



Harmathy Norbert – Szalay Zsuzsa

Fenntartható energetika

„BME a fenntarthatóságért” – konferenciabeszámoló

A tudomány hónapjában, 2022. november 25-én rendezték meg a „BME a fenntarthatóságért” című konferenciát, amelyen több mint 50 előadás foglalkozott a fenntarthatóság tudományos kérdéseivel.

A konferencia, a szekcióbeosztás alapján, az alábbi témaköröket érintette:

- hulladék, műanyagok, biodiverzitás és újrahasznosítás,
- a fenntarthatóság társadalmi és gazdasági vonatkozásai,
- fenntartható energetika,
- településfenntarthatóság és élelmiszerek fenntartható előállítása,
- karbonkibocsátás, globális felmelegedés, lég-, talaj- és vízszennyezés.

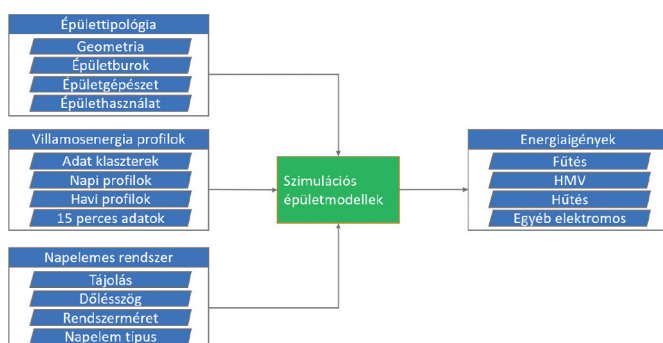
A Műegyetem értékrendjében fontos szerepet játszik az élhető jövő megteremtése és ökoszisztémánk megőrzése. A BME elkötelezett a környezetvédelemben, a klímacélok teljesítésében és az energiatakarékosságban; a témákhoz kapcsolatos programok már megindultak az Egyetemen. Mivel a fenntarthatóság kérdéseinek stratégiai megválaszolásához tudományos kompetenciákra van szükség, a BME a tudásvagyonával és sokrétű kutatási-fejlesztési eredményeivel is szeretne ezekhez a válaszokhoz hozzájárulni, illetve a fenntarthatóság kutatásának aktív részese lenni.

A **Fenntartható energetika** szekció fő témaköréi az energiahatékonyság, zöld energiatermelés, atomenergia, fenntarthatóság és környezettudatos építőanyagok tématerületeit érintették. Az alábbi kutatásokat mutatták be:

Horváth Miklós (Gépészmérnöki Kar, Épületgépészeti és Gépészeti Eljárástechnika Tanszék) kutatási témája az „Épületekre telepített napelemes rendszerek termelésének helybeni felhasználásának maximalizálása épületgépészeti rendszerek segítségével” címet viseli.

Az előadás végigvette, hogy a lakóépületekre telepített napelemes rendszerek esetében az épületgépészeti rendszerek segítségével

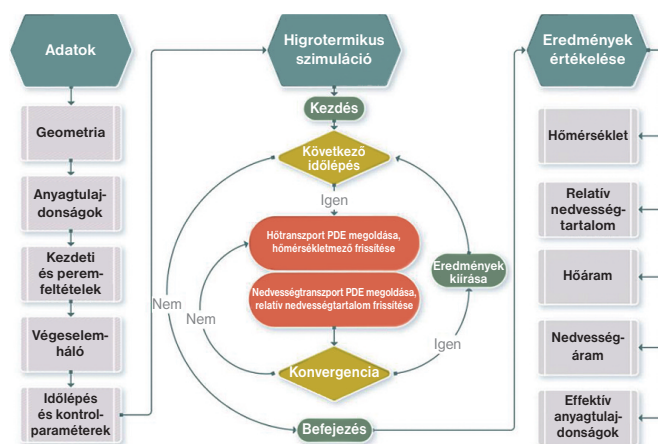
1. ábra. Napelemes rendszerek és épületek modellezésének bemenő adatai és eredményei



gével milyen mértékben növelhető a termelt villamos energia helybeni felhasználása, amelynek a paramétereit és folyamatát az **1. ábra** szemlélteti.

A napelemes rendszerek modellezésében két fontos paraméter vetődik fel a napelemek karakterisztikáján kívül. Az egyik a napelemes rendszer mérete, a másik a napelemes rendszer tájolása. Az ismertetett vizsgálatok során csak a napelemes rendszerek szempontjából releváns tájolásokat tanulmányozták; ezek praktikusán a kelet–nyugat közötti tájolásokat jelentik.

Nagy Balázs (Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék) témája az „Épületszerkezetek higrotermikus modellezésén alapuló energetikai és állagvédelmi értékelése” volt. A higrotermikus modellezés során nem csupán az anyagok, épületelemek és épületszerkezetek hőtechnikai viselkedését tudjuk figyelembe venni konstans anyagtulajdonságokkal és peremfeltételekkel, hanem a valóságot jobban közelítő, kapcsolt hő- és nedvességtanszport modellezésén alapuló, az anyagtulajdonságokat és peremfeltételeket dinamikusan változtatni képes idő- és környeztfüggő szimulációkat is létre tudunk hozni (**2. ábra**).



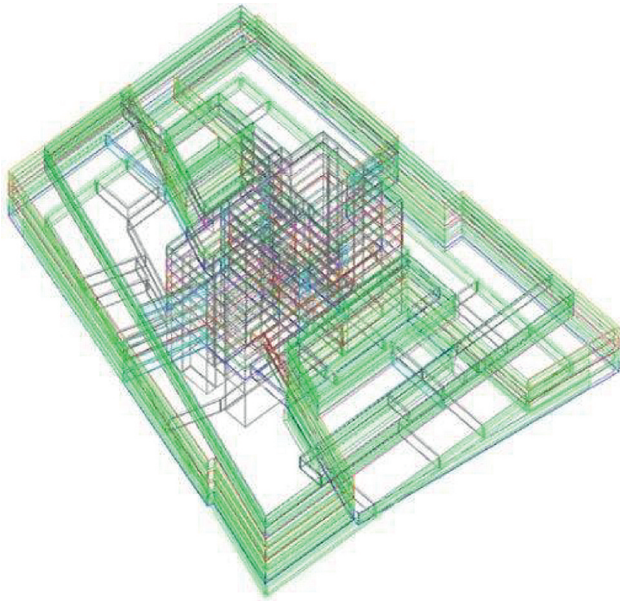
2. ábra. Számítási folyamat

A higrotermikus szimulációk alkalmazása az épületelemeink tervezése, épületszerkezeink vizsgálata, valamint épületeink energetikai számításai során olyan lehetőséget nyújt, amelynek segítségével az energiaigények pontosabban becsülhetők, valamint épületeink élettartama a tervezés során pontosabban modellezhető, elkerülve az állagvédelmi problémákat.

Harmathy Norbert (Építészmérnöki Kar, Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék) kutatási témája: „Okos technológiákkal és fenntarthatósággal az energiafüggetlenség és dekarbonizációs célok felé”. Az előadó egy újonnan megépült irodaházon mutat be a technológiák alkalmazását. A biztonságos energiaellátás



és energiafüggetlenség kiemelkedően jelentős szerepet kapott az Európai Unióban. Magyarországon jelenleg a közel nulla energiatartóssági követelményszint van hatályban. Az biztonságos energiaellátás a hatékony és irányított energiaellátásra épül, amelynek az alapja az energiaigények csökkentése és az épületek tudatos üzemeltetése. A kutatás elősegíti a digitalizáció bevezetését az épületüzemeltetésbe és az energiaellátó hálózat tudatos irányításába. A kutatás egy irodaház (3. ábra) két éves tervezési és kivitelezési folyamatát követi le, ahol az intelligens technológiák alkalmazása és a LEED zöld épületminősítés megszerzése beruházói döntés volt.



3. ábra. Energetikai modell, a WING Zrt. megvalósult beruházása

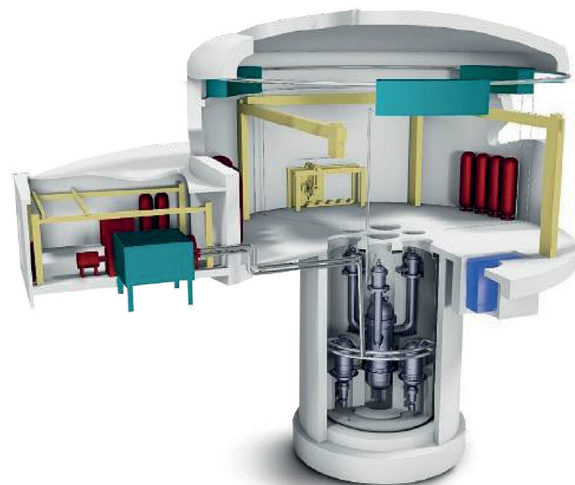
Az eredmény egy korszerű, zöld irodaház-komplexum megvalósítása, amely az intelligens épületmegoldások alkalmazásával magas szintű energiatartóssági megoldásokat eredményezett (4. ábra).

Energia	ASHRAE Benchmark			Tervezett			Megtakarítás	
	Energia-fogyasztás (kWh)	Primer energia (kWh)	Költség (\$)	Energia-fogyasztás (kWh)	Primer energia (kWh)	Költség (\$)	Energia-fogyasztás	Költség
Elektromos	5839	14 597	537 225	4823	12 057	443 722	17,4%	17,4%
Távhő	2883	3632	161 464	217	273	12 192	92,4%	92,4%
Összesen	8722	18 229	698 689	5040	12 330	455 914	42,2%	34,7%

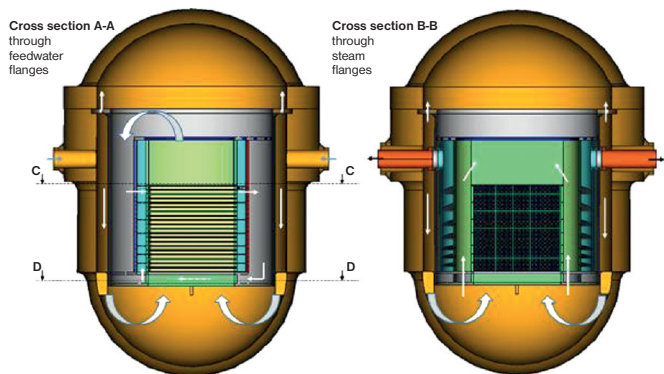
4. ábra. Éves energia- és költségmegtakarítás a bemutatott irodaházban

Orosz Gergely Imre (Természettudományi Kar, Nukleáris Technikai Intézet) előadása a „Nukleáris Technikai Intézetben zajló IV. generációs atomerőmű-kutatások a fenntarthatóság jegyében” címet viselte. Az urán a legnagyobb fajlagos fűtőértékkel rendelkező elem, de a Földön található készletek nem kifogyhatatlanok, ezért a jelenlegi nyílt üzemanyagláncot zárni kell, és ezzel fenntarthatóvá kell tenni a hosszú távú üzemanyag-ellátást. Az üzemanyag-ciklus zárásához új, innovatív reaktortípusokra van szükség. Ezeket a reaktortípusokat soroljuk a IV. generációs reaktorok közé.

A Nukleáris Technikai intézet jelenleg intenzíven részt vesz az ALLEGRO gázhűtésű reaktor (5. ábra) és az ECC-SMART projekt keretében az SCW-SMR szuperkritikus nyomású vízzel hűtött kis moduláris reaktor (6. ábra) nemzetközi kutatásaiban.



5. ábra. Gázhűtésű reaktor

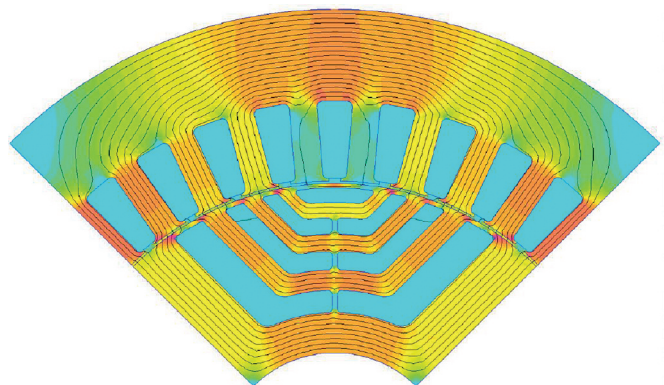


6. ábra. Szuperkritikus nyomású, vízzel hűtött reaktor

Horváth Sándor Rajmund (Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Villamos Energetika Tanszék) témája a „Ritkaföldfém-mentes villamos forgógépek tervezési módszereinek kutatása”.

A multidiszciplináris tervezést követően, a technológiai, karbantartási vonatkozások fenntarthatóságának vizsgálatok már nemcsak gazdasági, hanem stratégiai szempontokat is figyelembe kell vennünk. A ritkaföldfém mágnesek előállításához szükséges nyersanyagok jellemzően földrajzilag meglehetősen koncentrált formában érhetők el, jelentős részben Kína területén. A konkurens topológiákkal való versenyképesség eléréséhez az elektromágneses tervezési folyamatba fejlett 2D és 3D térszámítási módszereket kell integrálni, amelyek szakszerűen alkalmazva belátható számítási idő mellett kellő pontosságú eredményt szolgáltat.

7. ábra. Szinkron reluktanciagép szimulációja



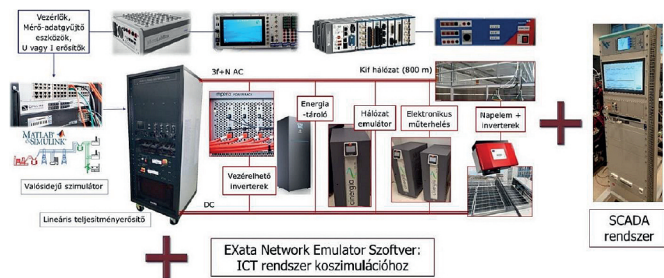


HONNAN LESZ ENERGIÁNK?

gáltatnak. A 7. ábra szinkron reluktanciagép numerikus tér-számítással előállított, 2D erővonalképét szemlélteti az üresjárás állapotában.

Raisz Dávid (Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Villamos Energetika Tanszék) témája az „Új hálózati megoldások a megújuló villamos energia részarányának növelésére”.

Az előadásban kitért azokra a lehetőségekre, melyek fejlesztése jelenleg is zajlik a Smart Power Laboratóriumban (8. ábra): 1) napelemes inverterek szabályozására épülő megoldások feszültségszabályozás vagy mesterséges inercia megvalósítására,



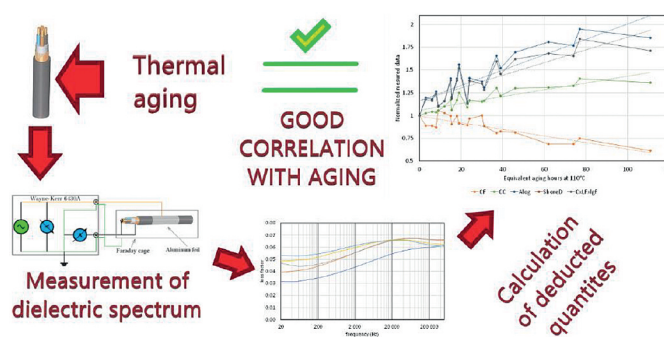
8. ábra. A Smart Power Laboratórium elemei

2) dedikált teljesítményelektronikai eszközök a hálózat szabályozásában (FACDS-eszközök és alkalmazásaik), 3) új piaci megoldások az elosztóhálózati rugalmassági képességek ösztönzésére. Emellett szó esett olyan teljesen újszerű megoldási lehetőségekről, melyek a villamosenergia-rendszer évtizedek óta elfogadott alapvetéseit helyezik új megvilágításba: 4) DC-elosztás: közép- és kisfeszültségű DC, ill. hibrid AC/DC hálózatok és ezek kiszolgálása például Smart Transformer eszközzel, 5) többfrekvenciás, csomagalapú energiatovábbítás.

Tamus Zoltán Ádám (Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Villamos Energetika Tanszék) témája: „Az elosztott energiatermelés hatása a kisfeszültségű kábelhálózatok élettartamára”.

A kutatásban a megújuló energiatermelés hatására ciklikusan megjelenő rövid idejű termikus túlterhelések PVC-szigetelésű, kisfeszültségű elosztókábelek szigetelésére gyakorolt hatását vizsgálták. Az eredmények azt mutatták, hogy az ismétlődő termikus túlterhelések a kisfeszültségű elosztókábelek szigetelésében egyértelműen kimutatható degradációt okoznak. A kutatás további eredménye, hogy ezek a romlási folyamatok jól követhetők roncsolásmentes, dielektromos vizsgálati módszerekkel (9. ábra). Ezek az eredmények megalapozhatják egy okosmérésen alapuló roncsolásmentes vizsgálati módszer kidolgozását, így nyomon

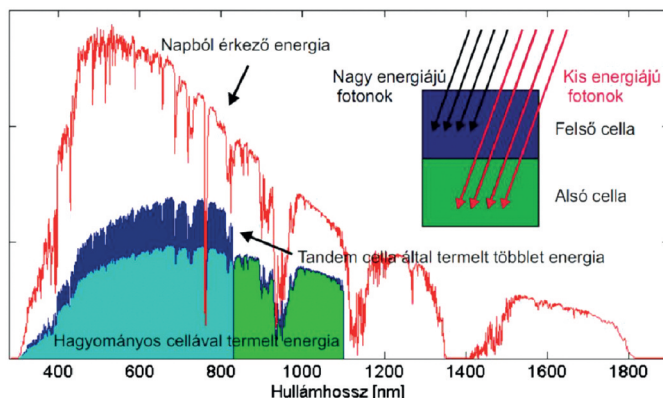
9. ábra. Romlási folyamatok roncsolásmentes, dielektromos vizsgálati módszerei



követhetők az egyes megújuló források kisfeszültségű kábelhálózatra csatlakoztatásával megjelenő degradációs folyamatok.

Plesz Balázs (Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Elektronikus Eszközök Tanszéke) témája a „Napenergia-hasznosítás hatásfokának növelése spektrumbontással”.

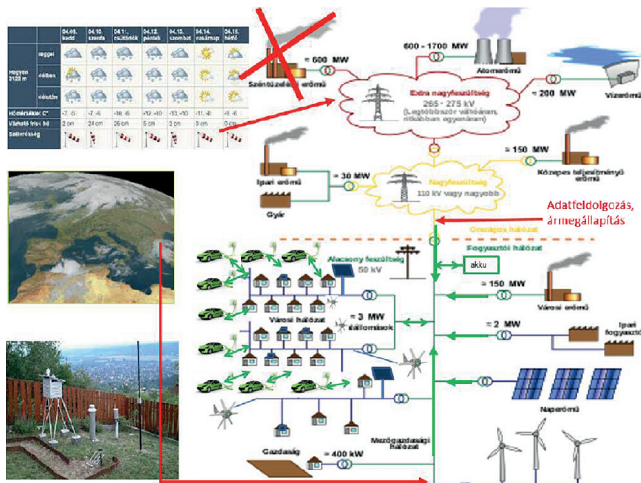
Az előadás a napelemek hatásfokának javítási lehetőségeit taglalta. A napelemek hatásfokának elvi felső határát erősen befolyásolja a napelem készítéséhez felhasznált félvezető anyag és annak tiltotsáv-szélessége. A nap sugárzás spektrumától függően létezik olyan tiltotsáv-szélesség, ahol a napelemből kivehető villamos teljesítmény maximális, ez határozza meg a hasznosítás felső korlátját. Az optimális tiltotsáv-szélességet valójában a bejövő fény spektruma határozza meg. A nap sugárzás különböző hullámhossztartományokra történő felosztását spektrumbontásnak nevezzük: segítségével az elméleti határértékek fölé lehet növelni a hatásfokot. Ennek legrégebbi megoldásai az ún. tandem napelemek, melyeknél két, eltérő tiltotsáv-szélességű napelemcella között osztják szét a fényt, így mindkét cella a számára kedvezőbb hullámhossztartományban üzemel. (10. ábra) Ezeknek a tandem celláknak az elméleti maximális hatásfoka már eléri a 45%-ot. További lehetőség, hogy a fényt nem két napelem, hanem egy napelem és valamilyen más eszköz (közvetlen termi-



10. ábra. Tandem cella működése és lehetséges többlettermelése

kus hasznosítás, termoelektromos generátor, fotokatalitikus hidrogénfejlesztés stb.) között osztjuk meg, ezzel növelve a rendszer összhatékonyságát. Az ilyen kombinált rendszerek kidolgozása és optimalizálása izgalmas, de erősen interdiszciplináris és komplex feladat, amely lényeges szemléletváltást igényel az eddigi napenergia-hasznosítási gyakorlattal szemben.

Mízsei János (Villamosmérnöki és Informatikai Kar, Elektronikus Eszközök Tanszéke) előadása az „Utópia – avagy hogyan kellene a villamos energiát kezelni?” címet viselte, és olyan „utópiát” vázolt fel, amely a jelenleg működő villamosenergia-termelési, -elosztási és -felhasználási rendszer újragondolására serkentheti a szakembereket, lehetőséget adva az eddigiekhez képest olcsóbb és minden tekintetben jobb villamosenergia-ellátásra. Az „utópia” lényege, hogy az energiaellátás minden elemét (fogyasztás előrejelzése, szállítás, elosztás, felhasználás, tárolás, számlázás) egy-séges, piacconform rendszerbe foglalja a 11. ábra szerint. A konvencionális rendszerhez képest, beleértve a korszerű „smart grid”-eket is, az igazi intelligens rendszer célja, hogy minden olyan tényezőt figyelembe vegyen, amely hatással van a rendszer bármely elemére (12. ábra).



11. ábra. Az energiaellátó rendszer elemei

A rendszer jellege	Konvencionális	Intelligens
Energiaforrások	Elsősorban hagyományos (atom, szén, szénhidrogén)	Elsősorban megújuló (nap, szél, kisebb részben víz)
Időjárás figyelembevétele	Elsősorban a fogyasztás előrejelzésére	A termelés és a fogyasztás előrejelzésére, valamint az árképzésre
A villamos energia ára	Rögzített, piacdíj, lassan alkalmazkodik a kereslet-kínálat viszonyhoz	A termelés és a fogyasztás viszonyától függően dinamikusan változik, piac-konform
Piaci szereplők	Eladó (termelő), vevő (fogyasztó)	Eladó (termelő), vevő (fogyasztó, tároló, hatósági tervező)
Az energiaáramlás és a fizetés iránya	Eladó → vevő Vevő → eladó	Eladó → vevő Vevő → eladó
A rendszer kerete	Nemzeti (import-export lehetőségekkel)	Nemzetközi, legalább EU szinten, de inkább globálisan egyeztetett termeléssel és elosztással
A rendszer méretezése	Az ellátásbiztonság miatt drasztikusan túlméretezett	A térben és időben elosztottabb termelés és kiegyensúlyozottabb fogyasztás takarékosabb hálózatot tesz lehetővé
A fogyasztók jellege	Főleg hálózathoz kötött	Hálózathoz kötött és mobil (gépjárművek)
Energiatárolás	Nem fontos cél	A rendszer működésének alapvető feltétele a többszintű, koncentrált és elosztott tárolás

12. ábra. A konvencionális és az intelligens rendszerek összehasonlítása

Karbonsemleges villamos energia

Aszodi Attila írja *Láncreakció* című blogjában:

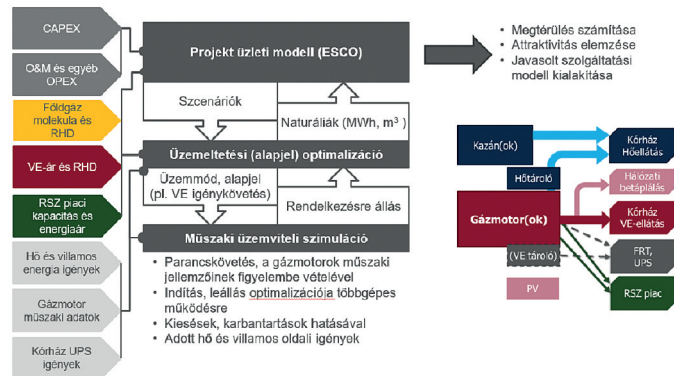
Az időjárástól erősen függő nap- és a szélenergia európai elterjedése jelentős kihívások elé állítja a villamosenergia-rendszert, hiszen ezek termelése egy napon belül, de az év során is jelentősen változik, és nem illeszkedik a villamosenergia-igény időbeli változásához. Ezenkívül előfordulhatnak olyan állapotok, amikor sem a nap-, sem a szélenergia nem képesek termelni, vagy nagyon alacsony az általuk a rendszerbe betáplált energia-mennyiség. Ezeket a rendszerállapotokat *Dunkelflaute, sötétszélcsend*-állapotnak nevezik.

Szintén fontos kérdés, hogy a nap- és szélenergia fejlesztésével milyen mértékig lehet a villamosenergia-rendszert karbonsemleges villamos energiával ellátni, és hogyan működnek együtt az atomerőművek az időjárásfüggő megújuló forrásokkal, milyen karbonsemleges részarányt valósítanak meg közösen.

A kérdések megválaszolására a kutatók gépi tanulási módszereket hívtak segítségül. Az eredmények közül most kettőt idézünk: A sötétszélcsend-események gyakoribbak Magyarországon, mint a szakirodalomban vizsgált országokban (Belgium, Németország). A megújulóenergia-termelés 2030-ban a mostani kapacitásokat

Vokony István és Szalmáné Csete Mária (Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Környezetgazdaságtan és Fenntartható Fejlődés Tanszék) arról beszélt, milyen üzleti lehetőségei vannak a gázmotoros áramszolgáltatásnak az egészségügyi szektorban.

A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés magas hatásfokkal és jó megtérülési mutatóval rendelkezik, valamint közvetett haszna is van: a DSO (distribution system operator – elosztóhálózati engedélyes) számára lehetőséget hordoz egy szabályozható, elosztott energiatermelési pool kialakításában, ami a flexibilis szolgáltatás műszaki alapjait jelenti. A jelenlegi piaci környezetben,



13. ábra. Gázmotoros szolgáltatási koncepció

valamint a kórházak jelentős energiaigényére, jellegzetes időbeli igény-eloszlására alapozva az alapvető fontosságú, folyamatosan rendelkezésre álló, megbízható és minőségi energiaellátás biztosítására együttesen megoldást kínáló szolgáltatáscsomag teljes egészében átalakíthatja a kórházak és energiaszolgáltatók eddigi kapcsolat-rendszerét egy mindkét fél számára sikeres konstrukcióvá. Tanulmányukban elképzelést dolgoztak ki a szolgáltatási koncepció fejlesztési irányára (13. ábra). A műszaki megvalósítási javaslatok a lehetőséget teremtik meg, az irányt a gazdasági megfontolások fogják meghatározni.



Szélenergia-park Sopronkövesden