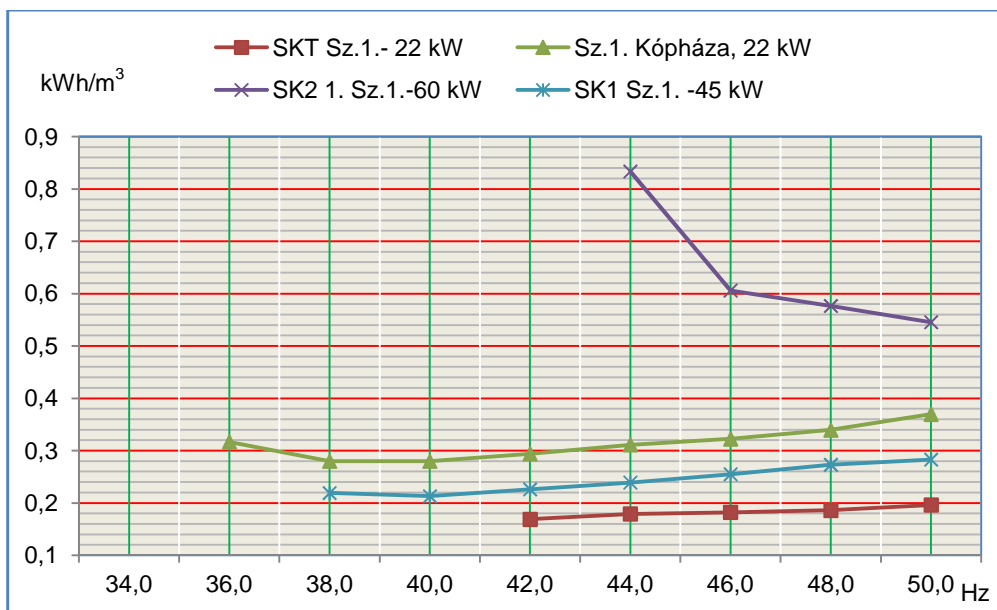
Az 1 sz. szivattyút önállóan üzemeltetve a legkevésbé gazdaságos energiafogyasztás: 0,284 kWh/m³, a leggazdaságosabb energiafogyasztás: 0,226 kWh/m³, a kettő közötti eltérés: 20,5%.

A megtakarítási potenciál 12 797 kWh/év, 27,9 Ft/kWh árral számítva 357 000 Ft/év, az 50 Hz en mért értékhez képest. Megfelel 7,5 t CO₂ kibocsátású potenciális megtakarításnak.



38. ábra: SK1 jelű szennyvíz átemelő szivattyú és energia hatékonysága és vízszállítása 32–50 Hz motor terhelés esetén

A 39. ábra és a 12. táblázat jól mutatja az átemelők eltérő hatékonyságát és a megtakarítási lehetőségeket. Jelentős eltérést mutat az SK2 átemelő, ahol nincs lehetőség a motor szabályozására. Sőt ebben az esetben fordított helyzet áll elő. Az sz.1. szivattyú 47 Hz-en üzemel állandóan és ebből eredően hatékonyság romlás áll elő. Számításaink szerint a jelenlegi üzemóra mellett kb. 180 000 Ft többlet költség jelentkezik. 46 Hz en már 11 %-os hatékonyság romlás mutatkozik.



39. ábra: A soproni szennyvíz átemelő szivattyúk fajlagos energia hatékonyságának összehasonlítása

12. táblázat: Soproni átemelők energia hatékonysági értékei

Átemelő neve	Mért hatékonysági értékek			Megtakarítási potencia. Ft/év
	potencia	Legrosszabb kWh/m ³	Legjobb kWh/m ³	
1 SKT	13%	0,196	0,169	170 000
2 SK1	25%	0,284	0,213	357 000
3 SK2	0%	0,545	0,545	0
A9				
4 Kópháza.	24%	0,37	0,28	380 000

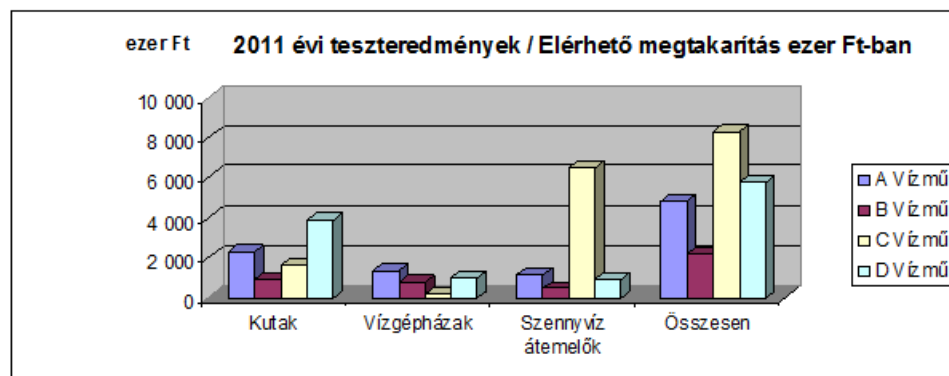
4.3. További tesztmérések összefoglaló eredményei

2010. márciusában három hazai víziközmű szolgáltatónál tesztméréseket végeztünk a megtakarítási lehetőségek felmérésére. Összefoglalva a tapasztalatokat: az elérhető megtakarítás: 740.000 kWh/év, 30 Ft/kWh áramdíjjal számítva 22 200 000 Forintnak felel meg, ez átlagosan 21%.-os.

A szennyvízátemelőknél tapasztalt mérések azt mutatják, hogy az elérhető megtakarítások hasonlóak, esetenként nagyobbak is lehetnek, mint a vízellátásnál. Ezt a tapasztalatot a külföldi mérések is alátámasztják.

További tesztméréseket végeztünk 2011-ben, a 40. ábrán foglaltuk össze az elérhető megtakarításokat.

A méréseket úgy végeztük, hogy egy vízműhöz tartozó kutakat és a vízgépházat együtt vizsgáltuk. A megtakarítások számításánál minden esetben figyelembe vettük a termelt vízmennyiséget.



40. ábra: 2011. évi tesztmérési eredmények összefoglalása

Ennek a mérési sorozatnak az eredménye hasonló, mint a korábbiaké: ez alkalommal 4 Vízműnél 20 millió Ft potenciális megtakarítást tártunk fel.

4.4. Eredmények alkalmazása az ivóvíz és szennyvíz szállító hálózatokban

4.4.1. Vízellátásnál megvalósított energia megtakarítási alkalmazás

A kísérleti alkalmazás a Dombóvár és környéke Víz-és Csatornamű Kft dombóvári 2 vízművében valósult meg. A vízműben üzemeltetett kutakat, a technológiai szűrést és nyomásfokozó szivattyúkat vettük vizsgálat alá. A tesztmérések alapján az elérhető megtakarítási értékek a különböző szivattyúknál 15–55 % közötti tartományban találhatóak.

2009 decemberében beépítésre kerültek a frekvenciaváltók az **ENQUASAVE** (on-line energia-hatékonyság kijelző) egység, a szükséges SIEMENS gyártmányú PLC vezérléssel, majd összekapcsoltuk a meglévő Omron típusú PLC-vel a rendszerünket. Ezt követően történt a rendszer úgynevezett alapbeállítása a mérés során megállapított

üzemállapotra. A próbaüzem első három hónapját követően a mért megtakarítási értékek a következőképpen alakultak:

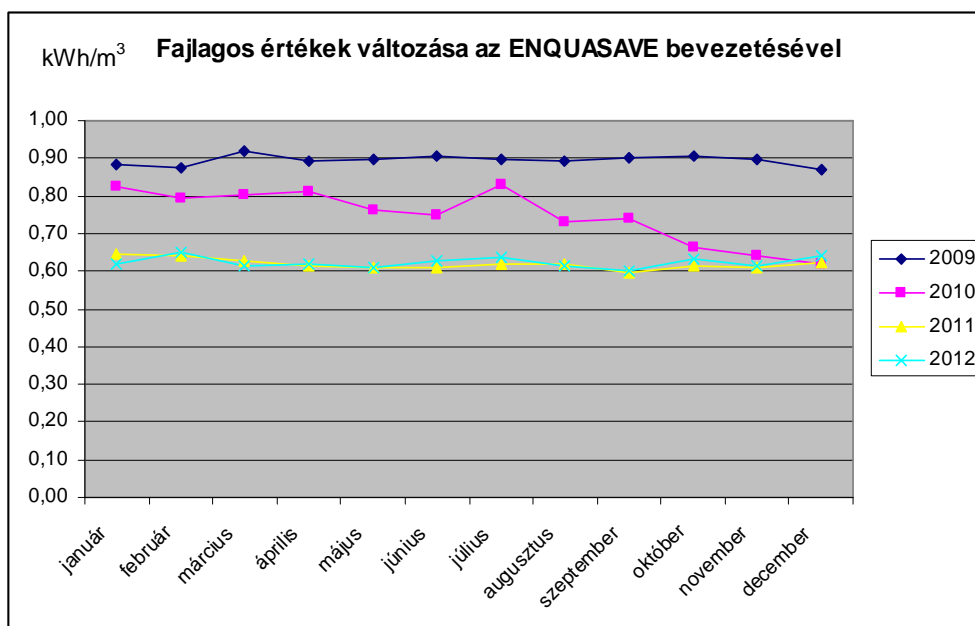
A mért energia-megtakarítás átlagosan 10.849 kWh/hó, azaz a próbaüzem első 3 hónapjában a mért megtakarítási értékek 95%-ra közelítik meg az előzetes felmérés adatait. (Megjegyzés: az első három hónap az alacsonyabb vízfogyasztási időszakra esett).

A próbaüzem során szerzett tapasztalatok alapján úgy állítottuk be a rendszerünket, hogy az összhangban legyen a változó vízigényekkel, és tegyen eleget a vízminőségi elvárásoknak, valamint a további megtakarítás legyen elérhető.

Elért megtakarítások statisztikai elemzése

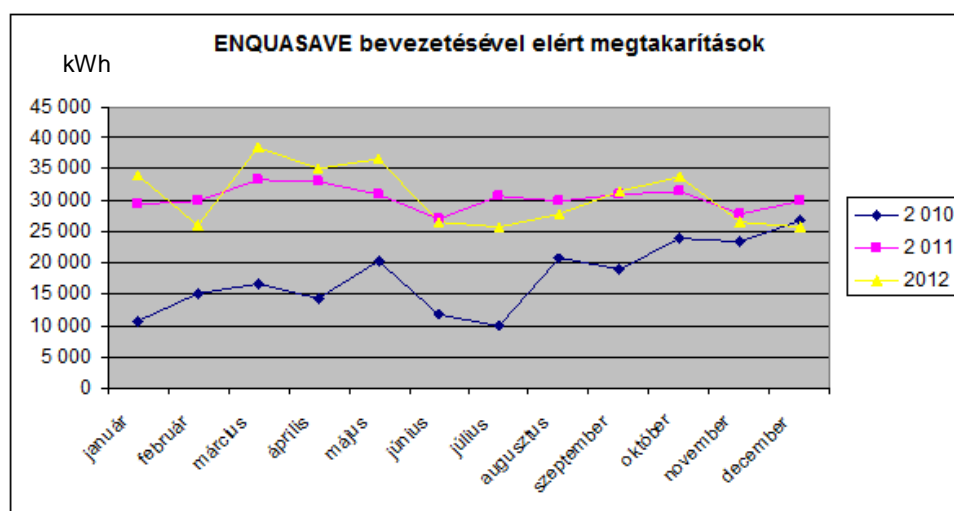
A próbaüzemet követően elértük a havi 15 000 kWh megtakarítást, majd az év végére a tényleges energia megtakarítás meghaladta ezt az értéket. A tervezettnél magasabb eredmény azzal magyarázható, hogy év közben 3 db új kút került beüzemelésre és rendszerbe állításra. Az energia-hatékony módon üzemeltetett és hatékonyabb új kutak ki tudták váltani a kevésbé hatékony régieket, pl. a 3A jelű kút a IV- es számú vízműtelepen. A megtakarítás mértéke az új szabályozási módszer szerint üzemeltetett IV- es számú vízműtelepen elérte a 40%-ot, míg az V-ös számú vízműtelepen a 25%-ot.

Az 41. ábrán azt mutatom be, hogyan alakult a fajlagos energia-megtakarítás a próbaüzem indítása óta. Az ábrán jól látható a fajlagos energiafelhasználás csökkenése a 2010. évi üzemelés során. Az értékek a két vízműtelep átlagának fajlagos értékeit mutatják, az összes áramfogyasztás és az összes víztermelés hányadosát. A 2009. évben még a régi beállításokkal üzemelt a telep. A folyamatos javulás a rendszer szemléletű üzemeltetéssel lett elérhető. A szivattyúk nemcsak önmagukban, hanem rendszerben lettek optimalizálva. A 2011–2012 évek már a beállt üzemi helyzetet mutatják.



41. ábra: Dombóvári vízmű kWh/m³ fajlagos energia-felhasználások csökkenése 2010–2012 években

A 42. ábrán az elért megtakarításokat mutatjuk be. Az üzemelés három éve igazolta az előzetes elvárásainkat. 2011 és 2012 évek havi megtakarításai rendre meghaladták a 25 000 kWh-t, esetenként túllépve a 30 000 kWh-t. A havi megtakarítások ingadozása részben a vízigény változásával részben üzemeltetési feladatokkal indokolható.

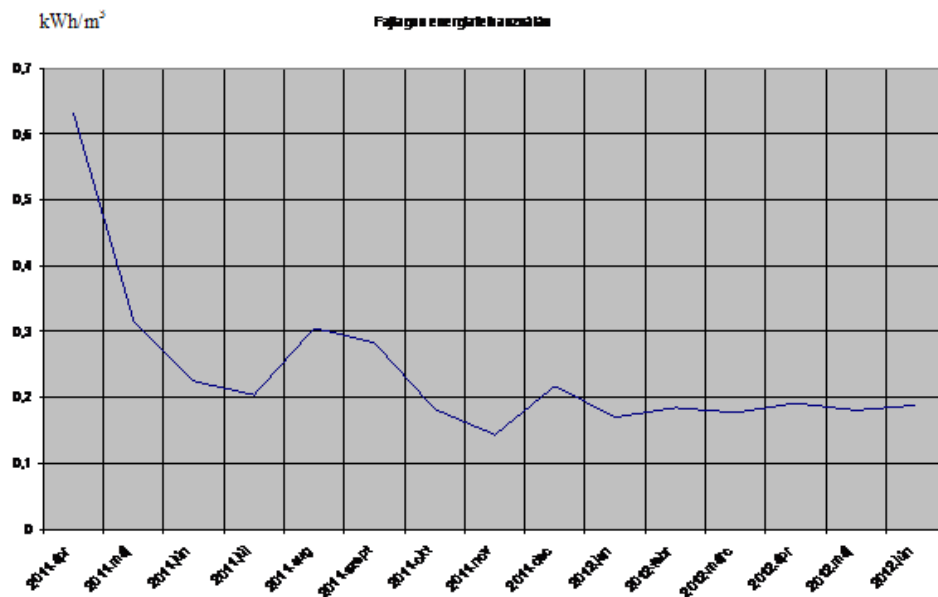


42. ábra: Dombóvári vízmű energia-megtakarítása (kWh)

A fajlagos energia felhasználás statisztikai elemzése úgy végeztük el, hogy a programba bevont szivattyúk energia hatékonyságának [kWh/m³] javulását a beavatkozás előtt és utáni években páros t próbával vizsgáltuk. A hatást 5%-os szinten tekintettük szignifikánsnak. 2009 évi átlagos hatékonyságot tekintettük kiinduló állapotnak. 2009 évhez képest minden vizsgált év energiahatékonysága: 2010–2013 között szignifikáns különbséget mutatott.

4.4.2 Más megoldások a szivattyúk energiahatékonyságának javítására

A Bácsvíz Zrt-nél 2011-ben kezdték el alkalmazni a frekvenciaváltókat szennyvíz átemelőkhöz. Pilot projektként a Lakiteleki végátemelő került átépítésre, melyben a Xylem Water Solution kft szállította az intelligens frekvencia szabályozót. A beépítéstől a beszabályozás végéig tartó időszak teljesítmény felvételi diagramját az 43. ábra mutatja.



43. ábra: Lakiteleki végátemelő fajlagos energia felhasználása

Az ábrán látható, hogy a fajlagos energia felhasználás a korábbi időszaknak felére-harmadára csökkent.

Villamos energia szempontjából teljesítmény díjas felhasználási helyekről van szó e kettő esetben, így nem csak az energia felhasználás, hanem meddő energia kompenzálása, és a lekötött teljesítmény csökkentése is cél volt a projekt során. 2012

decemberében került a beüzemelés stádiumába a rendszer, melynek a hatása szinte azonnal meg is mutatkozott. A havi díjban szereplő, un.: lekötött teljesítmény díj attól függ, hogy a szolgáltatói mérés során mekkora átlagteljesítmény felvétel történik a felhasználási helyen. Ha a szerződésben rögzített érték alatti ez az érték, akkor a szerződés szerinti díjat kell megfizetni, ha felette, akkor a túllépés mértékének háromszorosát fogjuk viszont látni a számlában az alap költségen felül. Mivel ez egy állandó költség, érdemes egy optimális szintre leszerződni. Ennek alapján csökkenthető a kapacitás lekötés, ezzel éves szinten százezer forintot meghaladó megtakarítás érhető el. (Xilem Water Solution, 2011; Intelligens Vezérlés, 2013).

A fenti megoldásnak előnye az egyszerűsége, mert maga a frekvenciaváltó vezérli a szivattyút, külön PLC vezérlésre nincs szükség. Hátránya, hogy kizárólag a gyártó szennyvízszivattyúkra fejlesztették ki. A szabályozott szivattyúk rendszerben történő üzemeltetése esetén, hálózati hatások, mindenképpen külön PLC vezérlés szükséges.

A legjobb hatásfok és a vízigények teljesítésének kölcsönhatása

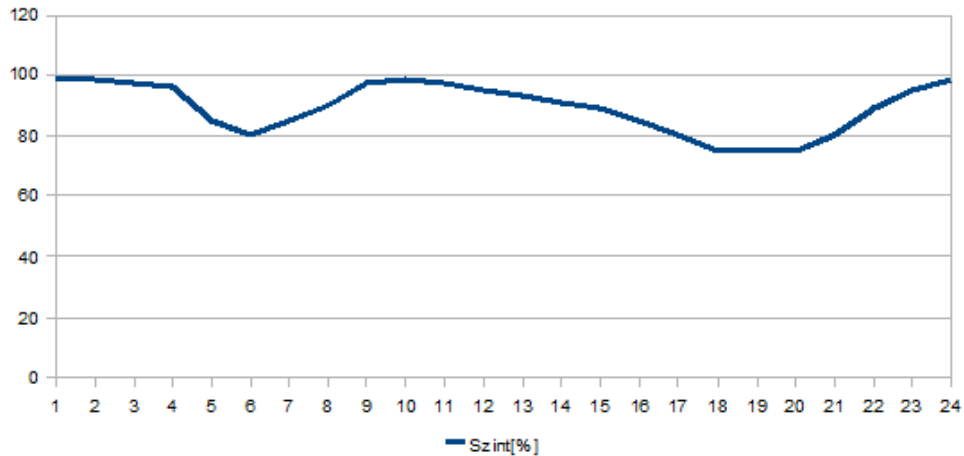
A szükséges üzemeltetési pont, ami a kívánt vízmennyiséget jelenti, általában nem egyezik a legjobb hatásfokú ponttal, vagyis az optimális energia felhasználással, de az alkalmazott módszer lehetőséget ad a kettő közelítésére.

A kívánt vízmennyiség és az optimális energia felhasználás közelítése egy szivattyú esetén:

Amennyiben csak egyetlen szivattyú áll rendelkezésünkre a szolgáltatási feltételrendszerben, akkor a napi szivattyúzási ütem változtatásával tudunk eredményt elérni. Ebben az esetben a szivattyú csak víztárolóra dolgozik.

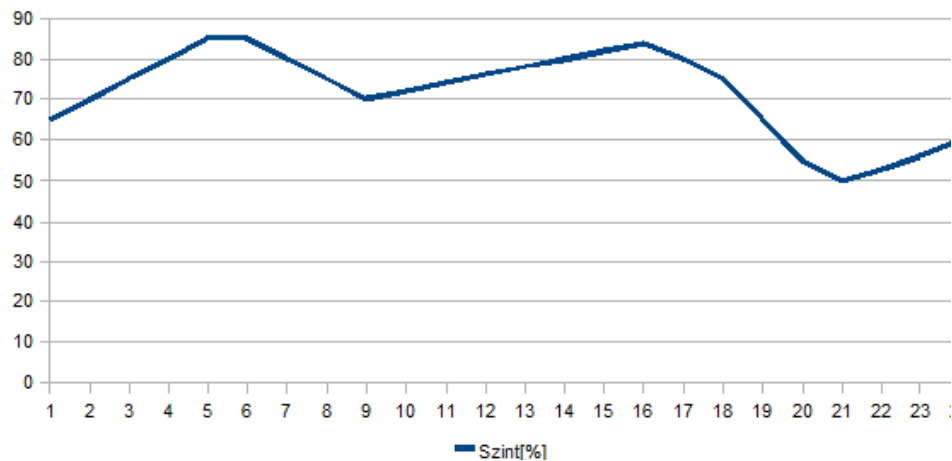
Ha a szolgáltatási feltételrendszer úgy van kiépítve, hogy egy nyomásfokozó, vagy egy kút közvetlenül felelős a vízelosztásért, akkor az üzemeltetés ütemét mindig a vízhasználói igények alakítják ki.

Állításunk igazolására vegyünk egy példát: adott egy kút, amely feltölti a településen lévő víztornyot, 80 és 98% között tartva a vízszintet. A szivattyú üzemelése teljes kapacitással történik, gyorsan elérve a kívánt vízszintet (44. ábra).



44. ábra: Folyamatos, fogyasztást követő tározó töltési üzemrend grafikus ábrázolása

Ez a gyakorlat elég elterjedt, vagyis minél rövidebb idő alatt feltölteni az adott víztárolót (tornyot) ezzel biztosítva a teljes vízigényt, függetlenül az adott időpontban felmerülő fogyasztástól. Amennyiben a fenti üzemmenethez nem kell ragaszkodnunk, akkor egy lassabb töltési üzemmenet jelentős energia megtakarításokhoz vezethet, mivel ekkor a szivattyút nem kell teljes fordulaton üzemeltetni, hanem beállítható az energia hatékonyság szempontjából optimális munkapont (45. ábra).

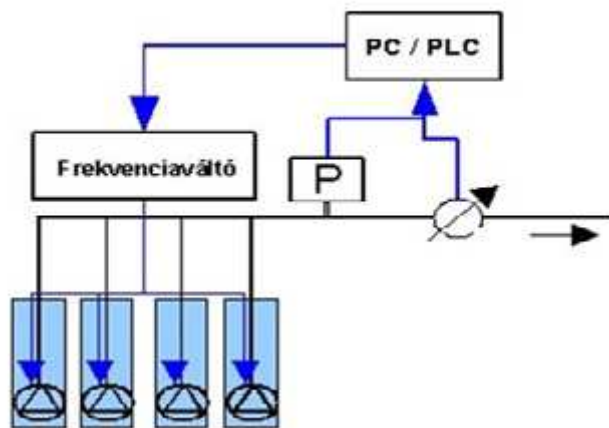


45. ábra: Szabályozott, tározó töltési üzemrend grafikus ábrázolása

Azonban a megtakarítás csak akkor érhető el itt, ha megfelelő fordulatszám szabályozást alkalmazunk.

A kívánt vízmennyiség és az optimális energiafelhasználás közelítése több szivattyú esetén:

Amennyiben egy rendszerben több szivattyú dolgozik, egymást kiegészítve, sokkal nagyobb a lehetőségek tárháza az optimalizálási feladat végrehajtására. Az említett méréseket ilyenkor gépenként elvégezve kiválasztható, hogy az adott igények kielégítésére melyik szivattyút, vagy szivattyúkat érdemes működtetni annak érdekében, hogy a lehető legkevesebb energiát használjunk fel közben. Ezt a feladatot már érdemes egy fejlett folyamatirányító rendszerre bízni. A rendszer „agya” lehet egy PC, ill. egy PLC is, mely tárolja az elvégzett mérések adatait. A visszacsatolt mérési eredmények, ill. a parancsolt jel alapján kijelöli a működtetni kívánt gépeket, valamint a frekvenciaváltó felé közölheti az üzemelési frekvencia nagyságát is (46. ábra).



46. ábra: Többgépes szabályozott, szivattyúegység elvi felépítési ábrája

Figyelni kell arra is, hogy az automatizmus bármikor felülírható legyen a kezelő, vagy diszpécser által (MAVÍZ, 2011).

Szennyvízátemelők szintszabályozása

A szennyvízelvezetés közben gyakran indokolt lehet, hogy átemelő telepeinkben frekvenciaváltó segítségével szintszabályozást alakítsunk ki a hagyományos szintkapcsolós vezérlés helyett. Ennek nagy előnye, hogy folyamatos vízáramot biztosítunk a névlegesnél alacsonyabb fordulatszámra szabályozott szivattyúkkal, az aknába lévő szennyvíz szintjének folyamatos értéken tartása mellett. Energiafelhasználás szempontjából lényeges a választott szint helyes meghatározása. Minél magasabb szintet határozunk meg, annál kisebb geodéziai magasság különbséget

kell áthidalnunk a vízmennyiség átemelésekor. Ez gyakorlatilag a hálózati jelleggörbe optimális befolyásolását jelenti, és ezzel összefüggésben a szivattyú egységünknek is kisebb ellenállást kell leküzdeni.

(A rendszer kialakításakor a méréseket nyomásméréssel – az akna alsó részén, vagy ultrahangos szintméréssel biztosítjuk. Lényeges szempont, hogy a rendszerben legyen annyi tartalék, hogy esőzések idején a drasztikusan megemelkedő mennyiséget is továbbítani tudjuk).

4.4.3. Víz tároló töltésnél szintvezérlés határértékeinek módosítása

Tároló töltések esetén gyakori alkalmazási mód a szintvezérlés. Ilyenkor két kapcsolási szint alapján működtetjük a szivattyúkat, többnyire maximális fordulaton. Itt egyéb eszköz beépítése nélkül is tudunk megtakarításokat elérni, ha a kapcsolási szinteken alacsonyabb értékre tudjuk állítani, természetesen nem veszélyeztetve az üzembiztonságot (a fogyasztási csúcsokat is biztosítani kell). Ezzel a megoldással a magasságkülönbséget csökkentjük. Egy korszerű folyamatirányító rendszerben akár napszaktól, évszaktól függően különböző szinteket is tudunk előre beállítani. Amennyiben fordulatszám szabályozást is tudunk alkalmazni, akkor a töltési időtartam növelésével, „széthúzásával” is csökkenthető a szivattyú energiafogyasztása (alacsonyabb fordulaton, alacsonyabb teljesítményfelvétel mellett kevesebb, lassabb vízáram).

4.4.4. Zárt rendszerrel lehetőség szerinti nyomáscsökkentés, nyomáskörzetek felülvizsgálata

Nagyobb ellátási rendszerekben előforduló nyomáskörzeteket is célszerű időszakosan vizsgálat alá vetni. Az állandó nyomásra szabályozott gépegységek igény szerinti állításában is óriási tartalékok lehetnek, tekintve hogy a csökkenő nyomásigény hatványozottan csökkenti a teljesítmény felvételt. Amennyiben egy településen egy épület, vagy épületcsoport miatt kell magasabb nyomástartományban üzemelni, akkor meg kell vizsgálni az adott épület/épületcsoport egyedi nyomásfokozóval történő ellátásának lehetőségét.

4.4.5. Vízvesztés csökkentése

A vízszolgáltató cégek egyik fő értékelő paramétere a szolgáltatási veszteség. Ez a mennyiség a termelt és értékesített vízmennyiség közti különbség. Amennyiben ezeket az elfolyásokat csökkenteni tudjuk, akkor természetesen kevesebb vizet kell kiemelnünk, tisztítanunk, a fogyasztókhöz eljuttatnunk. A veszteségek csökkentésére több megoldási lehetőséget kínál a piac. Léteznek hálózatfigyelő rendszerek, de a hálózat bejárásával, műszeres felülvizsgálatával is felderíthetjük a rejtett elfolyásokat. Bármilyen módszert is alkalmazunk a veszteségek csökkentésére, annak mértékével arányosan energia megtakarítást is elérünk. Továbbá a nyomásviszonyok éjszakai csökkentésével is megtakarításokat érhetünk el. Az alacsonyabb fordulaton alacsonyabb teljesítmény felvételt jelent a gépeknél, a csökkentett hálózati nyomás csökkenti a hálózati szivárgásoknál jelentkező vízvesztést, mely visszahat a gépeink szabályozására is (a szivárgások csökkenésével lassabban csökken a hálózati nyomás a fogyasztási szünetekben, tehát gépeink még alacsonyabb fordulaton dolgozhatnak).

5. KÖVEKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

- A kutatási munkám során új megközelítést alkalmaztam, melynek során a vízmozgatás teljes folyamatát vizsgáltam – a kutakat a tározóig, a technológiai szivattyúkat és a hálózati szivattyúkat. Az üzemelő szivattyúk energiaállapotának felmérését és optimalizálását tekinti fő célkitűzésének – függetlenül a szivattyú típusától. Ennek megfelelően bármilyen szivattyú típusnál és szivattyúzási feladatnál alkalmazható.
- Három hazai víziközmű szolgáltatónál tesztméréseket végeztünk a megtakarítási lehetőségek felmérésére. Az elérhető megtakarítás: 740.000 kWh/év, átlagosan 21%.
- A dombóvári kísérleti alkalmazás során bizonyításra került, hogy a szivattyúk relatív optimum üzemállapoton történő üzemeltetése jelentős megtakarítást eredményez.
- Az energiahatékonyság elérése érdekében a szolgáltatási stratégia megváltoztatása szükséges, a környezetvédelmi szempontok érvényesítése mellett teljes szemléletváltást és jelentős informatikai fejlesztést igényel. Az eredmény egy hatékony, energiatakarékos, kisebb költségű üzemeltetés, ami a rezi csökkentésének is az alapja lehet, összhangban a kormányzati célkitűzésekkel.
- A fent leírt információkból azt a következtetést lehet levonni, hogy a kidolgozott tesztmérési módszer alkalmas a szivattyúk energiahatékonyságának vizsgálatára és a hatékonyság nagy pontosságú számszerű kimutatására. A mérések alapján tervezhető meg az új üzemrend és a megtakarítás mértéke, ami a fejlesztési költségek forrása lehet.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A dán kutatások alapján olyan eljárást dolgoztam ki ahol a víz mozgatása során az energia felhasználás hatékonysága üzem közben nagy pontossággal vizsgálható és [kWh/m³] mérőszámmal kimutatható.
2. A kutatás során alkalmazott vizsgálati módszerrel a tesztmérésekkel lehetséges pontosan felmérni és kimutatni az energia-megtakarítási potenciált. A mérések alapján válik tervezhetővé az elérhető energia megtakarítás valamint az elérhető CO₂ kibocsátás megtakarítás.
3. A minta alkalmazás során szignifikáns megtakarítást értünk el. Az üzemelés első három éve igazolta az előzetes elvárásainkat. 2011 és 2012 évek havi megtakarításai rendre meghaladták a 25 000 kWh-t, esetenként túllépve a 30 000 kWh-t.
4. A gyakorlati alkalmazás elemzése során beigazolódott, hogy energiahatékonyság javítása egy több lépcsőben megvalósítható innovatív tevékenység a víziközmű szolgáltatóknál. Jellemzője, hogy az innovatív szemlélet a folyamat során teljesedik ki, megfelelő eszközök alkalmazásával. A folyamat során a hatékonyság egyre javul. Ennek a folyamatnak a részei:
 - az energiahatékonysági vizsgálatok tervezése,
 - célzott vizsgálatok elvégzése,
 - mintaalkalmazások létesítése egy kijelölt helyszínen a vizsgálatok eredményei alapján,
 - eredmények kiértékelése, új helyszínek bevonása,
 - rendszerben történő optimalizálás,
 - energia hatékonyság integrálása a vízmű felügyeleti rendszerébe.
5. Az alkalmazott módszer eltér a szivattyúk cseréjével történő energia megtakarítástól. Az üzemelő szivattyúk energiaállapotának felmérését és optimalizált szabályozását tekinti fő célkitűzésének - függetlenül a szivattyú típusától. Ennek megfelelően bármilyen szivattyú típusnál és szivattyúzási feladatnál alkalmazható.

7. GYAKORLATBAN ALKALMAZHATÓ EREDMÉNYEK

A mérési eredmények alapján olyan üzemeltetési optimalizálási gyakorlat bevezetésére nyílik lehetőség, amellyel jelentős energia megtakarítás érhető el. Észrevételeink és javaslataink felhasználásával a célkitűzés megvalósítható. Az üzemelés során tapasztalt üzemállapotok, amelyek megszüntetése révén gazdaságos üzemelés érhető el.

Víztermelő kutak esetében:

- Jelentős eltérés lehet egy vízmű telephez tartozó kutak energiahatékonysága között.
- A csökkenő termelés miatt a szivattyút tolózárral szabályozzák.
- A frekvenciaváltókat gyakran lágyindítóként használják.
- Nem használják ki a frekvenciaváltók adta lehetőségeket. Időszakonként kézi beállítással üzemeltetik gyakran nem az optimumon, emiatt nem érnek el megtakarítást és tovább növekednek az üzemelési költségek.

Vízgépházak esetében:

- A csökkent vízfogyasztás miatt túl nagy a beépített szivattyú, túl magas a lekötési díj is. Emiatt a szivattyúcsere merül fel első és gyakran alkalmazott megoldásként, átmenetileg tolózáras szabályozást alkalmaznak.

A „túl nagy szivattyú” lecserélése gyakori megoldás az energiahatékonyság növelésére. A szabályozottan vezérelt nagyobb motorok - a tesztmérések tanúsága szerint - a leggyakrabban jobb energia-hatékonysággal üzemelnek, mint a kisebb motorok. A szélsőséges időjárás miatt szükség lehet arra, hogy növeljük a vízszállítás biztonságát és nagyobb géppel üzemelünk szabályozott módon.

Szennyvíz átemelők esetében:

- Nem jellemző a frekvenciaváltók alkalmazása.
- Elválasztott rendszer ellenére csapadékvíz jut a csatornába- túlméretezés szükséges ezért indokolt a energetikailag szabályozott üzemelés.

A szennyvíz átemelők szabályozott üzemeltetése az energia-megtakarítás mellett további előnyöket is jelenthet:

- Átemelők összehangolásának lehetőségét kiiktatva az ellenhatásokat
- Szennyvíztisztító telep terhelésének kiegyenlítését.

Az energia-megtakarítást eredményező fejlesztések nagy előnye az, hogy a fejlesztés költsége az elért megtakarításokból kifizethető. Felmerül a kérdés mikor tekinthető gazdaságosnak egy ilyen beruházás. Dániai tapasztalatok szerint olyan energia-

megtakarítási fejlesztésbe amelyik 8 év alatt megtérül érdemes belekezdeni. A hazai tapasztalatok azt jelzik, hogy az üzemeltetők nem szívesen kezdenek olyan fejlesztésbe, amelyik 4 – 5 évnél hosszabb időszak alatt térül meg. A fejlesztések finanszírozása lehet mégis a legnagyobb feladat, mert ha már realizálni tudjuk a megtakarítást – a fejlesztés eredményeképpen – a törlesztő részletek és a kamatok kifizetésére fedezetet nyújthat a megtakarítás.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elektromos energia ma már a mindennapi életben egyre inkább előtérbe kerülő erőforrás, mind az ellátottsági szintje, mind környezeti hatása, illetve termelést és komfortot szolgáltató összefüggése szempontjából.

Ma már egyre inkább napi aktualitássá válik a környezet és az energia kapcsolata, és ez a tendencia a lakosság és az ipar ellátását végző vízi közmű szolgáltatók körében is előtérbe kerül. Minden jel arra enged következtetni, hogy az energetika a jelen kor technikai és társadalmi tevékenységét leginkább befolyásoló termelői és szolgáltatási forrás, szoros összefüggésben a környezetvédelemmel és a gazdasággal.

A víziközmű társaságok üzemelési költségeinek jelentős részét képezi a villamos energiafogyasztás. Ennek nagy része, a cégek jellegéből fakadóan, a szivattyúzás során felhasznált energia, így kiemelten kell kezelni az áram beszerzésének és használatának folyamatát.

A gazdaságos szivattyú üzemeltetéshez több lépcsőfokon keresztül juthatunk el. Az első mérföldkő a szivattyú beszerzésnél kezdődik. Új létesítmények beruházásánál van a legkedvezőbb alkalmunk, hogy az igényeinket legjobban kielégítő szivattyút építsünk be. A szivattyúk méretezéséhez a megfelelő szivattyú kiválasztásához ma már könnyen hozzáférhető szoftvereket kínálnak szivattyúgyártó cégek.

A szivattyú kiválasztása után eljutunk a motorhajtások és a szabályozásához. Ma már elérhető áron kaphatók korszerű frekvenciaváltók, melyek segítségével fokozatmentes fordulatszám szabályozás érhető el, mely segítségével állandó nyomást, vízszállítást alakíthatunk ki a rendszerben, mindezt alacsony energiafelhasználással (elsősorban ez utóbbi miatt kerülendő az egyéb szabályozási módok, mint pl. a fojtás, megkerülő vezetékek).

A fordulatszám szabályozás az energiaköltségeken túl a karbantartási költségekre is jótékony hatással van, hiszen védi kutunkat és a hálózati elemeket is a lassú indítás-leállítás segítségével.

A hazai vízellátó rendszereket, a szennyvíz átemelőket korábban nagyobb kapacitásra méretezték, ugyanakkor az elmúlt 25 év jellemzője a vízfogyasztás drasztikus csökkenése és ennek következtében a kapacitások kihasználásának romlása.

A vizsgálat során új megközelítést alkalmaztunk, amely a vízmozgatás teljes folyamatát vizsgálja, a kutakat a tározókig, az ellátási és a tisztítási technológiai,

valamint a hálózati szivattyúkat. A működésük során az energiafelhasználás szempontjából kell elemezni, a szivattyúkat és azok optimális működését meghatározni.

Az értekezés célkitűzése a rendelkezésre álló energiafelhasználási optimalizációs algoritmus adaptálásával alkalmazásával vizsgálatok és mérések végzése a magyar vízi közmű szolgáltatóknál az üzemelés energia hatékonyságának vizsgálata céljából kWh/m³ mérőszámmal jellemezve. A mérések alapján meghatározni a potenciális megtakarítási mértékét: kWh-ban és a hosszú távon a megtakarítható működési költséget, CO₂ kibocsátást.

További célként tűztük ki a vizsgálatok eredményeképpen feltárt potenciális megtakarítás elérhetőségének ellenőrzése egy vízműnél és a vizsgálatok tapasztalatainak értékelését annak érdekében, hogy a további vizsgálatok és hatékonyságát növeljük.

A kutatás során elsőként alkalmaztuk a mobil eszközökkel történő on-line szivattyú teszt vizsgálati módszert Magyarországon. Több száz mérésel és annak kiértékelésével úttörő vizsgálatokat végeztünk három hazai víziközmű szolgáltatónál az energia megtakarítási lehetőségeinek feltárására 2010. márciusában. Az elérhető megtakarítás 740.000 kWh/év, átlagosan 21%-ra adódott. 30 Ft/kWh áramdíjjal számítva 22 200 000 Forintnak felel meg.

Ebben a tanulmányban olyan szivattyú alkalmazás típusok mérését mutatom be melyek jellemzőek vízellátás és a szennyvíz szivattyúzásnál. Részletesen elemezve a mérés módját és a megtakarítási potenciál feltárását. Az egyes mérések jelentős szórást mutattak nem volt ritka a 35 %-os potenciál. A mérések alapján válik tervezhetővé az elérhető energia megtakarítás valamint az elérhető CO₂ kibocsátás megtakarítás.

A feltárt potenciális megtakarítás elérhetőségének ellenőrzésére kísérleti alkalmazást valósítottunk meg egy vízműnél. A gyakorlat igazolta az előzetes mérések pontosságát és a vizsgálati módszer alkalmazhatóságát. A minta alkalmazás során sikerült elérni a tervezett megtakarítást és túlteljesíteni, a Dombóvári vízműben 2011-2012. években meghaladta a havi 30 000 kWh értéket. Három éves időszakban lehetőségünk volt értékelni az alkalmazás gyakorlati tapasztalatait is üzemelés közben. Ezek közül is kiemelem, hogy a szivattyúk energia állapotának on-line megjelenítésének alkalmazásával lehetőség nyílik a hatékonyság közvetlen megfigyelésére, ellenőrzésére, motivációs eszköz lehet a menedzsment részére folyamatos energia hatékonysági beavatkozások megvalósítására.

Az energiahatékonyság javítását egy több lépcsőben megvalósuló innovatív tevékenységgel jellemezhetünk egy víziközmű szolgáltatóknál. A folyamatba be kell

vonni a menedzsmenten kívül a megvalósításban közreműködő üzemvezetőket, villanyszerelőket, karbantartókat, diszpécsereket. A folyamat jellemzője, hogy az innovatív szemlélet a megvalósítás során fokozatosan teljesebbé válik. A folyamat során a hatékonyság egyre javul.

Az eredmény egy hatékony, energiatakarékos, kisebb költségigényű üzemeltetés, ami a jövő rezszi csökkentésének az alapja lehet.

9. SUMMARY

Today, electricity is the energy source that stands apart from every other, in terms of supply cover, environment effect, and capabilities to serve production and comfort.

The link between energy and the environment has become a daily concern, and this is also true for the water utilities that serve households and industry. There is every sign that energy is the resource that most influences production and services in this increasingly technical age, and it is bound up with environmental protection and the economy.

Electricity also accounts for a large proportion of the operating costs of water utilities. Owing to the nature of water supply activities, pumps are the main consumers of electrical power and a considerable attention has to be devoted to the process of purchasing and using electricity.

There are several stages on the way to economical pump operation. The first of these is the choice of pump. Construction of a new facility offers the best opportunity for installing a pump that is most suited to the requirements. Pump manufacturers provide software for the selecting a pump with the right parameters for the required function.

After selecting the pump, we must consider the motor drives and controls. Affordable frequency converters are now available to regulate speed continuously and provide constant pressure or water flow in the system with low energy consumption (contrasting in this respect with such methods of regulation as choking or by-pass pipes).

Speed regulation saves on maintenance as well as energy costs, because soft starting and stopping protects well and network elements.

Hungarian water supply and wastewater systems were originally designed with larger capacity than is now required. Water consumption has decreased drastically over the last 25 years, adversely affecting capacity utilization.

We used a new approach in this study, covering the entire process of water transport from wells to reservoirs, the supply and treatment processes, and network pumps. Operation is analyzed in terms of energy consumption to determine the optimum operation of pumps.

The objective of the project was to determine the energy efficiency, expressed in kWh/m³, of Hungarian water utility systems. The test measurements involved adaptation of available energy consumption optimization algorithms, and were used to determine potential savings in kWh, long-term operating costs and CO₂ emissions.

Further objectives were to assess the extent to which the water utility company could attain the potential savings determined by the tests and to evaluate the test results with a view to improving the effectiveness of further tests.

The research involved the first application in Hungary of an on-line pump test method using portable equipment. In March 2010, we performed several hundred measurements and assessed them in a pioneering study of energy saving potential in Hungarian water utilities. The attainable annual savings totalled 740,000 kWh, an average of 21%. At an electricity price of 30 Ft/kWh, this corresponds to HUF 22,200,000.

This thesis presents measurements on pump types commonly used in water supply and wastewater systems. The measurement methods and potential savings are analyzed in detail. The measurement results showed considerable scatter, but frequently indicated potential savings of 35%. The measurements enable the planning of savings on energy and CO₂ emissions.

To check the attainability of the potential savings determined by the tests, we carried out a pilot application at one water utility. The exercise confirmed the accuracy of the preliminary measurements and the applicability of the test method. The pilot project at Dombóvár Water Works achieved savings of more than 30,000 kWh in 2011–2012, surpassing the predicted level. We had the opportunity of evaluating the application of the method over a three year period. One notable experience of the project was that the direct observation and control facility provided by on-line display of the pumps' energy state could function as a motivational tool for management in implementing continuous energy efficiency measures.

We have identified a multi-stage process of innovative activities through which water utilities can improve energy efficiency. In addition to the senior management, the process must involve the local managers, electricians, maintenance staff and dispatchers. It is essential to the process that the innovative attitude gradually takes hold as it is implemented. Efficiency improves steadily during the process.

The outcome is efficient operation that consumes less energy and incurs lower costs. This could provide a sound basis for future reductions in consumer bills.

10. IRODALOM

- Az Európai Unió Környezetvédelmi Szabályozása (2001): KJK-KERSZÖV, Budapest, p.592.
- Bessenyei T. (2002): Közelítő számítás 1 kWh villamos energia megtermelése, illetve elfogyasztása során kibocsátott CO2 mennyiségre. www.carbonarium.com
- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (2007): Víz tisztítás. jegyzet, p.16.
- Business Monitor International (2013): Hungary-Q4, Registered No: 1763490 England, p.3.
- DANFOSS (2006) Kezelés útmutató VLT 5000 sorozat. Danfoss Kft. pp. 65–70.
- DANFOSS (2009): Okos megtakarítás az automatizálás terén. DANFOSS DD-SMCC, www.danfoss.hu pp. 22–24.
- DANFOSS AQUA DRIVE VLT dokumentáció. www.danfoss.hu pp. 5–15.
- Drexhage, J.– Murphy, D. (2010): Sustainable Development: From Brundtland to Rio 2012. United Nations Headquarters, New York, p.2.
- Dubniczky M. (2013): Dekarbonizációs útiterv, Mérnök Újság XX. évf.,12: 8–10.
- EGELUND, J. (2011): Danish energy-saving campaign targets 25 percent reduction. World Water, January/February: 23–25.
- Európai Parlament és a Tanács 2005/32/EK irányelve (2005): EuP, pp.29–30.
- FLEXIM (2008): ADM6725,_manual_hu.pdf www.flexim.com
- Garai Gy. – Pap G. – Sulák V. (2008): A szennyvíztisztításban rejlő energiatermelési lehetőségek, MAVÍZ szennyvíz-szakmai testület. kézirat p.18.
- Garbai L.– Kovács Z.– Pacza G. (2014): Magyar Épületgépészet, A megújuló energiaforrások bemutatása, lehetősége, helye, fenntarthatósága Magyarországon. 2. rész. 2014/5: 3.
- Gazdasági és Környezeti Minisztérium (2003): Tájékoztató az EU kibocsájtás-kereskedelmi rendszeréről és annak magyarországi bevezetéséről, 2003.november
- Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye: (2013) 2013. évi XXII. törvény a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatalról. <http://net.jogtar.hu/>
- Hemptienne de F. (2010): The EU Blueprint to Safeguard the EU Waters. EWA YEARBOOK 2010/2011, p.15.
- Horváth Z. (2002): Kézikönyv az Európai Unióról. Magyar Országgyűlés, p. 330–337. <http://www.ff3.hu/fejlodes.html>

- Intelligens Vezérlés: Problémamentes Szennyvíz Átemelés, kevesebb Energiafogyasztás (2013): Vízmű Panoráma, MAVÍZ, 2013/4: 21
- Józsa István (2013): Örvényszivattyúk a gyakorlatban, Invest Marketing Bt. pp. 148–179.
- Juhász E. (2008): A csatornázás története. Magyar Víziközmű Szövetség, p. 250.
- Karácsony S. – Mészáros G. (1998): Vízellátás – Vízszerezés. Eötvös József Műszaki Főiskola, gyakorlati útmutató. p. 5–10.
- Kárpáti Á. (2009): Energiahatékonyság a szennyvíztisztításnál, a Magyar Szennyvíztechnikai Szövetség X. Országos Konferencia PPT bemutató.
- Kerekes S. (1998): A környezetgazdaságtan alapjai. Budapest, www.doksi.hu p. 37.
- Léderer Á. (2010): Az Európai Unió Szerepe a Klímakonferenciákon. BGF Külkereskedelmi Kar, jegyzet.p.22.
- Madácsy T. (2012): Energiaáramlatok. Mérnök Újság XIX. évf.8-9:12–13.
- Magyar Z. (2014): Épületeink energiahatékonysága. Mérnök Újság XXI. évf.3:3.
- KSH (2014): Magyarország közigazgatási helynévkönyve. www.ksh.hu
- MAVIZ – Műszaki Bizottság (2010): Szivattyúk energetikai vizsgálata-a szivattyúzás általános áttekintése a víziközmű szolgáltatásban. 2–49.
- Ministry of Foreign Affairs Denmark (2012): The world's water challenges. Focus Denmark, 2012. March, p. 27.
- Nagy J. (2008): A biomassza-hasznosítás lehetőségei és képessége Magyarországon. Kutatás Fejlesztés és Környezet, XXII:/7. 11–14.
- Nagy J.– Góczy I – Sinóros-Szabó B. (2008): Az erőmű-hulladékhő hasznosítás fejlesztési irányai Magyarország keleti háromhatár szegletében. Kutatás Fejlesztés és Környezet, XXII:/7. 5–10.
- Nemzeti Energiastratégia 2030 Összefoglaló (2012): Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, p. 3.
- Nováki B.– Somlyódi L. (2011): Elkészült Magyarország vízgazdálkodásának új stratégiai programja. Vízmű Panoráma, MAVÍZ, 2011/6: 24.
- Öllös G. (2012): Környezetvédelem Új Levédia kiadó. Budapest p. 207–211.
- Rácz Zs. (2012): 1kWh villamos energia = 0,35 kg széndioxid kibocsátás. www.mnnsz.hu
- Rozsnyai G. (2014): „Agyas” városok. Mérnök Újság XXI. évf.,1: 12–14.
- Steffensen, P. (2011): Vesthimmerland Forsyning Stistrup Rensenanlaeg, mellenpumper, Foranalyse. p.5 www.picca.dk

- Szlávik J. (2005): Fenntartható környezet-és erőforrás- gazdálkodás. KJK-KERSZÖV, Budapest, p. 24.
- Szunyog I. (2012): A Villamos erőműi széndioxid – kibocsátás földalatti tárolásának lehetőségei Magyarországon. Műszaki Földtudományi Közlemények, 83 kötet/1sz., pp. 211–220.
- Tomosi K. (2014): Kis és közepes méretű települési szennyvíztisztító telepek fejlesztésének tapasztalatai. Vízmű Panoráma, MAVÍZ, 2014/9: 17.
- World Water Week (2014): Call Abstracts and Proposals. Stockholm International Water Institute, p. 9.
- Xilem Water Solution (2011): Frekvenciaváltók hatása a szennyvízátemelésre, Bácsvíz Zrt, üzemi jelentés. p. 5.
- Zsebik A. (2003): Klímaváltozás – Energiatudatosság – Energiahatékonyság. Energiagazdálkodás 2003/5. 2.

11. PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉK AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR



Nyilvántartási szám: DEENK/128/2015.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Zsabokorszky Ferenc

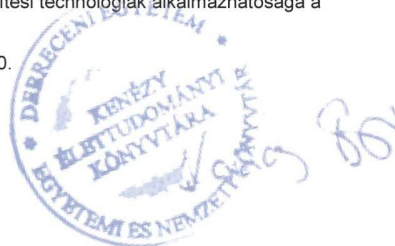
Neptun kód: PNWLE0

Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Növénytermesztési- és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemény(ek) hazai folyóiratban (7)

1. **Zsabokorszky F.:** Az Európai Unió csatlakozásunk hatása a szennyvíztisztításra.
Magy. Ip. Környvéd. Mag. 13 (1-2), 17-19, 2014. ISSN: 1588-3809.
2. **Zsabokorszky F.:** Rezsicsökkentés a víziközmű szolgáltatóknak is.
Magy. Ip. Környvéd. Mag. 12 (1-2), 14-15, 2013. ISSN: 1588-3809.
3. **Zsabokorszky F., Spindelberger W.:** Szennyvíziszap-hasznosítás Ausztriában.
Vízű Panor. 21 (4), 22-23, 2013. ISSN: 1217-7032.
4. **Zsabokorszky F.:** Új energiamegtakarítási innováció a szivattyúzásnál.
Magy. Ip. Környvéd. Mag. 10 (1-2), 24-25, 2011. ISSN: 1588-3809.
5. **Zsabokorszky F., Steffensen P.:** Energia optimalizálás vízművek szivattyúinál.
Környezetvédelem. 17 (6), 28, 2009. ISSN: 1216-8610.
6. **Zsabokorszky F.:** Mi történik a szennyvíziszappal az Európai Unióban.
Környezetvédelem. 16 (5), 7, 2008. ISSN: 1216-8610.
7. **Zsabokorszky F., Nagy G.:** Mobil szennyvíziszap víztelenítési technológiák alkalmazhatósága a nemzeti szennyvízprogram tükrében.
Vízell. Csatornázás. 7, 58-60, 2004. ISSN: 1585-5260.



Cím: 4032 Debrecen, Egyetem tér 1. □ Postacím: 4010 Debrecen, Pf. 39. □ Tel.: (52) 410-443
E-mail: publikaciok@lib.unideb.hu □ Honlap: www.lib.unideb.hu



Idegen nyelvű tudományos közlemény(ek) külföldi folyóiratban (2)

8. Ligetvári, F., **Zsabokorszky, F.**, Kovács, K., Zsirai, I.: Wastewater Treatment and Sludge Utilisation in Hungary.

J. Env. Sc. Eng. 4 (3), 141-147, 2015. ISSN: 1934-8932.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17265/2162-5263/2015.03.005>

9. **Zsabokorszky, F.**: Socio-Political Reception of Sewage Sludge Recycling: The Hungarian Perspective.

J. Res. Sci. Tech. 8 (4), 159-164, 2011. ISSN: 1544-8053.

IF:0.508

Magyar nyelvű konferencia közlemény(ek) (1)

10. Ligetvári F., **Zsabokorszky F.**: Szennyvíztisztítás és iszaphasznosítás.

In: Víz és szennyvízkezelés az iparban [elektronikus dokumentum]. Szerk.: Rodek Nóra,

Soós Ernő Víztechnológiai Kutatóközpont, Nagykanizsa, [6], 2014. ISBN: 9789633960394

Idegen nyelvű konferencia közlemény(ek) (2)

11. **Zsabokorszky, F.**: A future challenge for environmental management: Raising energy efficiency in the water utilities sector.

In: 4th International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies

[elektronikus dokumentum]. Ed.: Ákos Borbély, Óbuda Univ., Budapest, 98-100, [2014].

ISBN: 9786155018930

12. **Zsabokorszky, F.**: Present and Future Sewage Sludge Treatment in Hungary and its Energetic Utilisation.

In: 3rd ICEEE International Scientific Conference on Environmental Engineering [elektronikus

dokumentum]. Ed.: Hosam Bayoumi Hamuda, Óbuda University, Budapest, 245-253, 2012.

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 0,508

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapján szolgáló közleményekre): 0,508

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2015.06.16.

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2015. szeptember 1.

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy **Zsabokorszky Ferenc** doktorjelölt 2014 – 2015 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2015.

.....
a témavezető aláírása

KÖSZÖNETNYIVÁNÍTÁS

Megköszönöm témavezetőmnek **Prof Dr. Sinóros-Szabó Botond** professzor úrnak a dolgozat témájának felkarolását, a kidolgozás során nyújtott előremutató támogatását.

Hálásan köszönöm a Kerpely Kálmán Doktori iskola vezetőjének **Prof Dr. Nagy Jánosnak** és valamennyi munkatársának, akik elősegítették a dolgozatom végleges formájának kialakítását.

Hálámat és nagyrabecsülésemet fejezem ki **Heine Sveistrup Jensen** úrnak Magyarország dániai tiszteletbeli főkonzuljának a dániai kapcsolatok megteremtéséért és folyamatos és áldozatkész fejlesztéséért, valamint az első kísérleti alkalmazás támogatásáért.

Köszönettel tartozom a PICCA A/S vezető mérnökének **Peder Steffensen** úrnak tesztmérések és kiértékelésük során nyújtott fáradhatatlan és önzetlen szakmai támogatásáért.

Különös tekintettel köszönöm **dr. Papp Máriának** a Magyar Víziközmű Szövetség - az első tesztmérések idején hivatalban lévő - főtitkárának hathatós támogatását a víziközmű vállalatok partneri hozzáállásáért és a tesztmérések során nyújtott segítségéért.

Hálásan köszönöm **dr. Szücs Istvánnak** - a Dombóvári Vízmű korábbi ügyvezetőjének - innovatív szellemű közreműködéséért a kísérleti alkalmazás során. Továbbá a vízmű akkori főmérnökének **Kalenics Jánosnak** a próbaüzem és a kiértékelés során nyújtott szakmai támogatásáért és az üzemelés során átadott szakmai tapasztalatiért.

Kifejezetten megköszönöm a víziközmű szolgáltató vállalatok akkori felelős vezetőinek, akik felismerve a téma jelentőségét lehetőséget adtak az első tesztmérések elvégzésére. Így különösen **Wágner Józsefnek** a VASIVÍZ ZRt vezérigazgatójának, **Karászi Gáspárnak** a FEJÉRVÍZ ZRt műszaki vezérigazgató-helyettesének **Medgyesi Pálnak** a Makói Térségi Víziközmű Kft vezérigazgatójának, **Istókovics Zoltánnak** az Érd és Térsége Víziközmű Kft ügyvezetőjének, **Vojtilla Lászlónak** Miskolci Vízmű Rt vezérigazgatójának, **Gaál Zoltánnak** a Paksi Vízmű Kft ügyvezetőjének.