

Kiss Viktor Miklós

Pécsi Tudományegyetem

A jövő energiaellátása, az energiafüggetlenség és a megújuló energiák használata a következő évtizedek egyik legnagyobb feladata. A jelenlegi energiarendszer struktúrájában számtalan változásra lesz szükség amennyiben szeretnénk egy hatékony, ellátásbiztonságot garantáló, környezetkímélő és fenntartható rendszerhez eljutni. Ennek elérésére számos út létezik. Azok a döntéshozók, akik a választási lehetőségek közül rámutatnak a követendő irányra, rendkívül nehéz helyzetben vannak, mivel a terület komplexitása miatt nagyon nehéz teljes képet kapni egy-egy irányról úgy, hogy az a többivel objektív módon összehasonlítható legyen. Jelen tanulmány célja, hogy egy olyan keretrendszert hozzon létre, ami alapján Pécs városa az energiarendszer változásaira adott javaslatokat objektív módon, több paraméter vizsgálatával összehasonlíthatóvá tegye.

Kulcsszavak:

Energiamenedzsment, Pécs, energiarendszer

BEVEZETÉS – DÖNTÉSHOZÁS ÉS ENERGETIKA

Egy emberek tömegeit és jövőbeli generációt érintő döntés megalapozottsága rendkívül fontos. A választási lehetőségek alapos megismerése és következményeik felmérése elengedhetetlen egy döntési szituációban. Ez azonban nem mindig egyszerű feladat. Egy olyan összetett területen, mint az energetika pedig rendkívül nehéz. Számtalan energiaforrás áll rendelkezésünkre, például a hagyományos fosszilis energiahordozók, a nukleáris energia és a megújuló erőforrások. Ezeknek a segítségével egy pillanatonként változó, többretnű energiaigényt kell fedezni számos közbülső állomáson és közvetítő közegen keresztül, úgy, hogy közben nagyszámú belső (energetikai) és külső (jogszabályi) előírásnak feleljen meg.

Az energiafelhasználásunk mértéke és módja radikálisan megváltozott az elmúlt néhány évszázad során. A 19. századig jellemzően az izomerő (emberi és állati), illetve a megújuló energiák (biomassza, vízimalom, szélmalom) domináltak. Az ipari forradalomtól kezdődően ezt a vezető szerepet lassan, de biztosan a fosszilis energiahordozók (főként szén, olaj, illetve később a földgáz) kezdték átvenni olyannyira, hogy világszinten a jelenlegi körülbelül 103,7 PWh évenkénti felhasznált energiának a több, mint 81%-át már ez a három energiahordozó adja (IEA, 2013). Ez a növekedés már helyi szinten is komplex rendszereket hozott létre.

A közelmúltban a világ energiarendszereiben történő kisebb (pl. új kiserőmű bevezetése) és nagyobb (pl. megújuló energiahordozók nagyobb mértékű bevezetése) változásokról a gyors növekedés miatt számtalan döntés született. Azonban nem minden esetben született *valós döntés*. H. Lund definíciója alapján *valós döntés* alatt azt szituációt értjük, amikor két vagy több valós lehetőség közül lehet választani. Ennek az ellentettje a hamis döntés, amikor maga a választás egyfajta illúzió, bármilyen döntés után ugyanazt az eredményt kapjuk (Lund, 2010, 6). Az

energiarendszereknél történő döntések területén számos olyan eset fordult elő az elmúlt évtizedek során, amelyek vagy úgy születtek, hogy a döntéshozók nem tudták, hogy van valós alternatíva, vagy hamis döntést kellett hozniuk. Egy ilyen szituációt jól szemléltető példa a Dán Aalborg városában a 90-es évek során megtörtént eset. Az energiaellátás problémájára egy széntüzelésű erőmű felépítése tűnt az egyetlen megoldásnak, mivel a kivitelező úgy nyilatkozott, hogy amennyiben nem hagyják jóvá a tervet, akkor egy másik régióban fogja ugyanezt az erőművet felépíteni (Lund, 2010, 16). Ebben az esetben hiába volt alternatívája a széntüzelésű erőműnek, a döntési szituációig már nem került el, mivel ott már csak aközött döntöttek, hogy legyen-e széntüzelésű erőmű (és új munkahely) a régióban, vagy ne legyen (nincs új munkahely).

Mint ahogy a fenti példa is mutatja, egy komplex rendszerről nem egyszerű egy valós döntési szituációt megteremteni. Sokszor a lehetőségek azért nem kerülnek a döntéseket meghozó bizottság elé, mivel valamilyen negatív részinformáció alapján nem is dolgozzák ki a megfelelő forgatókönyvet. Ilyen például az az eset, amikor egyes megújuló energiaforrásokat nem is vesznek figyelembe, mert *köztudott, hogy drága*, vagy a nukleáris erőmű építését figyelmen kívül hagyják, mivel *esetleg veszélyes*.

Jelen kutatás célja, hogy az energiamedzsent szintjén valós döntési helyzetet tudjon létrehozni egy keretrendszer megteremtésének a segítségével. Ezt a keretrendszert a város energiarendszerének keresleti, és kínálati oldali elemzésével és modellezésével lehet megteremteni.

A legtöbb esetben nagyon nehéz összegyűjteni minden olyan releváns információt a valós lehetőségekről, ami alapján megalapozott döntést lehet hozni. Akár kisebb (pl. városi szintű) energiarendszerek esetében is számos olyan paraméter van, melyeknek a tételes összehasonlítása elengedhetetlen lenne egy döntés meghozatalánál. Ilyen

paraméterek a befektetési és működési költségek, az energiaellátás biztonsága, a környezetszennyezés mértéke, vagy akár az újonnan létrehozott munkahelyek száma. Amennyiben a fenti listából egy-egy paramétert kiragadva hoznak döntéseket, úgy a teljes kép megismerése nélkül teszik azt. Például amennyiben egy döntést csak az egy megtermelt egységnyi energia előállításának a költsége alapján hoznak, akkor a kiválasztott rendszer könnyen lehet egy földgáztüzelésű erőmű. Amennyiben viszont a teljes rendszert vizsgálják, sokkal árnyaltabb lesz a kép. Ahogy egy energiarendszeren belül növekszik az esetleges változtatások száma, úgy a meghozandó döntés is hatványozottan komplexebb lesz.

Ez a komplexitás abban is megmutatkozik, hogy egy energiarendszerben történő változtatás hatásait úgy lehet csak megfelelően megvizsgálni, ha egészen kicsi (akár órás) időbeli bontásban nézzük meg a működését. Ez azért kiemelkedően fontos, mivel a villamosenergia-rendszerben a keresletet és kínálatot egyensúlyban kell tartani, így fontos, hogy a modell mindig az adott kereslethez igazítsa a kínálatot.

A fenti problémákra nyújt megoldást az energiarendszerek modellezése. A modellezés, mint technika meghatározó jelentőségű a kapacitástervezés és hálózati tervezés területén. Kisebb rendszerektől egészen országos, vagy akár még nagyobb területek modellezéséig számtalan példát találunk.

ENERGIARENDSZEREK MODELLEZÉSÉNEK CSOPORTOSÍTÁSA

Az energiarendszerek modellezésével foglalkozó szakirodalmat alapvetően ketté lehet választani az aggregált értékeken alapuló, sokszor országos vagy nagyobb szintű modellezésre, illetve a kisebb rendszereket elemző területre. Az országos szintű modellezés a 2000-es évek elejétől kezdődően egyre nagyobb ütemben terjed. Jellemzője, hogy a meglévő energiatermelő kapacitásokat nem erőművenként, hanem kategóriánként (pl. földgáztüzelésű erőmű-

vek, napelemek, stb.) aggregált formában használja fel. Hátránya, hogy bár az elemzett terület szintjén megfelelő eredményeket ad, az egyes erőművekre vonatkozó információkat nem adja meg. Előnye, hogy képes energetikai szempontból nagy területeket lefedni, illetve hogy szükség esetén alkalmas a három alapterület (villamos energia, hő, közlekedés) szimultán lefedésére. Az utóbbi években számos modell készült különböző nagyságú energiarendszerek elemzésére. Lund (2006) nagy mennyiségű megújuló energia bevezetését modellezte a villamosenergia-rendszerbe, míg Lund és Mathiesen (2009) a megújuló energiák 100%-os részesedésének lehetőségét vizsgálta Dánia vonatkozásában. A nukleáris energia részesedése csökkentésének hatását vizsgálta Romániában Gota et al (2011). Fernandes és Ferreira (2014) megújuló energiaforrások bevezetését vizsgálta a portugál energiarendszerben. A legújabb általános célú modellek között találjuk Sáfián (2014) Magyarországra vonatkozó, illetve Ma, Østergaard, Lund, Hongxing és Lin Hong Kong-i energiarendszert modellező munkáját (2014). A hasonló módszertannal készült, de kisebb területek modellezésénél ki kell emelni Østergaard, Mathiesen, Möller és Lund tanulmányát (2010), amely a Dániában található Aalborg régió megújuló energiaforrásokkal való ellátását vizsgálta. A szerzők a szomszédos Frederikshavn városában a geotermikus energiaellátás lehetőségét is tanulmányozták (2011). A fentiekén kívül a terület vezető irodalmából többek között a következő cikkek foglalkoznak ezzel a fajta modellezéssel: (Gota et al, 2011), (Ćosić et al, 2012), (Bjelić et al, 2013), (Liu et al, 2011).

A másik terület a kisebb projektek modellezése, amelyek egyes energetikai megoldásokat (pl. új kapcsolt termelésű erőmű, szélerőműpark, stb.) önmagukban vizsgálják. Hátrányuk, hogy jellemzően egy bizonyos erőműre vagy energetikai megoldásra koncentrálnak, így a teljes – mindhárom alapterületet befogadó – energetikai rendszer elemzése elmarad.

Előnye, hogy nagyon pontos adatokat képes biztosítani nyersanyag-felhasználás, károsanyag-kibocsátás, befektetés, működési költségek és bevételek területén. A modellezési módszertan sajátosságait a következő publikációk szemléltetik jól: Østergaard (2012) a különböző energiátároló rendszerek megújuló energia integrációjára való hatásait vizsgálta. Fragaki és Andersen (2008) a kapcsolt termelésű erőművek tárolókapacitásának gazdaságos méretét vizsgálta, később pedig a kapcsolt termelésű erőművek integrációjának az Egyesült Királyság villamosenergia-rendszerére gyakorolt hatásait elemezte (Fragaki és Andersen, 2011). A modellezési területre további megfelelő Lund et al. (2005) Litvániai kutatása.

Jelen tanulmány a két modellezési terület közé pozicionálja magát azáltal, hogy egy olyan modellezési környezetet hoz létre, amely a két modellezési eljárás előnyeit ötvözi. A modellezési környezet alkalmas Pécs energiarendszerének elemzésére villamos energia, hőellátás és közlekedés szempontjából úgy, hogy részletes képet ad az egyes energetikai megoldások főbb jellemzőiről. A rendszer képes kimutatni akár a kisebb változások hatásait is, megközelítőleg pontos képet képes ad egyes erőművek illetve energetikai megoldások óránkénti termeléséről, illetve képes erőmű szinten, és aggregáltan is kimutatni a rendszer nyersanyag-felhasználását, károsanyag-kibocsátását, a szükséges befektetéseket, működési költségeit és bevételeit. Ezáltal a döntéshozók egy objektív skálán hasonlíthatják össze a különböző lehetőségeket az energiarendszerben történő változtatások esetén.

DÖNTÉSI KRITÉRIUMOK

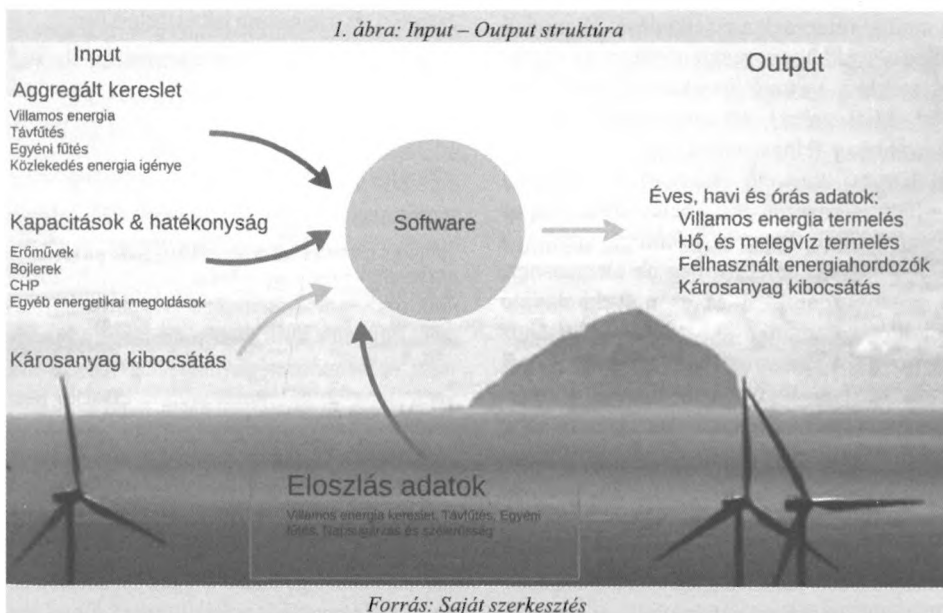
Egy döntést több fajta adatra támaszkodva lehet meghozni. Az energiarendszerek elemzése esetében a következő kritériumok vizsgálata a legáltalánosabb: befektetési és működési költségek (Lund, 2006), (Fernandes és Ferreira, 2014), (Østergaard et al, 2010), (Mathiesen et al, 2011), (Østergaard, 2012), (Bjelić et

al, 2013), (Liu et al, 2011); károsanyag-kibocsátás mértéke (Lund és Mathiesen, 2009), (Gota et al, 2011), (Fernandes és Ferreira, 2014), (Sáfián, 2014), (Mathiesen et al, 2011), (Bjelić et al, 2013), (Liu et al, 2011), (Ćosić et al, 2012); energiabiztonság (Lund, 2006), (Gota et al, 2011), (Lund és Mathiesen, 2009), (Fernandes és Ferreira, 2014), (Sáfián, 2014), (Østergaard et al, 2010), (Mathiesen et al, 2011), (Østergaard, 2012), (Bjelić et al, 2013), (Liu et al, 2011), (Krajačić et al, 2011). A fenti három kategóriához direkt módon kapcsolható a nyersanyag-felhasználás (költség, károsanyag-kibocsátás). A létrehozott modell képes mindegyik kategórián belül részletes elemzést végezni. Segítségével meghatározható aggregált és dezaggregált szinten a költségstruktúra, minden egyes energetikai megoldás károsanyag-kibocsátása, illetve a külső forrásból származó energiahordozók részarányának meghatározása segítségével az energia-biztonság mértéke.

FELHASZNÁLT SZOFTVER - ENERGYPRO

Az EnergyPro egy dán fejlesztésű, a világ élvonalába tartozó szoftvercsomag,

amely az energiarendszerek tervezésére szakosodott. Determinisztikus modelleket elemző megoldás, amely elsősorban az energia megfelelő allokációjára koncentrál. Tetszőleges időintervallumok vizsgálatára is alkalmas, tehát igény esetén akár másodperces pontossággal vizsgálhatjuk egy energiarendszer működését. Ez a részletezettség a villamosenergia-rendszerek vizsgálatán kívül nem indokolt. A szoftver óras bontásban tudja szolgáltatni a külső körülmények (hőmérséklet, napsugárzás, szélérősség, páratartalom) alakulását különböző adatbázisokhoz való hozzáféréssel (EnergyPro, 2014). Egyedileg konfigurált erőművek beépítésére is alkalmas. Tetszőleges energiaforrásból állíthatunk elő villamos energiát, illetve hőt. A szoftver a bevitt keresleti adatok, környezeti körülmények és termelőkapacitások ismeretében egy, a felhasználó által meghatározható prioritás rendszer – például először a rendelkezésre álló megújuló energiaforrásokat használja fel – figyelembevételével termelési tervet dolgoz ki. Ezen kívül az adott termelési tervhez kapcsolódó költségeket és a környezeti terhelést is meghatározza. Az energyPRO ügyel a villamosenergia-rend-



szerben a kereslet és kínálat egyensúlyának megtartására, ami rendkívüli fontosságú bármely energiarendszer esetén.

A konkrét modellezési folyamathoz a keresleti oldalon a villamosenergia- és a hőigény szimulációjához a szakirodalom által is általánosan használt 8760 (éves elemzés – egy óras felbontás) adatpont szükséges. A csúcsterhelések vizsgálata a modellezés alapvető feladata, mivel meghatározza, hogy az adott termelési struktúra megfelelően ki tudja-e elégíteni a jelentkező igényeket kiemelkedő kereslet esetén. A modellezéshez szükséges információnál a legfontosabb adatsorok a hőmérséklet, napsugárzás és a szélerősség értékei. Ezek erőssége és előrejelezhetősége alapvetően meghatározhatják a megújuló energiákat felhasználó erőművek termelését, hatékonyságát, és megtérülésének idejét.

PÉCS VÁROS ENERGIARENDSZERÉNEK MODELLEZÉSE

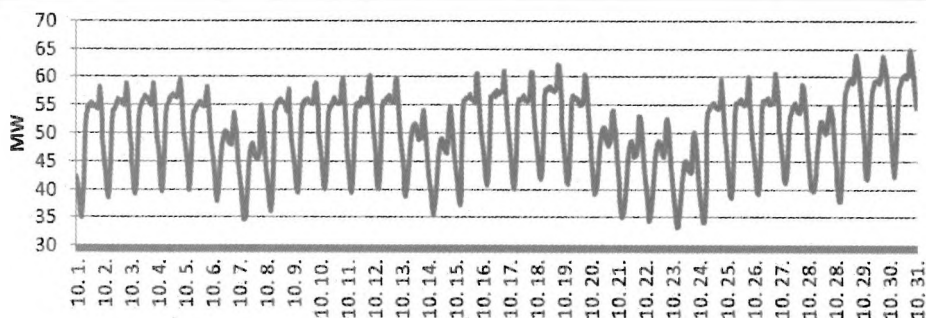
A konkrét modellezési folyamat a korábban meghatározott célt tartja szem előtt, azaz, hogy egy olyan keretrendszert hozzon létre, amely képes nem csak kategóriánként, hanem egyes erőművek szintjén kimutatni a modell részeinek a viselkedését. A modell képes arra, hogy meghatározza az egyes elemekhez tartozó befektetési, működési költségeket, környezeti-terhelést, és üzemanyag felhasználást úgy, hogy lefedje a három alapvető energetikai területet (villamos energia, hő, közlekedés). Fontos megjegyezni, hogy a jelenlegi munka a keretrendszert teremti meg az elemzéshez, a pontos adatokkal és erőművekkel való feltöltés a munka következő fázisához tartozik. A keretrendszer modellezésénél Pécs Megyei Jogú Város Energiastratégiájának (2013) (ezentúl Energiastratégia) adatait használtuk fel. Az elemzés nem sziget alapú, tehát az energiarendszer tud „kommunikálni” az elemzés területén kívül eső területekkel. Ez kiemelkedően fontos a villamosenergia-rendszer megfelelő üzemeltetésénél.

A továbbiakban bemutatjuk a saját kutatáson alapuló keresletoldali elemzést, illetve a kínálati oldalon való létrehozott struktúrát, ami tartalmazza Pécs városának a jelenlegi energiatermelési rendszerét a villamos energia, a fűtés és a háztartási meleg víz, illetve a közlekedés vonatkozásában. Első lépésben a villamos energia és hőigény óras felbontását határozzuk meg a jelenlegi modellezési feladatnak megfelelő szinten (kereslet oldali elemzés), majd az erőműrendszert és egyéni energetikai megoldásokat építjük fel (kínálat oldali elemzés). Ez azért fontos, mivel a pontos elemzéshez legalább óras bontásban kell vizsgálni az energiarendszert.

KERESLETI OLDALI ELEMZÉS
Villamos energia terhelési görbéje
Pécs lehetséges energiarendszerének modellezésénél a villamosenergia-rendszer terhelésének megfelelő óras adataira van szükség. Az országos hálózat

„A modell képes arra, hogy meghatározza az egyes elemekhez tartozó befektetési, működtetési költségeket, környezeti-terhelést, és üzemanyag felhasználást úgy, hogy lefedje a három alapvető energetikai területet (villamos energia, hő, közlekedés). Fontos megjegyezni, hogy a jelenlegi munka a keretrendszert teremti meg az elemzéshez, a pontos adatokkal és erőművekkel való feltöltés a munka következő fázisához tartozik. A keretrendszer modellezésénél Pécs Megyei Jogú Város Energiastratégiájának (2013) (ezentúl Energiastratégia) adatait használtuk fel. Az elemzés nem sziget alapú, tehát az energiarendszer tud „kommunikálni” az elemzés területén kívül eső területekkel. Ez kiemelkedően fontos a villamosenergia-rendszer megfelelő üzemeltetésénél.”

2. ábra: Villamosenergia-terhelés



2012. Október 1.- 31.

Forrás: Saját szerkesztés

terhelési adatai elérhetőek a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság (MAVIR ZRt.) honlapján (MAVIR, 2013). Az aggregált terhelést elméletileg szét lehet osztani ipari, és nem-ipari (háztartás, közfelhasználás) felhasználókra. Miután a pontos, Pécsre vonatkozó terhelési görbe nem állt rendelkezésre, ezért a modell az országos terhelési adatok leszűkítésével dolgozik, ami párhuzamos az országos terhelési görbével. Ez 2012 október hónapja során a következőképpen alakult (2. ábra).

Jól kivehetőek a hétvégeken, illetve a hónap végi négynapos ünnep esetén fellépő kereslet-visszaesések.

Hőigény terhelési görbéje

Pécs városának hőigényét több csoportra kell osztani, a felhasznált technológia szerint. A figyelembe vett kategóriák a távfűtés, egyéni gázfűtés illetve a fával való fűtés. Az adatokat a Pécsi Energiastratégia szolgáltatta. A csoportonkénti aggregált igényt a Pécsi Energiastratégia tartalmazza. Az aggregált hőigény felosztása az év minden (8760) órájára komplex feladat. Erre pontos adatok vagy nem léteznek, vagy nem állnak rendelkezésre. A modell fejlesztése során kidolgozott módszertan segítségével történt a hő felhasználásának relatív súlyokból álló adatsorának a kiszámítása: Feltételezve, hogy a fűtést egy adott hőmérsékletnél kapcsolják be (bekapcsolási pont)

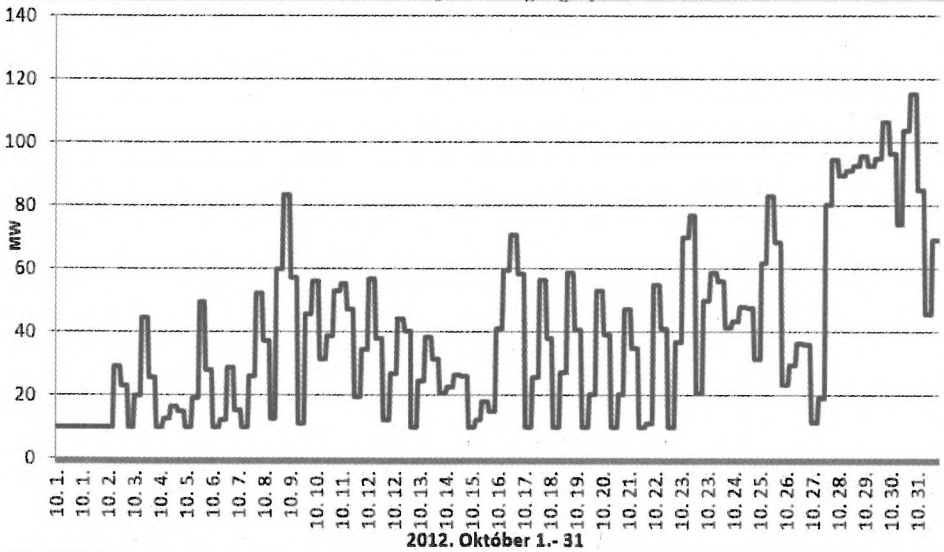
és egy adott pontig (felfűtési pont) fűtik, a valós külső hőmérsékletadatok és a felfűtési pont közötti különbség segítségével minden 8760 óra egy relatív fűtési igényt kalkulálhatunk. A bekapcsolási pontnál magasabb külső hőmérsékletnél az adott adatpont nem kap értéket. Feltételezzük, hogy a nyári hónapok alatt akkor sem igényelnek az épületek fűtést, ha a hőmérséklet alapján indokolt lenne. Mivel a fűtésszabályozási rendszerek nem alkalmazkodnak minden pillanatban az adott külső hőmérséklethez, a modell a relatív fűtési igények 6 óránként számolt átlagával kalkulál, illetve a használati meleg víz hányadát 20%-ban határozza meg.¹ Az aggregált relatív fűtési igény segítségével mind a 8760 adatponthoz hozzáadja a konstansnak feltételezett használati meleg víz használat értékét. Az így kapott adatsor normalizálása után az aggregált hőigénnyel való beszorzás a modellezésben használt terhelési görbét adja. Ez a módszer alkalmazható a hőigény bármely alrendszere esetén. A kidolgozott módszertan validálása valós adatokkal történt.

A távfűtés terhelési görbéje 2012 október hónapjára a 3. ábrán látható.

Közlekedés energiaigénye

A megalkotott keretrendszer képes arra, hogy megkülönböztesse a benzinnel, illetve gázolajjal működő személyautókat, kis-, közepes-, és nagyméretű teherautókat, illetve a tömegközlekedésben használt

3. ábra: Távfűtés energiaigénye



Forrás: Saját szerkesztés

járműveket. Ebben az alrendszerben nincs szükség az óránkénti energiaigény pontos meghatározására, mivel nem áll közvetlen kapcsolatban a villamosenergia-rendszerrel. Elektromos járművek azonban beépíthetők a rendszerbe, de ezek, mint villamosenergia-fogyasztók jelennek meg az „A” alrendszerben.

KÍNÁLATI OLDALI ELEMZÉS

A keresleti oldal (villamosenergia-igény, hőigény, közlekedés energiaigénye) elemzése után a termelési kapacitások vizsgálata következik (kínálati oldal). Ehhez az elemzéshez az Energiastratégia által szolgáltatott adatoknak megfelelően Pécs városát öt alrendszerre bontottuk, amelyek tartalmazzák a kínálati oldalon lévő kapacitásokat, és a hozzájuk tartozó keresletet.

„A” alrendszer

Az „A” alrendszer Pécs erőművének, a Pannon Power erőműnek a blokkjait, illetve a teljes helyi villamosenergia-igényt tartalmazza. Itt a modellezésnél a meglévő

termelési kapacitás mellett beépítésre került egy geotermikus fűtőerőmű, egy – a külső villamos energia felhasználását

jelképező – „import” erőmű. A hőigényt potenciálisan három Pannon erőmű blokk, illetve egy geotermikus erőmű látja el, miközben a villamosenergia-igény egy része kielégíthető a Pannon erőmű blokkjai segítségével. A szoftver közreműködésével a termelési struktúrát akár a hőigényhez, akár a villamosenergia-igényhez is igazíthatjuk.

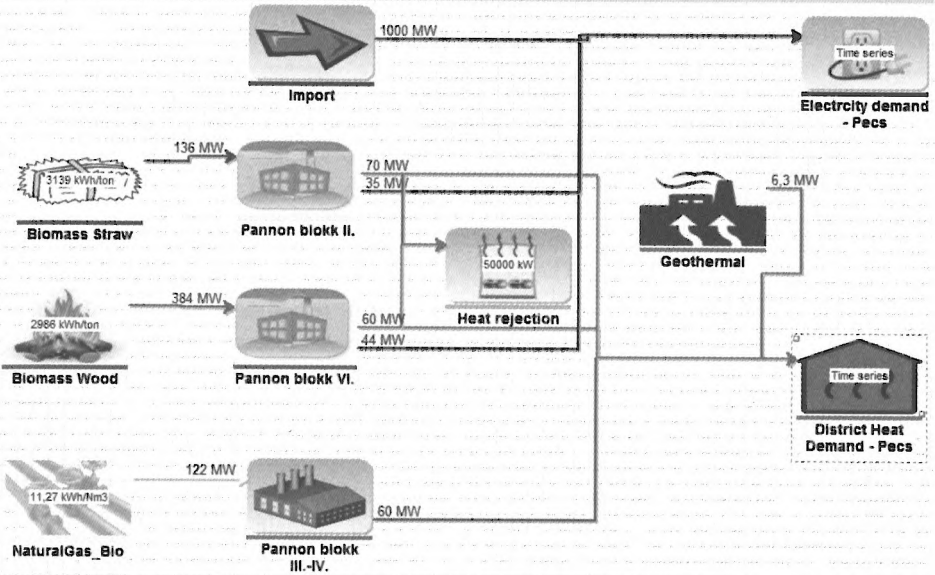
„B” alrendszer

A „B” alrendszer egy biogázüzemet, egy már elkezdett, a jövőben megvalósuló fűtőerőművet modellez. A üzem két részre bontható. Az első része kukoricából, depóniából és szennyvíziszapból állít elő biogázt, amiből a második fázisban CNG (compressed natural gas), és földgáz állítható elő. Az előbbivel tömegközlekedési eszközöket lehet üzemeltetni, az utóbbival a földgáz felhasználásával való egyedi fűtésű épületek külső földgázigényét lehet csökkenteni.

„C” alrendszer

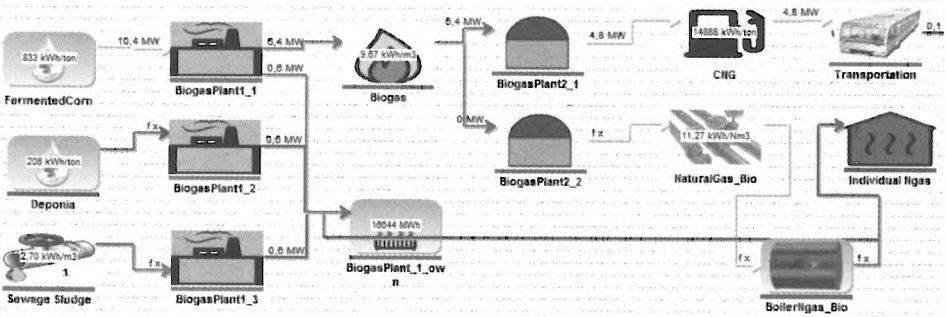
A „C” alrendszer a földgáz alapú egyéni fűtést használó épületek hőigényét modellezi. A 2020-ra tervezett modellben

4. ábra: „A” alrendszer



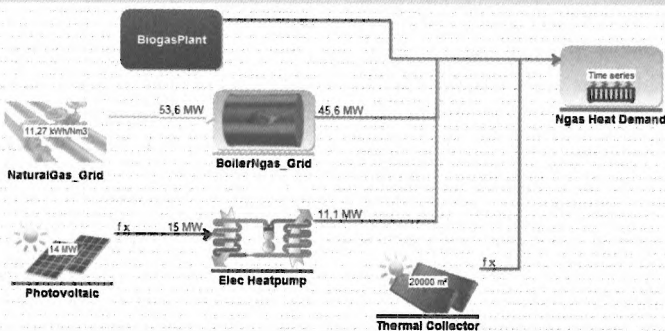
Forrás: Saját szerkesztés

5. ábra: „B” alrendszer



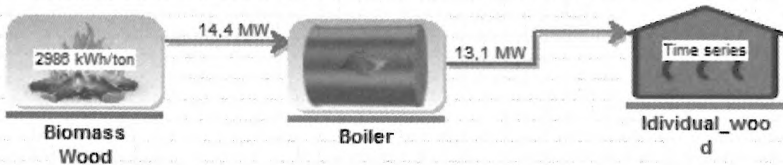
Forrás: Saját szerkesztés

6. ábra: „C” alrendszer



Forrás: Saját szerkesztés

7. ábra: „D” alrendszer



Forrás: Saját szerkesztés

az épületek bizonyos százalékára napkollektorok kerültek, illetve napelemek segítségével is működő hőszivattyúk is hozzájárulnak a hőigény kielégítéséhez. Ez csökkenti a földgáz iránti keresletet, és a környezeti terhelést. A „C” alrendszer termelési struktúrájának vizsgálatakor láthatjuk, hogy az új megoldások enyhítik a külső forrásból érkező földgázra való ráutaltságot. Ennek mértéke a technológiai megoldások függvényében változhat.

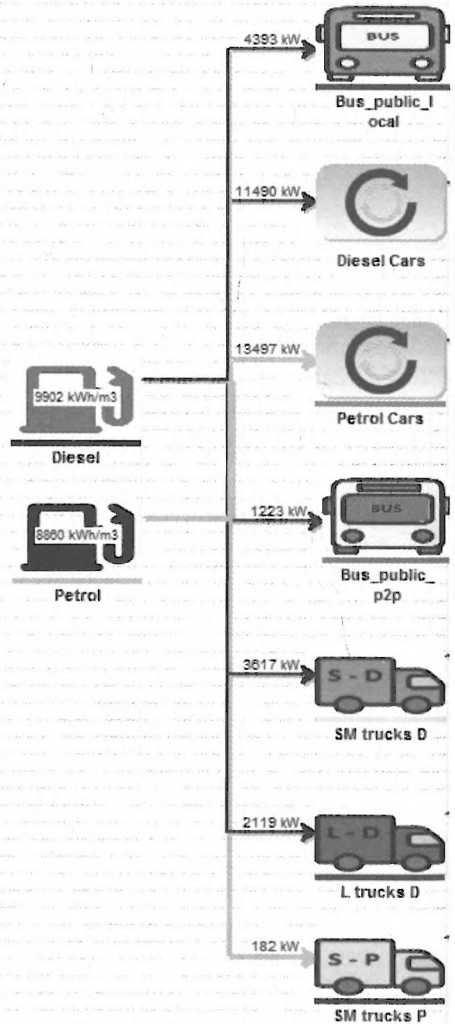
„D” alrendszer

A „D” alrendszer teszi teljessé a kidolgozott lehetséges jövőbeli pécsi energiarendszert, amely a fatüzelésű megoldásokat alkalmazó épületek hőigényét vizsgálja. Termelési struktúrája követi a hőigényt, nincsen szükség esetleges eltérésekre.

„E” alrendszer

Az „E” alrendszer a közlekedés energiaigényét foglalja magába. Bár ez az alrendszer látszólag függetlenül működik a többitől, a „C” alrendszerben vázolt biogáz üzemen keresztül szervesen kapcsolódik a teljes rendszerhez. Ebben az alrendszerben a két energiaforrás a benzin és a gázolaj, míg a kereslet járműkategóriánként megoszlik abból a célból, hogy könnyebb legyen az esetleges változtatásokat integrálni a rendszerbe. Ezzel a módszerrel az olyan elképzelések, mint például a lakosok tömegközlekedés felé való terelése, vagy akár egy teherautós stop a belvárosban belül könnyen modellezhetővé válik.

8. ábra: „E” alrendszer



Forrás: Saját szerkesztés

ELEMZÉS

A fenti keretrendszer adatokkal való feltöltése után a rendszer képes arra, hogy apró változtatásoktól kezdve egészen a teljes energiasztratégiáig bármekkora változást vizsgáljon. A modell órás bontásban lefuttatja a vizsgált időszakot, úgy hogy minden egyes intervallumnál egy tetszőlegesen megadott prioritás szerint a termelő kapacitások outputjait hozzárendeli a kereslethez. A betáplált adatsorok segítségével képes a napsütés, illetve a szél erősség alapján a megújuló energiákat hasznosító megoldások pontos modellezésére. Mindeközben összegzi az adott órai termelés környezeti terhelését és operatív költségeit. A modell futtatása után létrehozhatunk egy olyan eredménylistát, amely összehasonlítható egy másik elképzelés alapján betáplált adatok utáni futtatás eredményeivel. Így a döntéshozók a korábban felsorolt kategóriákban kapnak minden egyes futtatáshoz egy eredménylistát, ami alapján a választás megalapozottabb lehet.

ÖSSZEGZÉS

A tanulmány bemutatta az energiarendszerekre vonatkozó döntéshozási folyamat egyes jellemzőit, és kidolgozott egy olyan általános modellezési környezetet, amelynek segítségével a jövőben a pécsi energiarendszerben történő változásokra tett javaslatok objektív módon összehasonlíthatók befektetési-, és operatív költségek, megtérülési idők, nyersanyag-felhasználás és környezeti terhelés szempontjából. Ezen kívül bemutatásra került a fenti rendszer kialakításához szükséges eloszlásadatok (villamos energia, hő) létrehozásának módszertana, illetve az energiarendszer kínálati oldalán lévő erőművek és energetikai megoldások megfelelő csoportosítása. A kutatási irány következő célja, hogy Pécs Energiasztratégiáját teljes egészében beépítse a keretrendszerbe, ezáltal objektív képet biztosítva a döntéshozók számára.

A keretrendszer segítségével gyakorlatilag bármely energetikai javaslat könnyen és gyorsan megvizsgálható, és

objektív módon összehasonlítható más javaslatokkal. Ez lehetővé teszi, hogy a városi energiamedzszment területén valós döntési szituációkat teremtsünk.

JEGYZET

1 A távfűtőrendszer kiadott hőjének tartamgörbéjéből becsült érték, tetszés szerint változtatható.

HIVATKOZÁSOK

- Bjelić, IB., Rajaković N., Čosić B. and Duić N. (2013), „Increasing Wind Power Penetration into the Existing Serbian Energy System.” *Energy* 57, 30-37.
- Brouwer, AS., Van Den Broek M., Seebregts A. and Faaij A. (2014) „Impacts of Large-scale Intermittent Renewable Energy Sources on Electricity Systems, and How These Can Be Modeled.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 33, 443-66.
- Cosić, B., Krajačić G. and Duić N. (2012), „A 100% Renewable Energy System in the Year 2050, The Case of Macedonia.” *Energy* 48 1, 80-87.
- Cosić, B., Markovska N., Krajačić G., Taseska V. and Duić N. (2012), „Environmental and Economic Aspects of Higher RES Penetration into Macedonian Power System.” *Applied Thermal Engineering* 43, 158-62.
- EMD International A/S. EnergyPRO Software – „Product description”. Aalborg, Denmark. 2014. <http://www.emd.dk/energyPRO/frontpage> [Hozzáférés időpontja: 13.02.14]
- Energiasztratégia, Kék Gazdaság Konzorcium (2013), „Megyei Jogú Város Energiasztratégiája” http://peccsivarosfejlesztes.hu/userfiles/dokumentumok/Energia_strategia_1_szakas.pdf [Hozzáférés időpontja: 13.11.03]
- EnergyPRO, (2014) „How to guide - Getting climate data from energyPRO online server” – Web, <http://www.emd.dk/files/energyPRO/HowToGuides/Getting%20climate%20data%20from%20energyPRO%20online%20server.pdf> [Hozzáférés időpontja, 13.11.12]
- Fernandes, L. and Ferreira P. (2014), „Renewable energy scenarios in the Portuguese electricity system.” *Energy* 69 5, 51-57
- Fragaki, A., Andersen, AN. and Toke D. (2008) „Exploration of Economical Sizing of Gas Engine and Thermal Store for Combined Heat and Power Plants in the UK.” *Energy* 33 11, 1659-670.
- Fragaki, A. and Andersen AN. (2011), „Conditions for Aggregation of CHP Plants in the UK Electricity Market and Exploration of Plant Size.” *Applied Energy* 88 11, 3930-940.
- Gota, DÍ, Lund, H. and Miclea, L. (2011), „A Romanian Energy System Model and a Nuclear Reduction Strategy.” *Energy* 36 11, 6413-419.

- IEA, International Energy Agency, (2011), „Energy balance. Hungary” <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?country=HUNGARY=&product=balances&year>Select> [Hozzáférés időpontja 13.04.12]
- IEA, International Energy Agency. (2013), „Key World Energy Statistics 2013” <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013.pdf> [Hozzáférés időpontja: 13.04.19]
- Krajačić, G., Duić N., Zmijarević Z., Mathiesen BV., Vučinić AA. and Carvalho M. (2011), „Planning for a 100% Independent Energy System Based on Smart Energy Storage for Integration of Renewables and CO2 Emissions Reduction.” *Applied Thermal Engineering* **31** 13, 2073-083.
- Liu, W., Lund H. and Mathiesen BV. (2011), „Large-scale Integration of Wind Power into the Existing Chinese Energy System.” *Energy* **36** 8, 4753-760
- Lund, H. (2006), „Large-scale Integration of Optimal Combinations of PV, Wind and Wave Power into the Electricity Supply.” *Renewable Energy* **31** 4, 503-15
- Lund, H. (2010), *Renewable Energy Systems, The Choice and Modeling of 100% Renewable Solutions*, Burlington: MA, Academic
- Lund, H., Mathiesen BV. (2009), „Energy System Analysis of 100% Renewable Energy Systems—The Case of Denmark in Years 2030 and 2050.” *Energy* **34** 5, 524-31.
- Lund, H., Šiupšinskas G. and Matinaitis V. (2005), „Implementation Strategy for Small CHP-plants in a Competitive Market, The Case of Lithuania.” *Applied Energy* **82** 3, 214-27
- Ma, T., Østergaard PA., Lund H., Yang H. and Liu L. (2014), „An energy system model for Hong Kong.” *Energy* **68** 4, 367-78
- Mathiesen, BV., Lund H. and Karlsson K. (2011), „100% Renewable Energy Systems, Climate Mitigation and Economic Growth.” *Applied Energy* **88** 2, 488-501.
- MAVIR, (2013) Hungarian Transmission system operator. System load data [internet]. Available at: <http://www.mavir.hu/web/mavir/rendszerterheles> [Hozzáférés időpontja 13.05.13]
- Østergaard, PA. (2012), „Comparing Electricity, Heat and Biogas Storages’ Impacts on Renewable Energy Integration.” *Energy* **37** 1, 255-62
- Østergaard PA. and Lund, H. (2011) „A Renewable Energy System in Frederikshavn Using Low-temperature Geothermal Energy for District Heating.” *Applied Energy* **88** 2, 479-87
- Østergaard PA., Mathiesen BV., Möller B. and Lund, H. (2010), „A Renewable Energy Scenario for Aalborg Municipality Based on Low-temperature Geothermal Heat, Wind Power and Biomass.” *Energy* **35** 12, 4892-901
- Sáfian, F. (2014), „Modelling the Hungarian energy system – The first step towards sustainable energy planning.” *Energy*. **69** 5, 58-66

Kiss Viktor Miklós, tanársegéd

kissv@ktk.pte.hu

Pécsi Tudományegyetem,

Közgazdaságtudományi Kar,
Gazdaság-módszertani Intézet