

ÚTON AZ ENERGIAHATÉKONYSÁGTÓL AZ ENERGIARUGALMASSÁGIG

MAGYARORSZÁGI IPARVÁLLALATOK TAPASZTALATAI

A feldolgozóipari energiafelhasználás környezeti fenntarthatóságának javítását célzó kutatások két, egymást kiegészítő részre oszthatók. Az egyik célkitűzés az energiahatékonyság növelése, a másik, a felhasznált energia „zöldítése”, vagyis a megújuló energiaforrások arányának növelése az összes felhasználáson belül. Az utóbbi téma keresleti vonatkozásaival, és ezen belül a feldolgozóipari energiaszükséglet megújuló energiaforrásokból történő fedezésének műszaki–gazdasági feltételeivel relatíve kevesebb elemzés foglalkozott. Ez a tanulmány azt vizsgálja, hogy a fejlett országok feldolgozóipari cégeinek energiahatékonysági törekvései és a megújuló energiaforrásokból előállított energia összes feldolgozóipari energiafelhasználáson belüli arányának növelését célzó erőfeszítései miként jelentkeznek Magyarországon. Az alkalmazott kutatási módszer: néhány kulcsszereplővel készített mélyinterjú. A szerző magyarországi nagyvállalatok számára előírt energetikai auditálást végző tanácsadó cégekkel (hat cég) és egy feldolgozóipari céggel készített interjút, ez utóbbi nemrég átfogó energiahatékonyság-javító programot hajtott végre. A tanulmány megállapítja, hogy míg az energiahatékonyság erősítése már napirenden van, a megújuló energiaforrások integrálása és az energiafelhasználás rugalmasságának növelése a magyarországi feldolgozóipari nagyvállalatok körében még nem releváns. Bemutatja az energiahatékonyság növelése érdekében végzett beruházások jellemzőit és gazdaságpolitikai javaslatokat fogalmaz meg.*

Kulcsszavak: energiahatékonyság, energiarugalmasság, energetikai audit, megújuló energiaforrások, ISO 50001

A feldolgozóipari energiafelhasználás környezeti fenntarthatóságának javítását célzó kutatások két, egymást kiegészítő részre oszthatók. Az egyik célkitűzés a fajlagos energiafelhasználás csökkentése, vagyis az energiahatékonyság növelése, a másik, a felhasznált energia „zöldítése”, vagyis a megújuló energiaforrások arányának növelése az összes felhasználáson belül. Míg az energiahatékonyság növelésének technikai és gazdaságpolitikai vonatkozásait tárgyaló szakirodalom könyvtárnyi terjedelmű¹, az utóbbi téma *keresleti* vonatkozásaival, és ezen belül a feldolgozóipari energiaszükséglet megújuló energiaforrásokból történő fedezésének műszaki–gazdasági feltételeivel relatíve kevesebb elemzés foglalkozott². A RE100 kezdeményezésnek jelentős publicitása van ugyan³, de egyrészt kérdéses, hogy mennyire megalapozott, ha néhány élenjáró cég tapasztalataiból kiindulva állítunk fel optimista forgatókönyveket, másrészt ahhoz, hogy a feldolgozóipari elektromos-áramfelhasználás a jelenleginél nagyobb arányban támaszkodjon megújuló energiaforrásokra, elengedhetetlen, hogy műszaki–gazdasági elemzések készüljenek az átállás feltételeiről és korlátairól.

A megújuló energiaforrások nagyobb arányú feldolgozóipari felhasználása ugyanis nem pusztán kereskedelmi (beszerzési) kérdés. Amíg csupán néhány jelentősebb ipari fogyasztóról van szó, elegendő, hogy a kereskedő származási bizonyítvánnyal igazolja a megvásárolt energia eredetét. Ha azonban statisztikailag is számottevő mértékben nő a megújuló energiaforrások ipari felhasználása és az energiatárolás technológiáiban továbbra sem mutatkozik

forradalmi áttörés, a termelőüzemeknek alkalmazkodniuk kell a megújuló energiatermelés adottságaihoz (lásd később): rugalmasabbá kell tenniük energiafelhasználásukat.

A másik oldalról, a hazai gazdaságpolitika szempontjából érdekes és időszerű kérdés, hogy megfigyelhető-e az energiafelhasználás környezeti fenntarthatóságának javítását célzó, hasonló törekvések a magyarországi feldolgozóipari vállalatok körében? Mely területen mutatkozik meg az energiatudatosság és mi a fejlődés fő hajtóereje? Milyen gazdaságpolitikai tanulságok következnek mind-ebből?

Ez a tanulmány ezekkel a kérdésekkel foglalkozik. Az első részben röviden áttekintem a szakirodalom néhány megállapítását, majd a fejlett országok tapasztalatainak fényében elemzem a hazai helyzetképet. Nagyvállalatok energiaracionalizálási programjait tervező és kivitelező, az ISO 50001 energiairányítási rendszer bevezetését tanácsadással segítő és menedzselő, illetve a kötelező energetikai auditot⁴ elkészítő, és ennek nyomán energiahatékonysági fejlesztéseket javasoló és megvalósító tanácsadó/auditor cégekkel készítettem interjúkat. A tanácsadó cégek áttekintő információit egy konkrét vállalati példával: egy, az energiatudatosság szempontjából élenjáró⁵ feldolgozóipari céggel készített interjú eredményeivel egészítettem ki. A cikk második részében az empirikus felmérés eredményeit mutatom be. Végül, a „Következtetések” fejezet néhány összefoglaló megállapítást és gazdaságpolitikai javaslatokat tartalmaz.

* Köszönetnyilvánítás

A kutatás az OTKA (K116173) támogatásával valósult meg.

Szakirodalmi áttekintés

Ahhoz, hogy a feldolgozóipari tevékenység energiaszükségletét nem szabályozható termelésű⁶ megújuló energiaforrásokból fedezzék, mérsékelni kell az energiatermelés időszakossága miatt keletkező eltéréseket a kereslet és a kínálat között. Ez részben az energiatárolási képesség javításával (Beudin és szerzőtársai, 2010), részben az energiafelhasználás rugalmasságának növelésével valósítható meg. Tanulmányom az utóbbi témával foglalkozik.

Közismert, hogy a megújuló energiaforrások (különösen a szél- és napenergia) termelése időszakosan ingadozik és bizonytalan, időjárásfüggő. Arányuk növekedése a teljes feldolgozóipari energiafelhasználáson belül így értelemszerűen a feldolgozóipari termelési rendszerek új típusú kiegyensúlyozását és rugalmas kialakítását igényli (Merkert és szerzőtársai, 2015). Összességében, a feldolgozóipari energiakeresletet (a kereslet időzítését) hozzá kell igazítani az ingadozó energiakínálatához: képessé kell tenni arra, hogy alkalmazkodjon a változó (árú) kínálat-hoz.

Egy vállalat energiafelhasználását akkor tekinthetjük rugalmasnak, ha gyorsan és komolyabb költségek nélkül képes alkalmazkodni az energiapiacok változásaihoz, a kínálat és árak ingadozásaihoz (Beier és szerzőtársai, 2017). Ez rugalmas, a környezet változó igényeihez gyorsan alkalmazkodni képes termelési rendszert (Vánca és szerzőtársai, 2011) és energiahatékony termelést feltételez.

Az utóbbi bő évtizedben, a feldolgozóipari tevékenység rugalmasságának fokozása kiemelt jelentőségű termelés-szervezési, eljárásfejlesztési célkitűzéssé vált (Vánca és szerzőtársai, 2011). A termékéletciklusok rövidülése, a termelési sorozatok hosszának csökkenése és a termékvariációk számának növekedése időszakában alapvető versenyképességi tényezőnek minősül, hogy egy gyártó cég milyen gyorsan képes alkalmazkodni a változásokhoz, képes-e például gyorsan átalakítani, átállítani a gyártórendszerét, a gyártási folyamatait a megváltozott követelményeinek megfelelően⁷.

Az energiaárak ingadozása már korábban is arra készítette a cégeket, hogy az energiahatékonyág mellett az energiafelhasználás rugalmasságának fokozása is bekerüljön a menedzsmentcélok közé (lásd például Shrouf és szerzőtársai, 2014 áttekintését). Az energiarugalmasságra, az energiatérhelés kiegyensúlyozására, a termelés csúcsidejének/völgyidőszak figyelembevételével történő ütemezésére azonban ekkor még a szokásos ügymenet részeként, a költségek leszorításának egyik elemeként tekintettek.

Napjainkban azonban az energiarugalmasság az energiapiac szerkezetének átalakulása miatt került előtérbe (Schleicher-Tappeser, 2012; IEA, 2017). A feldolgozóipari üzemek energiaellátási rendszereinek átstrukturálódása fokozatosan követni kezdte a háztartások energiaellátásának hasonló átalakulását. Az energiaellátás egyrészt diverzifikálódott, vagyis a megújuló energiaforrások aránya nőtt a teljes fogyasztáson belül, másrészt decentralizálódott, vagyis a teljes energiafelhasználáson belül nőtt a feldolgozóipari tevékenység helyszínén megtermelt energia

aránya. Ezek a változások a feldolgozóipari energiaellátás rendszerének a korábbiaknál rugalmasabb kialakítását igényelték.

A megújuló energiaforrások termelési rendszerbe integrálásának és az energiarugalmasság erősítésének céljával végzett beruházásoknak egy további motivációja tehát – a fenntarthatósági és a megtérülési szempontok mellett – a működési (üzleti) környezet átalakulása, például a szabályozási rendszer változása, vagy a technológia fejlődése miatt, esetleg a versenytársak stratégiai lépései következtében.

A motivációk szempontjából leginkább az ún. érintett elmélet releváns⁸, vagyis az a tétel, hogy az üzleti–működési-energetikai környezet átalakítását célzó, a vállalati működést és a szabályozási környezetet befolyásolni képes csoportok képesek alakítani a vállalatok motivációit⁹. Harangozó és Zilahy (2015) átfogó irodalmi áttekintése ugyanakkor bemutatta, hogy a szóba jöhető érintettek befolyásoló képessége különböző üzleti környezetekben eltérő mértékű lehet: van, ahol a szabályozó hatóság és a (külföldi) tulajdonosok befolyásoló ereje kiemelkedő, másutt a fogyasztók véleménye többet nyom a latban. A fogyasztók köre tovább szegmentálható, egyes országokban a végső felhasználók, másutt elsősorban az üzleti felhasználók (zöld értéklánc-menedzsment) szempontjai jelentenek fontos motivációt. Ami pedig a lehetőségeket illeti, a vállalatok mérete, tőkeereje és az alaptevékenységre szintén erőteljes befolyást gyakorol az energiafelhasználás környezeti fenntarthatóságának erősítését célzó beruházások mértékére.

Fontos elméleti kérdés, hogy miként lehet felmérni, hogy egy vállalat energiafelhasználása rugalmasabbá vált, vagy rugalmasabb egy másik vállalaténál?

A rugalmasság növelésének két alapvető, egymást kiegészítő módszere ismert, az energiatárolási képesség fejlesztése és az energiakereslet menedzselése. A továbbiakban az utóbbi témáról szóló szakirodalmat tekintem át.

Az energiarugalmasság szempontjainak érvényesítése a gyártervezésnél kezdődik (Kuhlmann – Bauernhansl, 2015). Az energiarugalmasság követelményét figyelembe vevő gyártervezés a termelési rendszeren belüli energiaáramlás összetevőit és azok kölcsönhatásait modellezi, és elemzi az energia-visszanyerés lehetőségeit. Szimulációk segítségével kiszámítja a termelési alapfolyamathoz (termelőeszközök működése, anyagmozgatás, szállítás, termelési rendszer informatikai vezérlése) és a támogató rendszerekhez tartozó eszközök (a sűrített levegő, gőz, hűtés/fűtés, segédanyagok előállítását, rendszerbe juttatását és elszállítását végző eszközök) és az egyéb támogató rendszerek (informatika, épületenergetika) energiafelvételét és –leadását, pontosabban ennek időbeli dinamikáját. A saját energiatermelés és a vásárolt energia időszakos árváltozásainak és a termelés technológiai kötöttségeinek figyelembevételével optimalizálja az energiaigény időbeli megoszlását, és elemzi, hogy az optimális időzítésű energiafelhasználáshoz miként kell az újonnan felépítendő gyárat térben kialakítani: például hova kell energiatároló kapacitásokat és köztes terméktárolási kapacitásokat elhelyezni, vagy a visszanyert energia (például hulladék hő)

optimális felhasználásához mely tevékenységek kerüljenek egymás mellé.

Ebből következően, a kihelyezett termelést fogadó országoknak akár (a későnjövők előnyeirehasonlítva) versenyelőnye is származhatna abból, hogy a termelés helyi bővítése, az új gyárépületek tervezése már az energiarugalmasság elveinek figyelembevételével valósulhat meg. Ez azonban elvi előny csupán, mivel a gyárépületek életciklusa jóval hosszabb, mint az energiatermelés és –tárolás technológiáié. Ez utóbbiak fejlődése olyannyira felgyorsult, hogy a most kezdődő építkezések esetében a beruházás zöldmezős jellegéből fakadó szabadság előnyei igen rövid ideig érvényesülnek, vagyis a mai energiatermelési és –tárolási technológiák szempontjából ideálisnak minősülő gyárépület-kialakítás, e technológiák gyors fejlődése következtében hamar elavulttá válhat. Közvetlenül, barnamezős környezetben is számos lehetőség van az energiarugalmasság növelésére, hiszen a meglévő energiatermelési és –tárolási rendszerek mind felhasználhatók rugalmasságot növelő tartalékként.

A feldolgozóipari tevékenység energiarugalmasságát leginkább a termelés megfelelő ütemezésével lehet erősíteni (Beier és szerzőtársai, 2017). A termelési rendszer energiát felhasználó eszközeinek adatait (lásd 5. lábjegyzet) alapul véve, a rugalmasságorientált termelésirvezés és –ütemezés felméri, hogy miként alakul a felhasználás dinamikája és miként lehetne a rendszert úgy áttervezni, hogy az egyes műveletek időzítését a korábbiaknál nagyobb mértékben lehessen variálni.

A feldolgozóipari műveletek időzítésének megváltoztatására egyrészt azért lehet szükség, hogy ne legyenek az átlagot jóval meghaladó energiafelvételi csúcsidőszakok a termelés során. (Vegyünk észre, hogy az energiarugalmasság így az energiahatékonyságot is erősíti.)

Egy másik célkitűzés az energiaigényes műveletek egy részének átütemezése ún. völgyidőszakokra, amikor az energia ára az időszaki átlagnál alacsonyabb. Az automatizálás, robotizálás és 3D nyomtatás korában egyre jobban elterjednek a „felügyelet nélküli” éjszakai műszakok, és bár ezt a megoldást a cégek inkább a termelt mennyiség növelése, illetve a kínálatuk rugalmasságának fokozása érdekében alkalmazzák, nem pedig az energiarugalmasságuk erősítése érdekében, a technológia ez utóbbi célkitűzés megvalósítását is szolgálhatja.

Ezzel ellentétes törekvés is megjelent az elméletben (Joo és szerzőtársai, 2016). Eszerint, a feldolgozóipari tevékenység leginkább energiaigényes részét azokra a napsütéses órákra lenne célszerű időzíteni, amikor a nem szabályozható energiatermelésű naperőművek esetleges túltermelése a rendszer stabilitását fenyegetné.

Az energiarugalmasság erősítését célzó kutatások eredményeként általában valamilyen konkrét ipari alkalmazás paramétereit figyelembe vevő termelésirvezési, –ütemezési szoftver készül el (lásd Beier és szerzőtársai, 2017 áttekintését, amely figyelembe veszi a megújuló energiaforrások termelési bizonytalanságait és/vagy az energiaárak napszakonkénti ingadozását).

Szoftveres támogatással hozzák meg tehát azokat a gyakorlati döntéseket, hogy milyen sorrendben kezdjék

meg az adott időszakban megtermelendő termékek gyártását. Szoftver számítja ki, hogy mely termékek gyártását, mely gépek végezzék – a „kézzel végzett” termelésütemezési döntések során jellemzően a nagyobb teljesítményű gépekre több feladatot igyekeznek osztani, mint az adott művelet elvégzésére szintén alkalmas, de kisebb teljesítményű, öregebb gépekre. Így az egyes eszközök terhelése nem kellőképpen kiegyensúlyozott, ami a másik oldalról az energiarugalmasságot is gyengíti. Szoftver számítja ki az egyes termékek termelésének kezdő időpontját, sőt azt is, hogy mekkora készletet halmozzanak fel köztes termékekből. A köztes termékekben „megtettesült energia” lehetővé teszi, hogy meghatározott energiaigényű termelési folyamatokat rugalmasan időzíthessenek. A rugalmasságot fokozó megoldások között szóba jöhet az inputra várakozó berendezések alacsony energiafokozatba kapcsolása, vagy kikapcsolása, továbbá az épületenergetikai rendszerek (hűtés, fűtés, légkondicionálás) megfelelő időzítésű működtetése is.

Mindennek az alapja természetesen a mérés: az egyes műveletek, gépek, folyamatok energiaigényének minél pontosabb nyomon követése és az adatok hosszú távú tárolása a trendek és az attól való eltérések kimutatása érdekében. A termelés minden paraméteréről folyamatosan adatokat gyűjtő és a nagy adattömeget kiértékelő kiberfizikai rendszerek elterjedésének köszönhetően, ma már az energiafelhasználás hatékonyságára, vagy az energiarugalmasságra optimalizált termelésirvezés, –ütemezés és –vezérlés a korábbiaknál jóval pontosabb információk alapján alakítható ki.

Kiszámítható például, hogy az egyes berendezések várakozó (stand-by) állapotban mennyi elektromos áramot fogyasztanak, és mennyi áramot vesznek fel bekapcsoláskor a normál üzemmód eléréséig. Ennek mérése azért elengedhetetlen, mert egyes gépeknél akár növelheti is az energiafogyasztást az energiatakarékosság céljával végzett ki- és bekapcsolás: pontosan tudni kell, hogy minimum mennyi időnek kell eltelnie kikapcsolt állapotban ahhoz, hogy a gép ki- és bekapcsolása valóban energiát takarítson meg.

Az energiafelhasználást részletesen és valós időben nyomon követő kiberfizikai rendszerek arról is pontos információkat szolgáltatnak, hogy a termelési folyamat egyes fázisai során miként alakul az energiafelhasználás. Mekkora *egyenként* a termelőberendezések energiaszükséglete, miként alakul az energiafelvétel dinamikája? Mennyi a termelést kiszolgáló és az épületgépészeti rendszerek, a folyamat- és épületfelügyeleti rendszerek energiafogyasztása (*külön-külön*)?

Modellezhető, hogy a termelési zavarok milyen hatást gyakorolnak az energiafelhasználásra. Megállapítható, hogy mely gépek/termelősorok jelentik a szűk keresztmetszetet (ezeket nem célszerű lekapcsolni elektromos áramfogyasztás-túllépés esetén sem). Kiszámítható, hogy mely gépek, milyen átlagos gyakorisággal hibásodnak meg és mekkora energiakiesést jelent, ha nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű köztes termék.

Az energiarugalmasság követelményeit nem csupán a termelés tervezési és ütemezési fázisaiban célszerű figye-

lembe venni. Sokféle energiamenedzsment szoftver van forgalomban, amelyek segítségével a termelés vezérlésébe építenek be azonnali visszacsatolási mechanizmusokat. Meghatározott fogyasztási küszöb túllépése esetén például a rendszer lekapcsol bizonyos periférikus energiafogyasztókat, vagy átütemezi a gyártási sorrendet.

Mielőtt rátérünk a magyarországi gyakorlatra, ide kívánczik egy megjegyzés azzal kapcsolatban, hogy az energiarugalmasságnak vannak árnyoldalai és kockázatai is (Weeber és szerzőtársai, 2017). A rugalmasságot (a rugalmatlan üzemmódhoz viszonyítva) több berendezés (gépek, szenzorok, mérési rendszerek, vezérlő rendszerek, tárolási kapacitások) nagyobb készletek és egyéb pufferek biztosítják: ezek létrehozása, működtetése, karbantartása többlet környezeti hatással jár. A rugalmas energiafelhasználás megoldásai növelik a rendszer komplexitását és gyakran a(z energia)hatékonyság rovására valósulnak meg.

Kutatási módszer

A magyarországi feldolgozóipari helyzetkép feltárásához egyrészt hat átfogó piaci ismeretekkel rendelkező energetikai tanácsadó céggel, másrészt egy jelentős energiahatékonysági beruházásokat megvalósított feldolgozóipari céggel készítettem interjút. Ez utóbbi cég egy globális vállalat helyi járműipari leányvállalata.

Az energetikai tanácsadó cégeket a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal honlapján szereplő, bejegyzett auditáló szervezetek névjegyzékéből választottam, a vállalati esettanulmány készítéséhez pedig a célzott mintaválasztás módszerét alkalmaztam (Patton, 1990), vagyis egy, a kutatási kérdéseim szempontjából sokatmondó tapasztalatokkal rendelkező céget kerestem meg kérdéseimmel.

A beszélgetéseket megelőzően összegyűjtöttem az adott cégekről elérhető információkat, a beszélgetéseket követően pedig az interjút adó tanácsadó cégek több esetben írásos anyagokkal, esettanulmányokkal bővítették a szóban elmondottakat. A tanácsadó cégek ügyvezető igazgatóival, a feldolgozóipari vállalat esetében pedig az energiairányítási rendszer bevezetéséért európai szinten (23 telephelyen) felelős menedzserrel beszélgettem.

Mivel a kötelező energiaaudit elkészítésének végső (türelmi idővel bővített) határideje 2016 végén, 2017 közepén járt le, a meginterjúvolt tanácsadó cégek jelentős mennyiségű friss tapasztalattal (több mint száz cég) rendelkeztek. Az eredmények értékelésekor tisztában kell lennünk ugyanakkor, hogy az így nyert információk a feldolgozóipari átlagos helyzetenél értelemszerűen sokkal jobb képet mutatnak: a mintában túkeerős nagyvállalatok tapasztalatai szerepelnek.

A tanácsadó cégeket ügyfeleik általában titoktartási nyilatkozat megtételére kötelezik, így az interjúk során nem hangzottak el konkrét vállalatnevek. Hasonlóképpen, a feldolgozóipari nagyvállalat tapasztalatait is név nélkül mutatom be.

Az egyenként 30-45 perces interjúk nyitott, vállalat-specifikus kérdéseket tartalmaztak. Az első kérdés az

általános helyzetképre kérdezett rá: azt mérte fel, hogy milyennek ítélik a tanácsadó cégek az általuk vizsgált és auditált nagyvállalatok energiatudatosságát, hozzájárult-e az audit ennek változásához? Ez a bevezető kérdés lehetővé tette, hogy a tanácsadók szabadon kifejezzék véleményüket és a legjellemzőbbnek tartott jelenségekről beszéljenek. Ezt követően, a javasolt/megvalósított beavatkozások és ezek motivációinak számbavételével tértünk át a részletekre.¹⁰

Mivel a beszélgetések szabadon kezdődő, majd félig strukturáltan folytatódó időszakában interjúalanyaim kivétel nélkül, kizárólag az energiahatékonyság erősítését célzó lépésekről számoltak be, a beszélgetések második részében az energiarugalmasság erősítéséről és a megújuló energiaforrások termelési folyamatokba integrálásáról szóló, célzott kérdéseket tettem fel. Az energiarugalmasság változását a következő kérdések segítségével próbáltam felmérni és operacionalizálni. Rákérdeztem, hogy vajon megfigyelhető-e a cégeknél az energetikai szempontú teljesítménygazdálkodás, vagyis figyelembe veszik-e a termelés ütemezésénél, hogy az elektromos áram ára időszakosan változik? Mérik-e az energia felhasználását, ha igen, milyen részletességgel, milyen intelligens megoldások segítségével és milyen fejlesztések történtek ezen a téren? Integrálnak-e megújuló energiaforrásokat a termelési rendszereikbe, és ha igen, milyen céllal, milyen területekre? A vonatkozó infrastruktúra (például napkollektorok) kiépítésén túlmenően, milyen pótlólagos beruházásokat igényelt ez az integráció?

A magyarországi helyzetkép

Az energiatudatosság és -hatékonyság erősödése

A megkérdezett tanácsadó cégek tapasztalatai néhány kérdésben meglepően egységesek voltak. Ami az energetikai auditot előíró törvény nyomán elvégzett több mint száz feldolgozóipari nagyvállalat felmérésének eredményeit illeti, úgy ítélték meg, a cégeknek csupán 10-20%-a látott lehetőséget a „kötelező gyakorlatban”.¹¹ A többség elegendőnek tartotta a formális megfelelést a jogszabálynak,¹² így az audit nyomán (mindaddig) nem kezdeményezett energiahatékonyság javítását célzó beruházásokat.

Mindazonáltal, a megkérdezett tanácsadó cégek képviselői úgy vélekedtek, az energetikai audit és az energetikai szakreferens alkalmazásának (vagy szakreferens-szolgáltatás igénybevételének) kötelezettsége az érintett cégek szemléletét valamilyen mértékben mindenképpen megváltoztatta:¹³ a termelőberendezések és az energiafogyasztó (segéd)rendszerek energetikai felülvizsgálata legalábbis felhívta a figyelmet néhány könnyen megvalósítható költségcsökkentési lehetőségre.

Az energiahatékonyság kevés vállalatnál jelent *fenntarthatósági* kérdést, legfeljebb költség szempontból érdemelhet figyelmet. Bár napjaink kiélezett versenyében minden megtakarítás számít, lényeges ipárgspecifikus eltérések vannak az energiaköltségek árbevételhez, vagy az összes költséghez viszonyított arányában¹⁴. Ezek az eltérések természetesen erősen befolyásolják, hogy az egyes

cégek stratégiai jelentőségűnek tartják-e az energia hatékony felhasználását.

A megkérdezett tanácsadó cégek ügyfélkörébe tartozó feldolgozóipari nagyvállalatok esetében, az energetikai audit nyomán elvégzett beruházások döntő többsége az energiahatékonyság növelését célozta: a világítási rendszer korszerűsítését, az épületek szigetelését, a nyílászárók cseréjét, a fűtési/hűtési rendszer modernizálását, a hő- és energiaveszteséget okozó hibák kiküszöbölését (például sűrített levegő rendszerek szivárgása). Bár ezeknek a beruházásoknak esetenként jelentős ráfordításvonzatuk van, a megtérülésük egyértelmű és könnyen számszerűsíthető.¹⁵

A tanácsadók tapasztalatai szerint, míg a tizenöt–húsz évnél idősebb gyárépületek többsége energetikai szempontból meglehetősen rossz állapotban van, az új épületek, nem utolsósorban a szabványok szigorodása következtében energiahatékonyság szempontjából már korszerűnek tekinthetők. A (tanácsadó cégek által) felmért vállalatok közül, az utóbbi tíz évben többen is új gyárépületbe költöztek: ennek fő motivációja azonban nem az energiahatékonyság növelése volt, hanem a termelés bővülése, illetve a termelés átfutási idejének csökkentése a termelési rendszer (az értékáramok) új, optimális kialakításával. Az energiahatékonyság esetenként számottevő növekedése¹⁶ ezeknél a cégeknél csupán kedvező mellékhatásnak tekinthető.

A beavatkozások egy másik gyakori célkitűzése a technológiai folyamatok során keletkezett hulladékhő visszanyerése és hasznosítása volt. A példák közé tartozik a kompresszorok hulladékhőjének hasznosítása irodák, kiszolgáló épületek fűtésére (amennyiben a fizikai adottságok ezt lehetővé tették), vagy ipari műveletekhez, például szárításhoz. Egy másik példa a feldolgozóipari műveletekben használt (és ennek során felmelegedett) hűtővíz felhasználása irodák fűtésére, vagy más ipari műveletek előkészítésére (előmelegítésre). Ezeknél a beruházási döntéseknél elengedhetetlenek bizonyultak a célzott támogatások. A tanácsadó cégek megítélése szerint, a cégek elsődleges szempontja a megtérülési idő: három évnél hosszabb megtérülési idejű beruházást nagyon kevesen vállalnak.¹⁷

Interjúalanyaim meglátása szerint, az épületenergetikai rendszer felújítását követően, a következő lépés a termelési technológia átfogó vizsgálata lehetne: a technológiai folyamatok fejlesztése, optimalizálása és energetikai szempontú finomra hangolása jelentős megtakarítási potenciált rejt.

Ráadásul, a beavatkozások egy része, a vállalati környezeti fenntarthatóság szakirodalmának bevett kifejezése szerint „alacsonyán lógó gyümölcs”: a finomra hangolás gyakran azt takarja, hogy csupán a valóban szükséges energiával lássuk el a rendszert. Az energetikai auditok során vissza-visszatérően előkerültek olyan közhelyszámba menő, mégis a felmérések tanúsága szerint mégsem magától értetődő beavatkozási javaslatok, mint

- a ventilátor csupán egy-két órával a munkaidő kezdete előtt kezdjen üzemelni és a munkaidő végét követően egy automata kapcsoló beállításával kapcsoljon ki,

- ha egy művelet viszonylag magas hőmérsékletet igényel, de az adott műveletet naponta csupán néhány órán keresztül végzik, akkor nem szükséges a művelet környezetének napi 24 órás magas hőmérsékleten tartása,
- a levegő nyomása a sűrített levegő-rendszerekben pontosan beállítható: ne állítsuk az igényelnél magasabbra.

Az „alacsonyán lógó gyümölcsöknél” költségesebb, középtávon megtérülő projektek közé tartozik néhány motorral hajtott berendezés (például ventilátorok, szivattyúk) lecserélése: az új berendezések hatásfoka általában lényegesen jobb az előregedett, de még működő daraboknál. A termelőberendezések lecserélése (szabályozhatóra, frekvenciaváltóra cserélése) szintén az energetikai „finomra hangolás” témájához tartozik, és egyúttal az energiarugalmasságot, a termelési rendszerek dinamikus változásához történő alkalmazkodást is elősegíti.

A finomra hangoláshoz gyakran az energiatárolási kapacitás növelésére is szükség van¹⁸, például további sűrített levegős tárolórendszerek üzembe állításával, fázisváltó anyagok felhasználásával: mindez technológiai és infrastrukturális beruházásokat igényel.

A tanácsadó cégek úgy látták, az energiahatékonyság növelését célzó első jelentősebb beruházási hullám a 2008-as válságot követően kezdődött Magyarországon: több energiaintenzív termelővállalat is korszerűsítette épületgépészeti és egyéb kiszolgáló rendszereit, vezetett be mérési és energiamentedzsment-rendszereket (például intelligens vezérlőket, hőcserélőket, hővisszanyerő berendezéseket), költségcsökkentési céllal. A második hullámot a kötelező nagyvállalati energetikai audit törvényi előírása indította el (kis- és középvállalatok esetében pedig a megnyíló támogatási lehetőségek). Az energetikai korszerűsítések egyes technológiai megoldásai iránti kereslet tovább erősítette, hogy 2017-től társasági adókedvezmény vehető igénybe energiahatékonysági célokat szolgáló eszközberuházások megvalósítása esetén.

Energiarugalmasság: még gyerekcipőben sem

Ami a megújuló energiaforrásokat illeti, napkollektorokba a nagyvállalatok szűk köre ruházott be, főként az épületenergetikai rendszerhez kapcsolódóan – és leginkább PR-céllal. A tanácsadó cégek tapasztalatai között előfordult biomassza-, másoknál biogáz-tüzelésen alapuló energiahasznosítást célzó beruházás, továbbá hőszivattyús rendszeren alapuló geotermikus energiahasznosítás is. A megújuló energiaforrások kiaknázását azonban leginkább kis- és középvállalatok kezdeményezték: ők lehetnek ugyanis az erre a célra igénybe vehető pályázati támogatások haszonélvezői.

Bár az energiarugalmasság, mint alább néhány példa mutatja majd, bizonyos részterületeken némileg erősödött, *célkitűzésként* egyetlen esetben sem került elő: sem a megújuló energiaforrások integrálásának vonatkozásában, sem költségmegtakarítási szempontból.

A megújuló energiaforrások kérdése kapcsán egyöntetű volt az a vélemény, hogy cégek számára nem az

energiaköltség, hanem az ellátásbiztonság az elsődleges szempont, vagyis, hogy a nap 24 órájában megbízhatóan rendelkezésre álljon a kívánt energiamennyiség. Bármilyen energiaellátási probléma leállást okozhat, márpedig ha üzemzavarok következtében leállásra kerül sor, ez jóval nagyobb károkat okoz, mint amekkorák a megújuló energiaforrások integrálására visszavezethető esetleges megtakarítások.

Az ellátásbiztonság szempontjai esetenként még a környezeti fenntarthatóság értékeit is felülírják: a meginterjúvált járműipari vállalat például, bár indiai üzemébe napelemeket is telepített, de emellett kevésbé környezetkímélő diesel generátorokat is üzembe helyezett. Ebből az következik, hogy az alternatív energiaforrások telepítésére nem fenntarthatósági szempontok miatt került sor: Indiában gyakori az áramkimaradás, így a napkollektorok telepítését az ellátásbiztonság igénye követelte meg. Hasonlóan speciális esetnek tekinthető, ahogy a magyarországi üzemben az energiarugalmasság erősödött. Mivel a cég az egyik ipari művelethez vezetékessé gázt használ, és korábban, amikor az Ukrajnából érkező földgázzal kapcsolatban felmerült, hogy esetleg szállítási problémák jelentkezhetnek, az ellátásbiztonság növelése érdekében a cég cseppfolyós gáz tárolási kapacitást épített ki. Megteremtette továbbá azokat a technológiai feltételeket, hogy vezetékessé gázzal, igény esetén könnyen átállhasson cseppfolyós gáz felhasználására. Bár végül földgázellátási problémákkal nem kellett szembenéznie, azokban az időszakokban, amikor a cseppfolyós gáz olcsóbb, ma is az utóbbit használja. A kiépített alternatív kapacitás így nem csupán az ellátásbiztonságot, hanem a rugalmasságot is elősegítette.

Az energiarugalmasság erősítését felmérő kérdésekre adott válaszok egyik legfontosabb tanulsága az volt, hogy mindennek az alapja a fogyasztás folyamatos, részletes mérése és az eredmények valós idejű kiértékelése. A folyamatok energiafelhasználásának valós idejű mérése és kiértékelése mindenfajta finomra hangoltságnak is az előfeltétele. A mérés, és főként annak automatikus kiértékelése, szűk keresztmetszet: ma még nagyon kevés helyen valósul meg. Az energiafogyasztást természetesen mérik a vállalatok, de nem elég részletes bontásban: a megfelelő beavatkozási lépések megtételéhez lehetőleg fogyasztónként, de legalábbis alrendszerenként részletezett fogyasztásmérésre lenne szükség (almérók beépítésére).

Az energetikai audit előírása mindazonáltal számos céget arra ösztönzött, hogy építsen ki átfogó (az ISO 50001 szabványnak megfelelő) energiairányítási rendszert, mérje és kövesse nyomon energiafogyasztását (valósítsa meg az ehhez szükséges beruházásokat), határozzon meg az energiafelhasználást és annak javítását számszerűsítő teljesítménymutatókat.

Bár az energiarugalmasság önálló célkitűzésként nem került elő, a technológia fejlődésével valószínűleg automatikus javulás várható ezen a téren. A technológia fejlődésével és az elavult termelőeszközök lecserélésével, ugyanis nem csupán a termelés energiahatékonysága nő: az új berendezések részben az energiarugalmasság erősítéséhez is hozzájárulnak. Az új termelőeszközök már tartalmazzák

a dolgok internettechnológiai (IoT) megoldásait, vagyis mérik és automatikusan adatokat is szolgáltatnak (többek között) a saját energiafogyasztásukról. Az előző fejezetben kibernetikai rendszerek címszóval tárgyalt megoldások lehetővé teszik, hogy folyamatosan mérjék és nyomon kövessék az energiafogyasztók állapotát és működését.

Magyarországon ugyanakkor, a megkérdezett tanácsadó cégek szerint, ez még felemásan valósul meg. Több helyi leányvállalatnál az anyavállalat kezdeményezésére a magyarországi gyártó telephely megvásárolt ugyan energiamenedzsment-szoftvert, illetve telepített mérőeszközöket és mérte az üzem energiafogyasztási adatait, a mért adatok kiértékelése azonban elmaradt, a kiépített rendszert csupán a kötelező dokumentáció elkészítésére használják.

Mindazonáltal, a nagyvállalatok csekély hányadánál, ahol már megvalósult a valódi fogyasztásmérés és rendelkezésre állnak az adatok azonnali kiértékelését végző analitikák, már előfordul, hogy a termelésütemezés figyelembe veszi a periferikus, vagy az éppen nélkülözhető fogyasztók időszakos lekapcsolásának, alacsonyabb energiafokozatba állításának lehetőségét. Az új berendezéseket hajtó motorok ugyanis már frekvenciaváltós szabályozással rendelkeznek: szükség esetén alacsonyabb energiafokozatba állíthatók. Így az energiafogyasztásról nem csupán (azonnali és historikus) kimutatások készülhetnek, hanem meghatározott, előre definiált körülmények esetén a rendszer autonóm beavatkozásra is képes.

A megújuló energiaforrások integrációját elvileg megkönnyíti, ha a termelőberendezések növekvő hányada elektromos (és nem hidraulikus, pneumatikus stb.) meghajtású. A megkérdezett tanácsadó cégek beszámoló szerint, meghatározott iparágakban a cégek növekvő mértékben állnak át elektromos meghajtású technológiára (*elektrifikáció*) – bár ezeknek a beruházásoknak a motivációja általában nem a megújuló energiaforrások integrálása, hanem az elektromos meghajtású gépek kisebb energiaigénye és jobb alkalmazhatósága tisztatartásban (például orvosi műszergyártás, elektronika).

Összességében tehát az energiarugalmasság kérdése és a megújuló energiaforrások integrációja hazai kontextusban kevésbé bizonyult relevánsnak. A magyarországi feldolgozóipari nagyvállalatok számára a megújuló energiaforrások integrálása annak érdekében, hogy a *termelési folyamataik energiaigényét* részben ilyen forrásokból elégítsék ki, ma még legfeljebb elvétve szerepel a beruházási szempontok között. Az energiarugalmasság erősítését ennek megfelelően szintén nem tartják megfontolásra érdemes felvetésnek: amennyiben részben, vagy egészben megújuló energiaforrásokra állítanak át a termelésüket, az áramkereskedők a kívánságuknak megfelelő összetételű energiaprofil állítanának össze és ezt megfelelően dokumentálnák.

Következtetések

A tanulmány azt vizsgálta, hogy a fejlett országok feldolgozóipari cégeinek energiahatékonysági törekvései és a megújuló energiaforrásokból előállított energia összes feldolgo-

zóipari energiafelhasználáson belüli arányának növelését célzó erőfeszítései miként jelentkeznek Magyarországon.

Mivel az európai energiahatékonysági irányelv magyarországi transzpozíciója nyomán a nagyvállalatok számára energetikai auditálási kötelezettséget írtak elő, a magyarországi tapasztalatok felméréséhez az auditálást végző tanácsadó cégekkel készítettem interjút. A tanácsadó cégek, összességében több mint száz feldolgozóipari nagyvállalat frissen elvégzett felmérésére támaszkodó tapasztalatait egy feldolgozóipari vállalati esettel egészítettem ki: egy feldolgozóipari céggel is interjút készítettem, amely az utóbbi években átfogó energiahatékonyság-javító programot hajtott végre.

Az eredmények, korábbi magyarországi vizsgálatokkal egybehangzóan, azt mutatták, hogy az energiafelhasználás környezeti fenntarthatóságának javítását célzó beruházások fő motivációja a szabályozóknak való megfelelés. A meginterjúvált globális vállalat hazai leányvállalatának energiatudatossága és energiahatékonysági teljesítménye meghaladja az átlagot: teljesítményét, az „érintett elmélet” tételeinek megfelelően, a külföldi tulajdonos értékeit (is) tükröző termelési rendszerének magyarországi meghonosítása magyarázza.

A magyarországi helyzetkép azt mutatja, hogy míg az energiahatékonyság erősítése már napirenden van (bár a felmért nagyvállalatok többségénél még csupán a legalapvetőbb beruházásokra került sor), a megújuló energiaforrások integrálása és az energiafelhasználás rugalmasságának növelése a magyarországi feldolgozóipari nagyvállalatok körében még nem releváns.

Elsődleges következtetésem mindezek alapján, Fodor László (2017) megállapításával egyetértve az, hogy a szabályozás sokat számít: ma Magyarországon a 2015. LVII. törvény volt az elsődleges hajtóereje annak, hogy az energiahatékonyság témája néhány élenjáró cég erőfeszítése-inél szélesebb körben napirendre kerüljön. A mai – a jó alkuerővel rendelkező nagyfogyasztók számára különösen alacsony – energiaárak mellett ugyanis a költségeknek (az árbevételhez viszonyítva gyakran jelentéktelen) csökkentése önmagában kevés motivációt jelent. A kiemelkedően energiatudatos nagyvállalatok rendre azzal szembe-sülnek, hogy bár az energiahatékonyság növelését célzó beavatkozásaik, beruházásaik eredményeként, az általuk felhasznált energia (és a széndioxid-kibocsátásuk) *menynysége* jelentős mértékben csökkent, a pénzben mérhető megtakarítás azonban jelentéktelen.

A felmérés eredményei többféle gazdaságpolitikai tanulság levonására is alkalmat adnak.

Szembetűnő, hogy az új termelőberendezések energiahatékonyság, sőt –rugalmasság szempontjából is mennyivel korszerűbbek a régieknél, amiből levonható az a következtetés is, hogy a technológiai korszerűsítés támogatása egyúttal az energiahatékonyság javítását is szolgálja. A technológiai korszerűsítést támogató programok meghirdetésekor, illetve a beérkezett pályázatok megítélésekor célszerű az energiahatékonysági szempontokat is figyelembe venni.

A termelési technológia energiahatékonysági szempontokat figyelembe vevő korszerűsítését és, főként, a

termelési rendszerek energetikai finomra hangolását támogató pályázatok nagyvállalatok esetében ma már időszerűbbek lennének, mint az épületenergetika korszerűsítésének támogatása, figyelembe véve, hogy ezek a beavatkozások egyúttal a helyi cégek versenyképességét is erősítik: a termékek minőségének és a termelési folyamatok megbízhatóságának javításához is hozzájárulnak, továbbá a termelőeszközök, –berendezések élettartamát is növelik.

A tanácsadó cégek beszámolóinak leggyakrabban visszatérő motívuma a mérés, az energiafelhasználás részletes nyomon követésének jelentősége. A mérés: az almérők, a kibernetikai rendszerek kiépítése, illetve a teljesítményszabályozásra alkalmas szoftverek beszerzése költséges, de mivel minden energiahatékonysági törekvésnek ez az alapvető feltétele, célszerű lenne célzott támogatásban részesíteni.

A mérés azonban nem elegendő: analitika, vagyis a mért adatok *kiértékelése* nélkül keveset ér, nem alapoz meg beavatkozási terveket.

Végezetül, látnunk kell, hogy bár az energiariugalmas-ság és a megújuló energiaforrások integrálása ma még elenyésző gyakorisággal jelenik meg a magyarországi feldolgozóipari cégek törekvései között, az uniós szabályozás ezeken a területeken is szigorodott (a 2017 novemberében elfogadott határozat előírja, hogy a megújuló energiaforrások aránya 2030-ra minimum 35%-ot érjen el).¹⁹ Érdemes lenne a magyarországi cégek felkészülését, az energiariugalmaságuk erősítését célzott pályázatokkal elősegíteni: első körben legalább az innovatív energiatárolási megoldások kiépítését célzó beruházások támogatásával.

Jegyzet

¹ Például Abdelaziz és szerzőtársai (2011) a fejlett országok energiahatékonysággal kapcsolatos gazdaságpolitikáját hasonlítják össze, Cagno és szerzőtársai (2013) az energiahatékonyság növelésének fő akadályait tekintik át, Fysikopoulos és szerzőtársai (2014) pedig az energiahatékonyság növelésének technikai feltételeit vizsgálják a termelési rendszer különböző szintjein.

² A kínálati vonatkozásokról, a technikai feltételekről, például az energiarendszer rugalmasságáról lásd: Denholm – Hand, 2011; Kondziella – Bruckner, 2016. Magyarországon a megújuló energiaforrások hasznosításának növelését célzó politikáról lásd Fodor (2013), a vállalati működés fenntarthatóságán belül a megújuló energiaforrások, mint mérőszám helyzetéről és súlyáról lásd Bóna – Horváth (2017).

³ A kezdeményezéshez csatlakozó cégek vállalták, hogy 2020-2025-ig a teljes energiafogyasztásukat megújuló energiaforrásokra állítják át. 2017. november elejéig a kezdeményezéshez 114 cég csatlakozott, e cégek közel 30 %-a feldolgozóipari tevékenységet is folytat (www.re100.org; a 2017-ig elért eredményekről lásd: RE100, 2017).

⁴ A 2015. LVII. törvény (Magyar Közlöny, 70. szám, 2015. május 22.) előírja, hogy a magyarországi nagyvállalatok négyévente készítsenek energetikai auditot, tárják fel tevékenységük energetikai jellemzőit, készítsenek tervet arra vonatkozólag, hogy miként javítanák tevékenységük energiahatékonyságát, hajtsanak végre fejlesztéseket és ezek eredményeit tegyék közzé.

⁵ A cég még jóval az uniós energiahatékonysági irányelv (Energy Efficiency Directive, 2012) elfogadása előtt hagyott jóvá egy formális, az összes leányvállalatára kiterjedő programot, amelyben a széndioxid-kibocsátásának 20 %-os csökkentését irányozza elő. A magyarországi leányvállalat a belső előírást 2017-re teljesítette. Ezt követően a cég újabb tíz százalékos csökkentésről szóló tervet határozott el, továbbá a magyarországi áramszolgáltatókkal kötött megállapodás alapján, 2018-tól a hazai működésének teljes energiaszükségletét megújuló energiaforrásokból fogja fedezni.

⁶ A megújuló energiaforrások egy részének (például napenergia, szélerenergia), termelése nem szabályozható: a termelés nem csökkenthető/növelhető az időszakosan változó igények szerint, mint a hagyományos erőművek esetében. Ugyanakkor, a szabályozható/nem szabályozható csoportosítás nem feltétlenül esik egybe a hagyományos/megújuló csoportosítással. A víz-, biomassa és a geotermikus energia szabá-

lyozható és megújuló, a nukleáris energia nem szabályozható és hagyományos. (A szerző köszönettel tartozik e tanulmány anonim lektorának, aki erre a pontosításra felhívta a figyelmét.)

⁷ A termelési sor minden átalakítása (új műveletek bevétele, egyes műveletek módosítása, új gépek/szerszámok beállítása, mások kivétele a rendszerből) tovagyűrűzik a vállalatban belül: minden változás a gépek átprogramozását, az alkatrészellátás, illetve egyéb belső logisztikai műveletek, a beszerzés és a támogató informatika átalakítását, az operátorok betanítását is igényli. Nem véletlen, hogy technológiai fejlesztések sokasága célozta és célozza ma is a rugalmasság növelését minden egyes részterületen.

⁸ Az elmélet angol megfelelője a stakeholder theory (lásd például Hörisch és szerzőtársai (2014) áttekintését).

⁹ Nem szabad elfeledkezni ugyanakkor az „érintettek” közötti esetleges érdekellentétokről sem, hiszen a feldolgozóipari energiafelhasználás szerkezetének átalakulása sokféle érintett egyenként sem egységesen, egyetlen irányba mutató érdekeinek összehangolását igényli. Az „érintettek” sokféleségét és eltérő érdekérvényesítési képességét jól áttekinti Harangozó és Zilahy (2015) tanulmánya.

¹⁰ A meginterjúvált feldolgozóipari cég esetében értelemszerűen a magyarországi helyzetkép elemzésére nem került sor. A beszélgetés a cég új gyárépületéről és az ehhez kapcsolódó folyamatfejlesztési megoldásokról szóló sajtóhírekkel indult. Ennek kapcsán kérdeztem rá arra, hogy vajon az értékáram-optimalizálás egyúttal az energiafelhasználás környezeti fenntarthatóságát is erősítette-e, illetve a cég, szintén sajtóhírekkel ismert, energiahatékonysági programja mit jelent a magyarországi gyakorlatban? A beszélgetés ezt követően ugyanúgy folytatódott, mint a tanácsadó cégekkel készített interjúk esetében.

¹¹ Mindez egybevág korábbi vizsgálatok eredményeivel. A korábbi magyarországi felmérések, bár egyenként különböző méretkategóriákra vonatkoztak, összességében erős korrelációt mutatnak a környezeti tudatosság és a vállalatmérték között. Rideg (2014) például, kialakított egy komplex energiatudatossági mutatót, amelyet 103 dél-dunántúli mikro-, kis- és középvállalat mintáján tesztelve, nagyon alacsony mértékű energiatudatosságot állapított meg, illetve azt, hogy a szlogeneken túlmenő gyakorlati lépéseket főként pályázati pénzek elnyerésének motivációjával tették a cégek. Bóna és Horváth (2017) azt vizsgálta, hogy stratégiai, versenyképességi kérdésként kezelik-e a hazai vállalatok a környezeti és társadalmi fenntarthatóság kérdéseit, illetve, hogy miként illeszkednek ezek a szempontok a hazai vállalati működés sikerkritériumai közé. A szerzők azt találták, hogy az ötven főnél nagyobb vállalatok körében is főként a szándékolt (nem pedig a realizált) stratégiában jelennek meg a környezeti fenntarthatóság szempontjai. Csutora és szerzőtársai (2014) a TOP 200 vállalat egy almintáján végeztek felmérést és azt találták, hogy bár ezek a cégek a nemzetközi átlagnál jobban ismerik és alkalmazzák a különböző környezetimenedzsment-eszközöket, az átlagosnál szkeptikusabbak ezek értelmével, megtérülésével és a vállalati imázsra gyakorolt kedvező hatásával kapcsolatban. Végül, Harangozó és szerzőtársai (2010) közel 500, döntő többségében közép- és nagyvállalat mintáján végeztek felmérést és azt találták, hogy OECD-összehasonlításban ezek a cégek nem minősíthetők kevésbé környezettudatosnak az átlagnál: rendelkeznek fejlett környezetimenedzsment-rendszerekkel és tesznek is valós lépéseket tevékenységük környezeti fenntarthatóságának javítása érdekében. A legnagyobb különbség a fejlett OECD-országok és Magyarország között inkább abban mutatkozik, hogy a hazai cégek leginkább a szabályozóknak való megfelelés céljából, illetve külföldi tulajdonosuk „ráhatása” következtében mutatkoznak környezettudatosnak, és nem üzleti lehetőségnek tekintik ezeket a beruházásokat.

¹² A legtöbben „új adómentek” tekintették az energetikaaudit-kötelezettségre és az ezzel kapcsolatos regisztrációs díjra.

¹³ Az energetikai audit követelményénél esetenként erősebb beavatkozási motivációt jelentett az energiairányításrendszer-tanúsítvány (ISO 50001) megszerzése: a tanúsítványhoz ugyanis nem elegendő az aktuális energiafelhasználási helyzet és a cselekvési, beavatkozási lehetőségek feltárása, hanem konkrét és folyamatos (nem egyszeri) energiamegtakarítási lépésekre, beruházások végrehajtására van szükség.

¹⁴ A járműipari vállalat esetében például, 2015-16-ban az energiaköltségek az árbevételnek mindössze fél százalékát tették ki Magyarországon. Ami az európai iparági átlagos adatokat illeti, az Ecofys (2016) adatai szerint, a textiliparban 2013-ban a termelés összes költségén belül, az energiaköltségek ~2,5%-ot tettek ki (Magyarországon ~8,5%-ot), a vegyiparban átlagosan ~7%-ot (Magyarországon ~4%-ot), a papíriparban 10%-ot (Magyarországon ~18%-ot), a vas- és acélkohászatban ~7,5%-ot, (Magyarországon ~10%-ot).

¹⁵ A meginterjúvált feldolgozóipari vállalat esetében például tíz év alatt megközelítőleg 400 ezer eurót ruháztak be a termelés energiahatékonyságának javításába Magyarországon. Ez idő alatt, a meginterjúvált menedzser számításai szerint, a megtakarítás kumulatív összege másfél millió euró volt.

¹⁶ Az energiahatékonyság ezekben az esetekben nem csupán a korszerű épületgépészeti (hűtés-légkondicionálás, szellőzés, fűtés, sűrített levegő) és szigetelési megoldások (vagyis az új épület) következtében emelkedik: a folyamatok optimális kialakításának figyelembevételével tervezett térben az átfutási idő is csökken, vagyis a stand-by üzemmód ideje lerövidül. Ez már önmagában energiahatékonyság-nö-

velő tényező, mivel stand-by üzemmódban is jelentős a felvett energiameennyiség.

- ¹⁷ Természetesen sok minden múlik a megtérülés-számítás módszerein: felújításra érett gyárépületek egyébként is elvégzendő korszerűsítése esetén például nem célszerű a teljes felújítási összeget alapul venni, csupán azt a többletet, amellyel az energetikai szempontok figyelembevétele a felújítás teljes költségét megnöveli. A tanácsadó cégek általában beavatkozási javaslatcsomagokat állítanak össze, ezek között „alacsonyán lógó gyümölcsök”, illetve közép- és hosszabb távon megtérülő beruházások egyaránt szerepelnek. A megtérülés-számítások tehát általában ezekre a csomagokra és nem egyetlen intézkedésre vonatkoznak.
- ¹⁸ Az energiátárolási kapacitás növelése ugyanakkor egyúttal az energi rugalmasságot is erősíti.
- ¹⁹ Forrás: Cleaner energy: new binding targets for energy efficiency and use of renewables. Press release: 28-11-2017, <http://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20171128IPR89009/cleaner-energy-new-binding-targets-for-energy-efficiency-and-use-of-renewables>

Felhasznált irodalom

- Abdelaziz, E. A. – Saidur, R. – Mekhilef, S. (2011): A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), p. 150-168. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.003>
- Beaudin, M. – Zareipour, H. – Schellenberglobe, A. – Rosehart, W. (2010): Energy storage for mitigating the variability of renewable electricity sources: An updated review. *Energy for Sustainable Development*, 14(4), p. 302-314., <https://doi.org/10.1016/j.esd.2010.09.007>
- Beier, J. – Thiede, S. – Herrmann, C. (2017): Energy flexibility of manufacturing systems for variable renewable energy supply integration: Real-time control method and simulation. *Journal of Cleaner Production*, 141, p. 648-661., <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.040>
- Bóna, P. – Horváth, Cs. (2017): Feldolgozóipari vállalkozások működése a fenntarthatóság érdekében. *Vezetéstudomány*, 48(1), p. 81-91., DOI: 10.14267/VEZTUD.2017.01.0 8
- Cagno, E. – Worrell, E. – Trianni, A. – Pugliese, G. (2013): A novel approach for barriers to industrial energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, p. 290-308., <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.007>
- Csutora, M. – Kerekes, S. – Tabi, A. (2014): Sustainability management in Hungary. In: Schaltegger, S. – Windolph, S. E. – Harms, D. – Hörisch, J. (eds.) (2014): *Corporate Sustainability in International Comparison*. Cham: Springer, p. 105-119., https://doi.org/10.1007/978-3-319-06227-3_8
- Denholm, P. – Hand, M. (2011): Grid flexibility and storage required to achieve very high penetration of variable renewable electricity. *Energy Policy*, 39(3), p. 1817-1830., <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.01.019>
- Ecofys (2016): Annex 4: Data for industrial analysis. (Annex of the Final Report prepared for DG Energy) Prices and costs of EU energy. Final report is available at: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/report_ecofys2016.pdf Annex data are available at: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/annex4_ecofys2016.pdf
- Fodor, B. (2013): Kihívások és lehetőségek a hazai megújulóenergia-szektorban. *Vezetéstudomány*, 44(9), p. 48-61.

- Fodor, L.* (2017): A megújuló energiák szabályozása Ausztriában. Rövid bevezetés. In: Ünnepi tanulmányok Prugberger Tamás professzor 80. születésnapjára. Miskolc: Miskolci Egyetem, p. 1-9. Letölthető: <http://real.mtak.hu/39818/>
- Fysikopoulos, A. – Pastras, G. – Alexopoulos, T. – Chrysosolouris, G.* (2014): On a generalized approach to manufacturing energy efficiency. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 73(9-12), p. 1437-1452., <https://doi.org/10.1007/s00170-014-5818-3>
- Harangozó, G. – Kerekes, S. – Zsóka, Á.* (2010): Environmental management practices in the manufacturing sector — Hungarian features in international comparison. *Journal for East European Management Studies*, 15(4), p. 312-347.
- Harangozó, G. – Zilahy, G.* (2015): Cooperation between business and non-governmental organizations to promote sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 89, p. 18-31., <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.092>
- Hörisch, J. – Freeman, R. E. – Schaltegger, S.* (2014): Applying stakeholder theory in sustainability management: Links, similarities, dissimilarities, and a conceptual framework. *Organization & Environment*, 27(4), p. 328-346., <https://doi.org/10.1177/1086026614535786>
- IEA International Energy Agency* (2017): *World Energy Outlook 2017*. Paris: IEA
- Joo, J. Y. – Raghavan, S. – Sun, Z.* (2016): Integration of Sustainable Manufacturing Systems into Smart Grids with High Penetration of Renewable Energy Resources. In: *Green Technologies Conference (GreenTech)*, 2016 IEEE, p. 12-17., DOI: 10.1109/GreenTech.2016.10
- Konziella, H. – Bruckner, T.* (2016): Flexibility requirements of renewable energy based electricity systems – a review of research results and methodologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, p. 10-22, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.199>
- Kuhlmann, T. – Bauernhansl, T.* (2015): Method for Designing an Energy-agile Energy System for Industrial Manufacturing. *Procedia CIRP*, 29, p. 179-184., <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.005>
- Merkert, L. – Harjunkoski, I. – Isaksson, A. – Säynevirta, S. – Saarela, A. – Sand, G.* (2015): Scheduling and energy – Industrial challenges and opportunities. *Computers & Chemical Engineering*, 72, p. 183-198., <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2014.05.024>
- Patton, M. Q.* (1990): *Qualitative evaluation and research methods*. Newbury Park, CA: SAGE Publications
- RE100* (2017): *Accelerating change: how corporate users are transforming the renewable energy market*. RE100 Annual Report 2017. (Letöltve: <http://re100.org>, 2017. október 24.)
- Rideg, A.* (2014): A vállalati működés energetikai jellemzői a mikro-, kis- és közepes vállalati szektorban. Egy kismintás, unikális, dél-dunántúli MKKV energetikai felmérés gyakorlati tapasztalatai. *Sugo Szemle*, 1(2).
- Schleicher-Tappeser, R.* (2012): How renewables will change electricity markets in the next five years. *Energy Policy*, 48, p. 64-75., <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.042>
- Shrouf, F. – Ordieres-Meré, J. – García-Sánchez, A. – Ortega-Mier, M.* (2014): Optimizing the production scheduling of a single machine to minimize total energy consumption costs. *Journal of Cleaner Production*, 67, p. 197-207., <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.024>
- Váncza, J. – Monostori, L. – Lutters, D. – Kumara, S. R. – Tseng, M. – Valckenaers, P. – Van Brussel, H.* (2011): Cooperative and responsive manufacturing enterprises. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 60(2), p. 797-820., <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2011.05.009>
- Weeber, M. – Lehmann, C. – Böhner, J. – Steinhilper, R.* (2017): Augmenting Energy Flexibility in the Factory Environment. *Procedia CIRP*, 61, p. 434-439., <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.12.004>