

Csapi Vivien

Villamosenergia-portfóliók reálopció-s elemzése

ÖSSZEFOGLALÓ: A komplex műszaki rendszerek nagy méretű, sok esetben gigaberuházásainak karakterisztikái multidiszciplináris döntéshozatalt kívánnak meg. A döntéshozatal alapját képező beruházási jellemzők, a döntéshozatal háttérében meghúzó-dó optimalitási kritériumok, az értékelési modellek paramétereinek azonosítása a műszaki és gazdasági szakemberek kölcsönös együttműködése által valósulhat meg. Kutatásom során arra törekedtem, hogy a kapacitástervezés módszertani alapjainak megismerésén, az egyes eljárások tesztelésén keresztül cáfoljak olyan, már-már kőbe vésett prekonceptiókat, mint hogy a hagyományos technológiák ellentmondást nem tűrően, minden körülmények között uralják a megújuló technológiákat; vagy hogy a villamosenergia-rendszerekben végbemenő paradigmaváltás főszereplői csakis a megújuló energiaforrás-alapú technológiák lehetnek. E cáfolat főszereplőjének a portfólió-, valamint a reálopció-elméletet választottam, mint az optimális villamosenergia-összetételt meghatározó kritériumokat maradéktalanul kielégíteni képes módszertant. A tanulmány empirikus eredményeivel, valamint kvalitatív érveivel annak a bizonyítása, hogy a reálopció-, valamint portfólióelmélet együttesen, a diverzifikáció, valamint a rugalmasság előnyeinek megragadásán keresztül képes a kapacitástervezők számára az optimális villamosenergia-összetételt leginkább szolgáló keretrendszer biztosítására.¹

KULCSSZAVAK: reálopció, bizonytalanság, rugalmasság, összetétel, kölcsönhatás

JEL-KÓD: G31, G32

A következő munka a megváltozott piaci körülmények, illetve a fogyasztói és szabályalkotói elvárások átalakulásának következtében jelentős és fokozott bizonytalanságnak kitett villamosenergia-szektor irreverzibilis beruházásainak értékelésére épülő; az időbeli és működési rugalmasságokat egyaránt aktívan kereső, felismerő és kihasználó menedzseri döntések mozgatóit veszi számba, különös tekintettel az összetétel-tervezés beruházási megfontolásaira.

A harmadik évezredben a legtöbb fejlett ország elfordult a nukleáris technológiától, elsősorban költségmegfontolásokra, annak társadalmi elfogadottságára, valamint feltételezett veszélyeire és sebezhetőségére hivatkozva. A világ a megújuló villamosenergia-termelési

technológiákban látta a korlátlanul rendelkezésre álló erőforrásbázis, az új vállalkozások és munkahelyek teremtésének, az extern erőforrásoktól való függőség csökkenésének és nem utolsósorban az üvegházhatású gáz kibocsátás visszaszorításának lehetőségét.

Hamar kiderült azonban, hogy az új technológiák megjelenése mellett immáron a piaci bizonytalansági tényezők és a versenytársak által is fenyegetett, profitjuk maximalizálására fókuszáló erőmű-üzemeltetők nem képesek azonosulni a jelenlegi profitjukat a jövőbeli extern (pénzáramokban közvetlenül vissza nem tükröződő) előnyökért cserébe átváltási kapcsolattal. Emellett a megrögzötten ártudatos fogyasztóknak is mindössze elenyésző hányada engedett a környezettudatosság nyomásának. A szabályalkotókra hárult a két szereplő közötti közvetítő kapocs szerepének betöltése,

Levelezési e-cím: csapiv@ktk.pte.hu

a fogyasztók érdekelte tétele egy fenntarthatóbb energiarendszer szolgáltatásainak igénybevételére, illetve a termelők motivációja egy, a fogyasztók számára még elfogadható költség-szintű, profit- és környezeti szempontból is optimális villamosenergia-összetétel kialakítására.

A kutatásom során arra törekedtem, hogy a kapacitástervezés módszertani alapjainak megismerésén, az egyes eljárások tesztelésén keresztül cáfoljak olyan, már-már kőbe vésett prekonceptiókat, mint hogy a hagyományos technológiák ellentmondást nem tűrően, minden körülmények között uralják a megújuló technológiákat; vagy hogy a villamosenergia-rendszerekben végbemenő paradigmaváltás főszereplői csakis a megújuló energiaforrás-alapú technológiák lehetnek. E cáfolat főszereplőjének a portfólió-, valamint reálopció-elméletet választottam, mint az optimális villamosenergia-összetételt meghatározó kritériumokat maradéktalanul kielégíteni képes módszertant. Vizsgálataimat a villamosenergia-termelők szemszögéből végeztem. Az empirikus kutatáshoz kiválasztott tíz villamosenergia-termelési technológia: a szén-, a kőolaj-tüzelésű erőművek, a kombinált ciklusú gázturbinás (CCGT-) erőmű, a nukleáris erőmű; a szél-erőmű, a biomassa-erőművek, a földgáz CHP-kapcsolt hő- és villamosenergia erőmű; a nap PV- (fotovoltaikus) napelem, a nap termál CSP-szolár termál-erőmű, valamint a geotermikus erőművek. E tanulmány célja, hogy a matematikai modellezésre épülő portfólióelméleti és reálopció keretrendszer segítségével ismertesse a villamosenergia-szektorra jellemző beruházások összetett dinamizmusát. Olyan költség- és hozamalapú modelleket használok fel, illetve hozok létre (a sztochasztikus szemlélet részleges figyelembevételével), amelyek képesek a fokozottan bizonytalan környezetben tevékenykedő termelővállalatok beruházási döntéshozatalának támogatására. A dolgozat nem titkolt célja az

optimális beruházási döntéstámogatás mellett a villamosenergia-termelési technológiák keresletének és kínálatának alakulását befolyásoló modell output-elemzése.

OPTIMALITÁS

Kezdetben a gazdaságossági szempontok nem kerültek előtérbe, a kapacitástervezéskor csupán a szolgáltatás mindenkori megbízható és biztonságos ellátása kapott hangsúlyt. Ahogy az *1. ábra* is mutatja, a költségminimalizálás megjelenésével e cél nem tűnt el, csupán kiegészült a költségek minimalizálása, valamint a profitmaximalizálás kívánalmával, amely cél mára az árhatékonyság, a megbízhatóság, a biztonság, a rugalmasság, a környezeti megfontolások, a társadalmi elfogadottság, valamint a meglévő termelőkapacitások figyelembevételével a stratégiai érték megragadása képesség által meghatározott.

A szektorra jellemző, időben és térben nem elhatárolható, egymással versengő, folyamatosan változó paraméterek által determinált optimalizálási céloknak ennek megfelelően az ellátásbiztonságot, a költségminimalizálást, valamint a profitmaximalizálást tekintetem.

PORTFÓLIÓSZEMLELET A VILLAMOSENERGIA-SZEKTORBAN

A Markowitz-féle portfólióelmélet pénzügyi instrumentumok terén elért sikereinek csúcán fokozott igény jelent meg a liberalizált villamosenergia-szektoron belül az egyre kiterjedtebb és fenyegetőbb bizonytalansági tényezőket tartalmazó kockázatkataszter kezelésére képes módszerek iránt. A portfólióelmélet reáltőkejavak optimális összetételének meghatározására irányuló alkalmazása lehetővé teszi a jövőbeni költségekkel és bevételekkel kapcsolatos kockázatok, valamint az egyes techno-

OPTIMALITÁSI KRITÉRIUMOK A VILLAMOSENERGIA-SZEKTORBAN



Forrás: saját szerkesztés

lógiaiak közötti kölcsönhatások figyelembevételét mind termelői, mind szabályozói, mind fogyasztói oldalról, ugyanakkor hangsúlyosan egy időben csupán egy nézőpontból.

A villamosenergia-tervezés véleményem szerint ezen a ponton távolodott el végérvényesen az egyetlen, legalacsonyabb költségű alternatíva felkutatásának követelményétől, hogy inkább a hatékony villamosenergia-előállítási portfóliók azonosítására koncentráljon.

A portfólióelmélet alkalmazása az egyes technológiák (költség-) kockázatának minimalizálásán keresztül hozzájárul a villamosenergia-összetétel megbízhatóságának és biztonságának javulásához, ahol az utóbbi alatt jelen esetben az ellátás hirtelen zavarával ellentétben a villamosenergia-költségek váratlan emelkedésének kockázatcsökkenését értem. A módszer a hatékony portfóliók azonosításával alkalmas a technológiák közötti diverzifikáció előnyeinek értékelésére, így el-

sőként mutat fel eredményeket a rugalmasság optimalitási kritériumának terén. Vagyis a portfólióelmélet képes az optimalitás magasabb fokán álló villamosenergia-összetétel azonosítására.

OPCIONALITÁS A VILLAMOSENERGIA-SZEKTORBAN

A villamosenergia-szektor a beruházásokat körülvevő jelentős mértékű bizonytalanságnak, valamint a magas elsüllyedt költségek és a beruházásidőzítés rugalmassága közötti interakció kombinálásában rejlő potenciálnak együttese tette különösen érdekes területté a reálopció-vizsgálatok számára. A reálopcióelmélet központi premisszája szerint a menedzseri döntések fókuszában a flexibilitást növelő, a bizonytalanságot csökkentő opciók létrehozatala, majd ezek lehívása (érvényesíté-

se) vagy le nem hívása (nem érvényesítése) áll. Amennyiben képesek vagyunk – ezen kettős törekvésünk szem előtt tartásával – reálopciókat felismerni, létrehozni, illetve alkalmazni, nem egyszerűen a kockázatokkal szembeni ellenálló-képességünk javulása valósulhat meg, de hosszú távon a részvényesi érték növekedése is, az alacsonyabb költségszerkezet vagy a magasabb árbevétel szint eredményeként (Arnold and Shockley, 2003).

Amennyiben egy szakember a reálopció-elméletet használja fel beruházási döntése során, nem egyetlen reálopciót vizsgál, hanem reálopciók sokaságát, vagyis reálopciók portfólióját. A reáleszközök esete a portfólióelmélet feltevésénél gazdagabb kiindulási keretrendszer igényel, hiszen nem kisebb feladattal találjuk szembe magunkat a reáleszközök és a reáleszközökbe ágyazott reálopciók halmazának vizsgálatakor, mint a közöttük lévő kölcsönhatások megragadásának kényszere. Sőt, sok esetben többszörös, egymással kölcsönhatásban lévő, ugyanarra az eszközre irányuló, összetett opciók is léteznek.

Csaknem másfél évtizeddel az első átfogó szakirodalmi hivatkozások megjelenését követően (Dixit – Pindyck, 1994; Trigeorgis, 1996) a reálopció-elmélet mára jól kidolgozott széles körben elfogadott elméletté nőtte ki magát az egyedi projektértékelés szintjén. Bár az ugyanazon eszközre irányuló reálopciók kölcsönhatásának vizsgálatával már Brennan és Schwartz (1985), Kulatilaka (1995), valamint Dixit és Pindyck (2000) munkáiban is találkozhatunk, a portfólióelmélet reálopció-s görcső alá vétele, vagyis különböző reáleszközökre irányuló opciók közötti kölcsönhatás azonosítására és számszerűsítésére koncentrááló kutatási irányvonal a mai napig háttérbe szorul. Egy konkrét beruházási lehetőség értékelése egy kockázatos világban azonban figyelembe kell, hogy vegye az adott lehetőség sztochasztikus korrelációját minden egyéb lehetőséggel. Mindez azt jelenti, hogy optimális

globális stratégiára csak akkor lelünk, ha minden releváns alternatívát szimultán figyelembe veszünk (Franke – Hax, 1998).

A publikációk, kísérletek elsősorban egy konkrét problémára koncentráltak, amikor nélkülözhetetlen volt kölcsönhatásokat figyelembe venniük, és nem explicite magát a kölcsönhatás jelenséget vizsgálták. Kiemelhető ezen munkák közül Trigeorgis (1993) és Kulatilaka (1995) munkája, akik vizsgálták az opciók közötti kölcsönhatást, és rávilágítottak, hogy egy projekten belül létező reálopciók sokaságát nem célszerű külön értékelni. Kester (1993) a szakaszos termékbevezetés esetét vizsgálja (növekedési reálopció), amely szinergiákat és tanulási hatást eredményezett. Childs és társai (1998) két projektet vizsgáltak, amelyek párhuzamosan fejleszthetők, de közülük csak egy valósítható meg. Bár ezek a tanulmányok foglalkoztak a reálopciók portfóliójával, egyikük sem vizsgálta meg expliciten a reálopciók portfóliójának értékelési problémáját.²

Tanulási hatás

A reálopciók portfólióját vizsgálva jelen van egy tanulási hatás a más eszközökre kifejtett információs spill-overek formájában. Dias (2006) a portfólióelméletet, a korreláció szinergiában és tanulásban játszott szerepére hangsúlyt fektetve terjeszti ki a reálopciókra, amikor kőolaj-feltárási portfóliókat vizsgál. A portfóliószemlélet véleménye szerint lehetővé teszi a tanulási hatás szerepének, a két vagy több eszköz közötti szinergiának, valamint a halasztási opciók portfóliótervezésre kifejtett következményeinek megértését. A tanulás itt azt jelenti, hogy egy opció lehívásával egy pozitív externáliát hozunk létre egy másik eszközre úgy, hogy az első lehetőség kihasználása vonzóbbá vagy kevésbé vonzóvá teheti a másikat.

Szinergiahatás

A reálopciók összességének vizsgálatával, azok szakaszos, illetve együttes lehívásával a létrejövő méret- és változatosság-gazdaságosság hatására egyfajta szinergiahatás érvényesül. A projektek oszthatatlansága, illetve egyéb gyakorlati szempontok (erőforrás-kényszer) megkövetelnek egy adekvát intertemporális portfólióerőforrás-tervezést a reálopciók optimális lehívásának megvalósítása érdekében (Dias, 2006). Két reálopció közötti szinergia szerint az egyesített reálopció érték nagyobb, mint az egyedi reálopciók értékek összege. Mindez azt jelenti, hogy például a kutatás-fejlesztési beruházásokat méretnöveléssel egyesíthetjük a projektek közötti szinergia kiaknázása érdekében, növelve az egyesített fejlesztés reálopció-értékét. A feltárási opció egy összetett reálopció, mivel a lehívás esetében, valamint a siker esetén egy újabb opciót kapunk, mégpedig a felfedezett olajmező kiaknázásának lehetőségét, ahol az egyik beruházás megvalósulása a másikra szintén hatással lesz.

Értékadditívitas

Elsőre a reálopciók értékadditívitasát feltételezhetnénk, ahogyan a pénzügyi opcióknál, vagyis, hogy általában az eszközök összességének értéke megegyezik az egyenként vett eszközök értékének összegével. Az elvet sikeresen alkalmazták korábban mind pénzügyi eszközökre, mind beruházási projektek értékelésénél, tőke-költségvetési kérdésekben. Ez azonban téves feltételezés a reálopciók esetében. A pénzügyi opciók bizonyos mennyiségű alaptermék elosztási jogait testesítik meg, amely alaptermékek értéke jellemzően független az opció létezésétől magától. Ezzel szemben a reálopciók gyakran elválaszthatatlanul összekapcsolódnak az alaptermékkel, hiszen az

alaptermék tulajdonjoga előfeltétele az opció birtoklásának és ezzel az opció lehívása hatásával lesz az alaptermék értékére.

Diverzifikációs hatás

A Markowitz-féle portfólió szelekciós modell értelmében mindaddig, amíg nem létezik tökéletesen pozitív korreláció a vizsgált értékpapírok hozamai között, a kockázat diverzifikációval csökkenthető, vagyis a portfólióelemzés releváns paramétere az együttmozgás iránya, illetve az együttmozgás erőssége. A finanszírozási döntésektől távolodva egy vállalat beruházási programja nem más, mint reáleszköz-beruházások halmaza, amelyben a diverzifikáció releváns tényező lesz, hiszen a különálló projektek pénzáramprofilja jellemzően nem tökéletesen pozitív korrelációs kapcsolatot mutat. Amennyiben egy újabb projektet adunk a portfólióhoz, a portfólió aggregált kockázata jellemzően kisebb mértékben fog növekedni, mint a projekt különálló kockázata.

Bár a diverzifikáció impliciten a működési opció nélküli önálló projektek piaci értékei közötti korreláció, nem tekinthető releváns portfólióaspektusnak; a reálopciók esetében a korreláció relevánssá válik akkor, amikor a különálló projektek és a működési opciók egyesítésével létrejövő új piaci értéket vizsgáljuk.

Közvetlen kvalitatív kölcsönhatások

Betge (1995) osztályozása alapján a közvetlen kvalitatív kölcsönhatások azok a kapcsolatok, amelyek eredete a beruházási tervben³, vagy a már üzembe helyezett, de továbbra is pénzáramot generáló beruházások kölcsönhatásaiban keresendő. A direkt kvalitatív kölcsönhatások nem sztochasztikus kapcsolatokból származnak, hanem a projekt fizikai tulajdonságaiból. Vagyis a diverzifikációval ellentétben

ezek semmiképpen sem hagyhatók figyelmen kívül.

Az azonos technikai tulajdonságokkal és funkcióval rendelkező projekteket egymást kölcsönösen kizáró projekteknek tekintjük, amelyek a közvetlen kvalitatív kapcsolat szempontjából egymást szigorúan helyettesítőnek minősülnek. Egy termékvonal esetében egy adott projekt megkövetelheti egyidejűleg egyéb projektek azonos idejű létezését, ezeket nevezzük beruházási értelemben egymástól függő, a kvalitatív kapcsolat szempontjából egymást szigorúan kiegészítő projekteknek.

A való élet azonban ezen két véglet mellett természetesen ettől eltérő, átmeneti kapcsolatokat is létrehozhat. Fokozatos kapcsolatnak tekintjük, amikor egy projekt pénzáramprofilját pozitívan és/vagy negatívan befolyásol más projektek létezése. Pozitív fokozatos kölcsönhatás áll fenn például egy olyan erőmű esetében, amelynek termelékenysége növekszik a többi erőművel való szinergia folytán. Ezek a kölcsönhatások lehetnek kölcsönösök vagy csupán egyirányúak. Kölcsönhatás jön létre két erőmű között, amennyiben mindkettő előnyre tesz szert a szinergia által, illetve egyirányú a kapcsolat, amikor a két erőmű közül az egyiket egyáltalán nem befolyásolja a másik létezése. Természetesen egyéb kombinációk is elképzelhetők, úgy mint két erőműnek az esete, ahol az egyiket pozitívan, a másikat negatívan érinti a másik létezése.

Összefoglalóan ezek a kölcsönhatások befolyásolhatják a projektek profitabilitását, illetve azok megvalósíthatóságát egyaránt. Természetesen, ahogyan azt a beruházásmélet irodalmából megismerhettük, előfordulhat, hogy a projektek között nem érvényesül semmiféle kölcsönhatás, ebben az esetben egymástól független beruházásokról beszélünk. A következőkben igazodva Hax (1985) feltevéseihez csupán az egymást szigorúan kiegészítő projektekre koncentrálok, hiszen a kölcsönhatás-vizsgálatoknak szigorú értelemben csupán ezen projektek esetében van értéke.

Indirekt kvalitatív kölcsönhatás

A kölcsönhatásnak ez a fajtája kvalitatívnak tekinthető, mert nem sztochasztikus kapcsolatok következménye. Közvetett, mert olyan általános körülmények és korlátok eredménye, amelyek nem szükségszerűen velejárói a beruházási projekteknek, és ezért elkerülhetők lehetnek, például további finanszírozási források felkutatásával (Brosch, 2001).

A közvetett kvalitatív kölcsönhatás az erőművek közötti összehangoltság hiányából fakadó kvalitatív kölcsönhatásokat fedi le. Az erőművek tökéletes harmonizációjának hiányában a korlátos erőforrásokért versenyző projektek, valamint e verseny következtében létrejövő kölcsönhatások akár egyetlen erőmű szűk keresztmetszetté válását eredményezhetik. Ezek a kölcsönhatások (korlátos erőforrások, költségvetési korlát) meghaladják a beruházási tervező hatáskörét. A korlátos finanszírozási erőforrások következtében nem minden projekt támogatható.

Ebben a kontextusban a korlátos finanszírozási források azonosak bármely más tervben értelmezett szűkösséggel.⁴ A közvetett kvalitatív kölcsönhatásokból eredő portfólióaspektus relevanciája a szakirodalmi forrásokban sem egyértelmű. Egyrészt amennyiben korlátos terveket feltételezünk, a jelenlegi tervek közötti dinamika (kölcsönhatások), a beruházási alternatívák, valamint a jövőbeni tervek együttes modellezésére vállalkozunk, amely meghaladja e tanulmány kereteit. Másrészt az amúgy tökéletes világban is csak nehezen leírható közvetett kölcsönhatások eredhetnek a releváns piacok súrlódásából vagy a vállalat önkéntesen vállalt szervezeti kialakításából (Trigeorgis, 1996). Ezeket vagy megkíséreljük közelíteni, amelynek nehézsége általában szuboptimális eredményekhez vezet, vagy eltekintünk a létezésüktől, tehát irrelevánsnak minősítjük őket. A következőkben a modellezési feladat komplexitásának egyszerűsítése érdekében az utóbbi

utat választottam és eltekintek a közvetett kvalitatív kölcsönhatások vizsgálatától.

Az opciók közötti kölcsönhatások

Ahhoz, hogy megértsük az opciók közötti kölcsönhatást, vegyünk két európai típusú reál-opciót ugyanarra az alaptermékre, különböző lejáráttal. A rövidebb futamidővel rendelkező reál-opció az első opció, míg a később lejáró a második. A két opció értékelése egy időpontban kell, hogy megtörténjen, azonban a két opcióra kifejtett értékhatás, statikus módon külön-külön is kimutatható (Trigeorgis, 1993; Culik, 2010).

Amennyiben bevonjuk az elemzésbe a második opciót, az első opció értéke módosulni fog, hiszen alaptermékének értéke már nem csupán egy reália értéke, de annak a második opció értékével növelt értéke. Mivel az opcióérték sosem lehet negatív, az alaptermék értéke vagy változatlan lesz, vagy nagyobb a második opcióval. Amennyiben az első opció egy vételi (eladási) opció, az értéke növekedni (csökkenni) fog a második opcióval. Vagyis például egy növekedési opció értéke növekedni fog, amennyiben a második opció egy elvetési opció. Mindez könnyen elfogadható: a második opció tekinthető kvázi biztosításként a jövőbeli negatív kimenetekkel szemben, így a döntéshozó minden egyéb tényező változatlan-sága mellett nagyobb hajlandóságot mutat a növekedési opció lehívására. Következésképpen az első opció csupán akkor árazható be, ha a második opciót is figyelembe vettük.

Az első opció lehívása módosíthatja az alapterméket, és annak értékét, amely egyben a második opció alapterméke. Ezzel a módosítással előfordulhat, hogy a növekedési opció lehívását követően kevésbé valószínűvé válik a második, elvetési opció lehívása, vagyis a második opció értéke csökkenni fog. Mindez azt mutatja, hogy a második opció nem árazható be az első figyelembevétel nélkül.

Mivel mindkét opció befolyásolja a másikat, szimultán kell árazni őket: az első vételi opció értéke növekszik a második, eladási opció értékével, ugyanakkor ahhoz, hogy beárazzuk a vételi opciót, szükségünk van az eladási opcióra, vice versa. A negatív kölcsönhatás extrém esete lehet, amikor a portfólió értéke megegyezik a legértékesebb, izolált opció értékével. Végül az is elképzelhető, hogy egyáltalán nincs is kölcsönhatás a vizsgált opciók között. Amennyiben több mint két opció létezik ugyanarra az alaptermékre vonatkozóan, a probléma még komplexebbé válik, ugyanakkor a kölcsönhatás alapelvei változatlanok maradnak: az opciókat egyidejűleg kell árazni.

Mindez azonos egy összetett opció esetével, egy opcióval az opcióra, ahol az első opció alapterméke a második opció. Egyértelmű, hogy ebben az esetben az opciók szimultán árazására van szükség: a kötési ár a szükséges árazási input és itt a kötési ár megegyezik a másik opció ismeretlen értékével. Ugyanakkor az ismertett reál-opciós jellemzők és az összetett opció közötti analógia nem egyértelmű, mivel a leírt reál-opciók nemcsak akkor keletkeznek, ha egy másik opció lehívásra került.

Az opciók közötti korreláció

A célunk egy olyan új piaci érték meghatározása, amelyet a különálló projektek kombinálásával érünk el és ezen új és a régi piaci érték közötti különbség az értékteremtés mértéke. Egy különálló projekt, valamint egy reál-opció az opciós keretrendszerben mint összetett opciók árazódnak. Most vegyünk egynél több projektet. Amennyiben ezek a projektek teljesen függetlenek egymástól, akkor természetesen a projektértékek közötti korreláció irreleváns. Ezzel szemben: amennyiben ezek a projektek bármilyen kölcsönhatásban állnak és ezáltal szimultán árazandók, akkor a korreláció fontossá válik. Amennyiben több

projektet értékelünk, az adott alaptermékek értékének több sztochasztikus folyamata modellezendő, beleértve az azok közötti korrelációt is. Az értékelésnek figyelembe kell vennie, hogy ezek a folyamatok hogyan mozognak együtt, mindez analóg a standard pénzügyi összetett opciók árazásával.

Általánosságban a korreláció lehet konstans vagy időben változó, a reálopciók lehívásától függően. Fontos megjegyeznünk, hogy a korreláció lehet egyfajta mellékhatás, illetve az is elképzelhető, hogy létezik egy olyan reálopció, amelynek egyetlen célja a korreláció befolyásolása. Ez az eset áll fenn akkor, amikor a reálopció lehívásával a projektérték volatilitása az alaptermék értékével szemben változik, így ez az opció lényegében az ármozgásokra reagálást szolgálja. Erre tipikus példa lehet a kettős fűtőanyagú erőmű esete (Kulatilaka, 1993).

EMPIRIKUS EREDMÉNYEK

A *Pénzügyi Szemle* 2013. évi 4. számában részletezett villamosenergia-termelési technológiák egyedi reálopciók értékelését követően a reálopciók portfóliójával, a reálopció által teremtett stratégiai értéknek portfólió-összetételre kifejtett hatásával foglalkozom. Arra keresem a választ, hogy az egyes termelési technológiák kockázat-hozam karakterisztikájának adekvát becslését lehetővé tevő reálopciók keretrendszer hatékony döntéstámogatási eszköznek bizonyul-e jelenünk kapacitástervezői számára.

A kutatás során a számításokhoz felhasznált paramétereket két csoportba sorolhatjuk, a műszaki, technológiai eredetű tényezőkre, valamint a pénzügyi-gazdasági becslésekre alapozott változókra. Technikai paraméterek: kivitelezési idő, hasznos élettartam, kapacitás- (terhelési) faktor, hatékonysági ráta, méret, tőkeköltés. A pénzügyi-gazdasági paraméterek: beruházási költség, működési és karbantartási fix költség, működési és karbantartási változó költség, fű-

tőanyagköltség, karbonköltség. Számításaim során 13 adatbázisra támaszkodtam (AEO, 2008; AEO, 2011; EERE, 2008; EIA, 2010; IEA, 2010; Minicam, 2008; NREL-SEAC, 2008; Oxera, 2011; POWER SWITCH, 2003; PB, 2011; Raeng, 2004; Risto T. – Aija, K. 2008; Stretton S., 2010). Az adatbázisok eltérő részletezettséggel közölnek eltérő mértékegységű, pénznemű, illetve időpontra vonatkozó információkat a technikai, valamint pénzügyi-gazdasági paraméterekről. Következésképpen számításaim kivitelezése érdekében első lépésben „közös nevezőre” kellett hoznom ezeket az adatokat, vagyis elvégeztem a megfelelő átváltásokat, illetve az átlagos beruházási élettartamhoz kapcsolódó futamidejű állampapír hozamára alapozott 8 százalékos kockázatmentes rátával az egy időpontra hozatazt. Ezt követően a kapott adatok továbbra is jelentős szóródást mutatnak, amelynek érdekében minimumokat, maximumokat, valamint átlagértéket számoltam, majd minden egyes paraméter esetében megfelelő indoklást követően a felhasználandó adathalmazt kiválasztottam.

Az optimalitás vizsgálatot a Microsoft Excel™ Solver segítségével végeztem el, a hazai villamosenergia-portfólióba potenciálisan bevonható technológiára nézve.⁵ A korlátok megfogalmazásakor a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság (a továbbiakban: Mavir Zrt.) által minden évben, a Magyar Villamosenergia-rendszerről (VER) közölt statisztikai adatokat (2011) használtam fel, amelyek szerint a hazai villamosenergia-termelés éves szinten 40 TWh.⁶

Az egyes technológiák villamosenergia-termelésére vonatkozó korlátokat azok múltbeli adatsorainak átlagai alapján határoztam meg. A futtatás eredménye szerint egy, a fenti korlátoknak megfelelő, költségminimalizáló portfólió 15 százalékban szén, 28 százalékban földgáz, 38 százalékban nukleáris technológiából, valamint 20 százalékban szárazföldi szélenergiából származik.

A kapott eredmény szerint fixen a portfólióba bevonandó szén-, földgáz- és nukleáris technológia mellett a szárazföldi szélerőművek bevonása érdemes 8 millió MWh-nyi termeléssel, ami figyelembe véve az aktuális hazai összetételen belüli 1,43 százalékos, 534 ezer MWh-nyi szélenergia-alapú villamosenergia-termelést, nyilvánvalóan nem reális részesedés. A Magyar Szélenergia Társaság (2010) adatai szerint a hazai szárazföldi szélerőművek átlagos teljesítménye 2 MW erőművenként, ami a külföldi adatbázisokból elérhető átlagos 37 százalékos terhelési tényező alapján egységként 6500 MWh-nyi villamosenergia-termelést helyez kilátásba. A 8 millió MWh-nyi termelést 1230 egységnyi szélerőmű képes előállítani. Vagyis ezen a ponton célszerűnek láttam egy újabb korlát megfogalmazását, még-

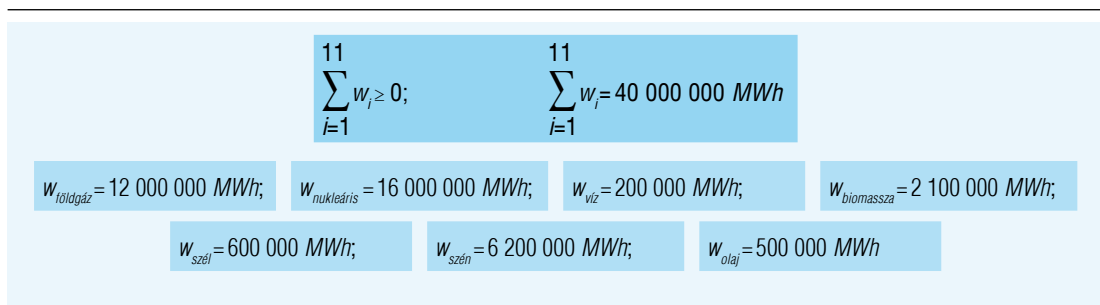
pedig a megújuló energiaforrás-alapú technológiákra vonatkozóan.⁷

A megújuló energiaforrás-alapú technológiák egységmérete alapján megfogalmazott reális modellkorlátok eredménye a biomassza, valamint a geotermikus technológiák térnyerése. Ezt követően a kapott adatokhoz, összetételekhez és a teljes költségeljárással való összehasonlítás érdekében célszerűnek láttam az aktuális hazai villamosenergia-összetételre vonatkozó modellfuttatást. (1. képlet)

További modellspecifikációként a potenciálisan az összetételben szereplő, illetve szerepeltethető technológiák jelenlegi súlyarányát alsó korlátként, illetve a Kádár (2010) által megfogalmazott bővítési lehetőségek alapján kalkulált kapacitásarányokat felső korlátként definiáltam. (2. képlet)

1. képlet

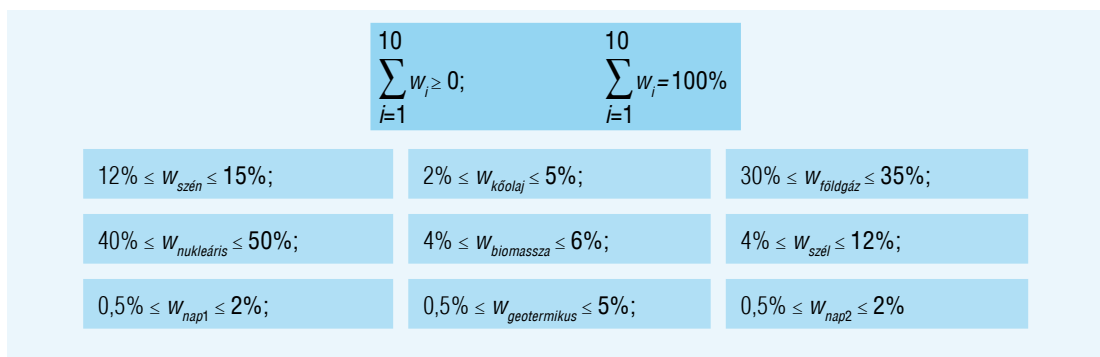
A MODELL KORLÁTAI



Forrás: saját szerkesztés

2. képlet

A 3 MODELL ALSÓ FELSŐ KORLÁTAI⁸



Forrás: saját szerkesztés

Kutatásom során a források által leggyakrabban alkalmazott, a gyakorlati szakembereket sem elrettentő, nem mellesleg módszertani kvalitásaimmal szinkronban lévő MC-szimulációs eljárással végeztem el az egyes erőmű beruházások volatilitásának becslését. A Crystal Ball-alkalmazás segítségével állapítottam meg a kiválasztott bizonytalansági tényezők valószínűség-eloszlását, átlagértékét, valamint szórását.

A portfólióoptimalizálási problémát az opcióárazás során azonosított opcióértéknek a projektek átlagos geometriai hozamára kifejtett hatásán, illetve a kvantifikálható bizonytalansági tényezők együttes hatását tükröző projektérték-kockázaton keresztül közelítettem. A célom egy egyedi jutalom a variabilitásért ráta, vagyis a portfóliókockázat egységére jutó

portfólióhozamok maximalizálása volt. (Lásd 1. táblázat)

A problémát az empirikus kutatás során nem az egyes reálopciók binomiális fának egyesítésén és a közöttük lévő kvalitatív és/vagy kvantitatív kölcsönhatások azonosításán keresztül közelítettem meg, hanem az opcióárazás során azonosított opcióértéknek a projektek átlagos geometriai hozamára kifejtett hatásán, illetve a három bizonytalansági tényező együttes hatását tükröző projektérték kockázaton keresztül. Elsőként az átlagos geometriai hozamokat azonosítottam a hagyományos nettó jelenértéken felüli stratégiai értéknek kezdeti befektetett tőkéhez viszonyított hányadosának hasznos élettartamra annualizálásán keresztül.

Amennyiben az optimalizációt első lépésben a hagyományos belső megtérülésirata- (IRR-)

1. táblázat

AZ EGYES TECHNOLÓGIÁK KOCKÁZAT-HOZAM KARAKTERISZTIKÁJA A STRATÉGIAI ÉRTÉK TÜKRÉBEN

	Kiindulási helyzet			Halasztási reálopció			Bővítési reálopció		
	Hozamrangsor	Kockázat-rangsor	Kockázatra jutó hozamrangsor	Hozamrangsor	Kockázat-rangsor	Kockázatra jutó hozamrangsor	Hozamrangsor	Kockázat-rangsor	Kockázatra jutó hozamrangsor
Szén	4	7	7	5	7	7	5	7	7
Kőolaj	2	8	5	2	8	6	2	8	5
CCGT	1	9	2	1	9	2	1	9	2
Nukleáris	6	1	1	7	1	1	7	1	1
Szél	6	2	4	6	2	3	6	2	4
Biomassza	8	6	6	8	6	5	8	6	6
Földgáz CHP	4	10	8	3	10	8	4	10	8
Nap PV	9	5	10	9	5	10	9	5	10
Nap CSP	9	2	9	10	2	9	10	2	9
Geotermikus	3	4	3	4	4	4	3	4	3

* Hozamrangsor: legmagasabbtól a legalacsonyabbig; kockázatrangsor: legalacsonyabbtól a legmagasabbig; kockázatra jutó hozamrangsor: legmagasabbtól a legalacsonyabbig⁹

Forrás: saját számítás

adatok projektérték kockázathoz viszonyított hányados maximalizálásának céljával hajtom végre, 1,52 egységnyi kockázatra jutó hozamértéket kapok a teljes villamosenergia-összetételre, amelyben kockázat-hozam karakterisztikája alapján maximális potenciális súlyarányával szerepel a nukleáris technológia. A futtatás eredményeként létrejövő összetétel 13,22 százalékban megújuló energiaforrás-alapú villamosenergia-termelési technológiából, míg 86,78 százalékban hagyományos erőművekből áll. Az optimalizációs eljárás a magas egyedi egységnyi kockázatra jutó megtérülési rátával jellemezhető technológiákat az alsó korlátnál nagyobb arányban, míg az alacsony értékkel bíró erőműveket a szükséges minimum szerint válogatja be az összetételbe (*lásd 2. ábra*).

A stratégiai értékkel növelt hozamok és változatlan kockázati paraméterek alapján ugyanezen korlátok mellett végrehajtottam az optimalizációt, amelynek eredményeként az összetétel minimális mértékben, a kockázat egységére jutó hozam azonban jelentősen változott (1,92-ra nőtt). A halasztási reálopciók által azonosított érték egyfajta összetételbe vonási sorrendet jelöl ki. A halasztás eredményeként keletkező stratégiai érték vonzóvá tette az összetételben amúgy is jelentős súlyarányú képviseltetett földgázalapú technológiákat, valamint a megújuló energiaforrás-alapú technológiák közül a biomassza- és szél erőműveket, így az összetétel, ha minimálisan is, de átrendeződött a biomassza és geotermikus erőművek javára (1 százaléknál kisebb mértékben). A stratégiai érték azonosításával egyértelműen a projektérték pontosabb becslése, a menedzseri rugalmasság számszerűsítése vált lehetővé, nem is beszélve ezen eljárás által nem vizsgált projektérték kockázatcsökkentési lehetőségekről, amelyek a kockázat egységére jutó hozamok további növekedését hordozzák magukban.

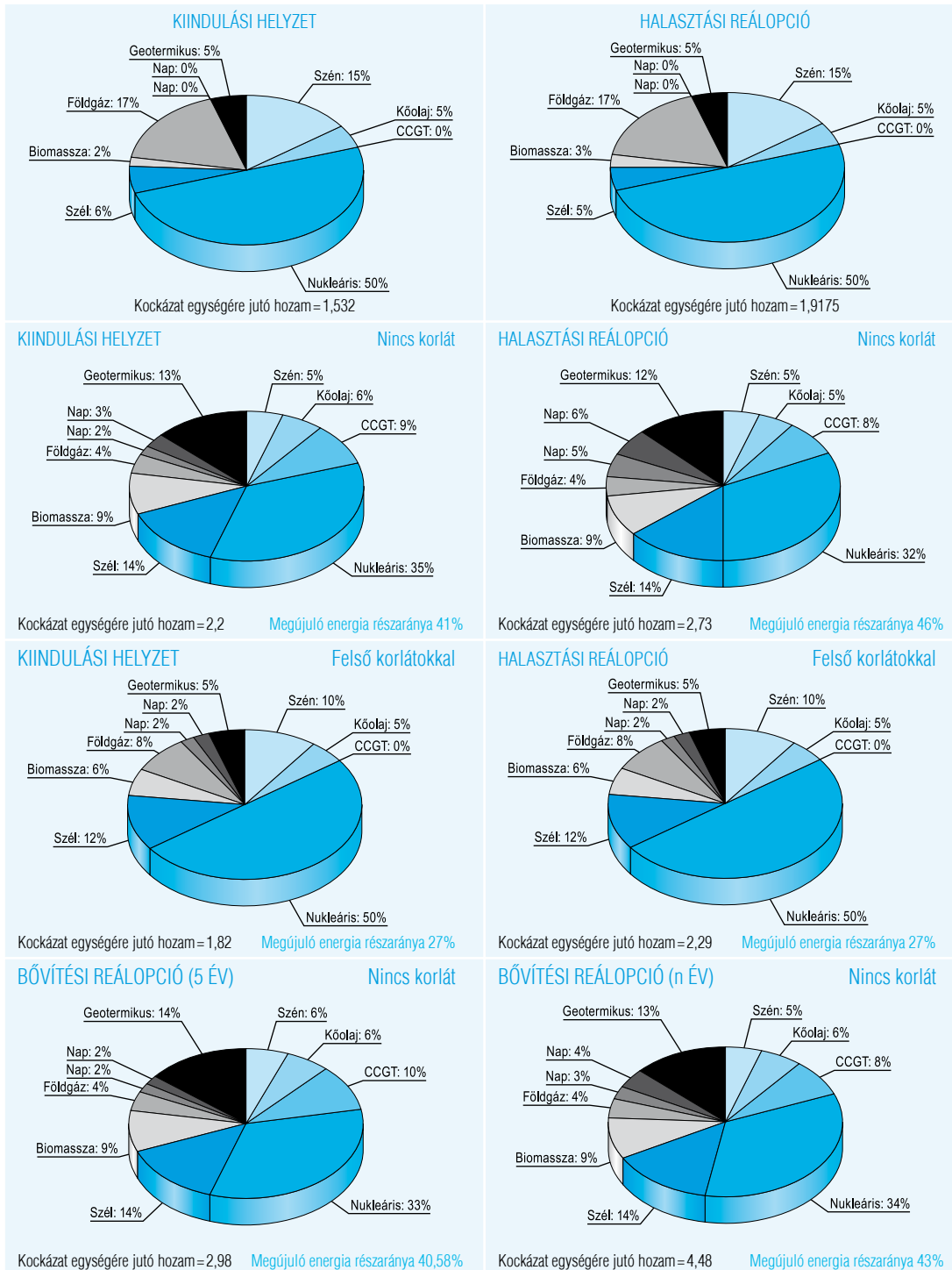
Amennyiben korlátozó feltételek, vagyis a villamosenergia-összetétel előzetes orientáci-

ója nélkül ismétlem meg a lépéssorozatot, az összetétel jelentősen átrendeződött (*lásd 2. számú c, ábra*). A belső megtérülési ráta adatok alapján azonosított összetétel 41 százalékban megújuló energiaforrás-alapú technológiákból áll, amely összetételnek egységnyi kockázatra jutó hozama meghaladja az előző súlyok esetében a stratégiai értékkel növelt hozamok alapján kalkulált értékét. Vagyis az ismert kockázat- és hozamjellemzőkkel bíró technológiák egy 59 százalékban hagyományos technológiákból és 41 százalékban megújuló technológiákból álló mixe képes nagyobb hozamot generálni a befektető számára. Amennyiben a halasztással realizálható opciós értéket is figyelembe veszem, az összetétel jelentősen elmozdul a megújuló erőművek javára (46 százalék), amelynek nyertesei elsősorban a jelen pillanatban rendkívül értékromboló szolártechnológiák. Vagyis ezen technológiák egy újabb generációja a tanulási hatás által bekövetkező beruházási költségcsökkenésnek köszönhetően domináns szereplőjévé (11 százalék) válhat a jövő menetrendtartó és csúcserőművi szolgáltatásának. A halasztási reálopciók által teremtett opciós érték ebben az esetben adta eredményül a legmagasabb (2,73) egységnyi kockázatra jutó hozamértéket. Vagyis a megújuló energiaforrás-alapú technológiákban rejlő értékteremtési potenciál egyértelműen igazolódik a reálopció elemzés által.

A bővítési reálopció által teremtett stratégiai érték összetételre kifejtett hatásvizsgálatát megelőzően elvégeztem a jelenlegi magyar villamosenergia-összetétel korlátkénti rögzítését a kiinduló IRR-adatok, vagyis az opcióérték hozamokhoz való hozzáadottérték-komponensét mellőző éves hozamok mellett. A *3. ábra* szerint ez az összetétel eredményezi a kockázat egységére vetített legalacsonyabb hozamértéket.

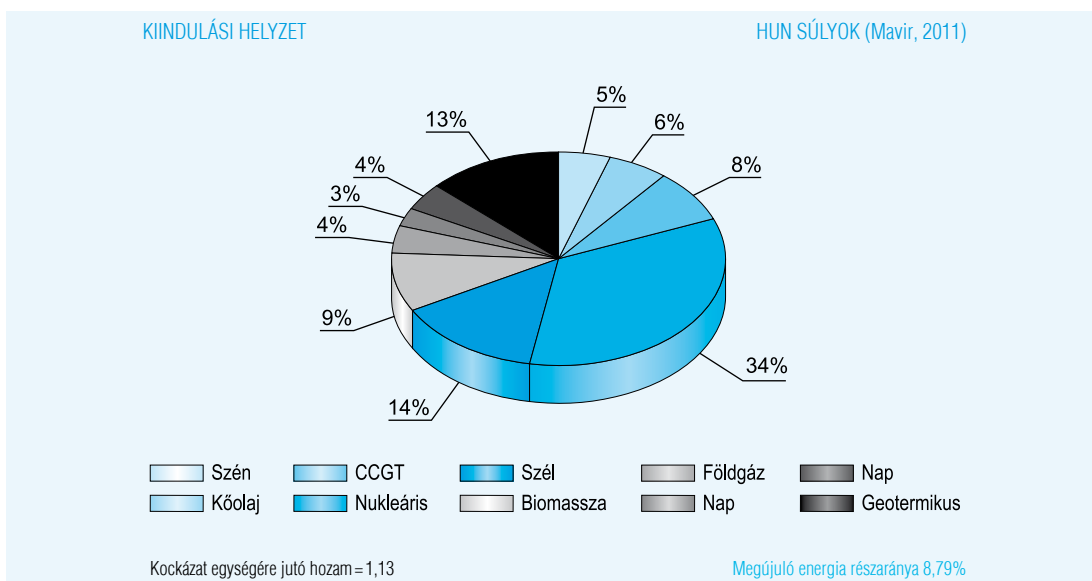
Ehhez képest az eddigi legmagasabb jutalom a variabilitásért rátát a korlátok nélkül

A REÁLPCIÓK STRATÉGIAI ÉRTÉKTEREMTÉSÉNEK HATÁSA A VILLAGOSENERGIA-ÖSSZETÉTELRE



Forrás: saját számítás

A JELENLEGI MAGYAR VILLAMOSENERGIA-ÖSSZETÉTEL KOCKÁZAT-HOZAM KARAKTERISZTIKÁJA



Forrás: Saját számítás

vizsgált bővítési reálopciók értékek figyelembevételével létrejövő összetétel mutatja (2,98), amely összetétel közel 41 százalékban megújuló energiaforrás-alapú technológiákból áll. Összességében az utóbbi eredményt, illetve energiamixet elsősorban a korlátok nélkül kalkulált eredeti IRR-adatok alapján létrejövő összetétellel van értelme összevetni.

Ahogy azt a korábbiakban kiemeltém, ez a 2,2 egységnyi kockázatra jutó hozammal jellemezhető összetétel 41 százalékban megújuló energiából áll, vagyis bár hozamkarakteristikájában nem, felépítésében csaknem azonos a bővítési reálopció által teremtett stratégiai érték figyelembevételét követően kialakuló összetétellel. Mindez visszatükrözi bővítési reálopció által teremtett érték technológiai szintű tapasztalatait, vagyis a tanulási hatás az ötéves futamidejű bővítési reálopció esetében nem minősíthető látványosnak.

Sokkal inkább tekinthetjük annak az egyes technológiák egyedi hasznos élettartamvégi bővítésének feltételezése, a tanulási hatás

kicsúcsosodásának eredményeként létrejövő összetételt, amelynek egységnyi kockázata a kutatás során kapott legnagyobb, 4,48 egységnyi hozam jut, és amely 43 százalékban megújuló energiából áll.

Összességében a három feltételezett reálopció típus közül két esetben tudtam a keletkezett stratégiai értékek villamosenergia-összetételre, illetve az összetétel jövedelmezőségére kifejtett hatását vizsgálni. A halasztási reálopciók esetében egyértelműnek tekinthető (a magyar összetételhez) rögzített korlátok esetében azok jövedelmezőséget befolyásoló ereje, ugyanakkor a korlátok nélküli esetben érvényesülni tud az amúgy alacsonyabb hozampotenciállal kecsegtető, jellemzően megújuló energiaforrás-alapú technológiák térnyerése, tehát az összetételre kifejtett hatás egyaránt. A bővítési reálopciók által teremtett stratégiai értékek hozamokra kifejtett hatása elsősorban rövid távon, a tanulási hatás érvényesülése következtében létrejövő összetétel-átrendeződs inkább hosszú távon jelenhet meg.

ÖSSZEZÉS, KÖVETKEZTETÉSEK

A komplex műszaki rendszerek nagy méretű, sok esetben gigaberuházásainak karakterisztikái multidiszciplináris döntéshozatalt kívánják meg. A döntéshozatal alapját képező beruházási jellemzők, a döntéshozatal háttérében meghúzódó optimalitási kritériumok, az értékelési modellek paramétereinek azonosítása a műszaki és gazdasági szakemberek kölcsönös együttműködése által valósulhat meg.

Mind a portfólióelmélet, mind a reálopciók teória a kockázatot az eszközökből származó hozamok varianciájaként karakterizálja. A portfólióelmélet esetében a kockázatot az adott hozam mellett minimalizálják, vagy a hozamot maximalizálják adott kockázati szint mellett azzal, hogy eltérő kockázati tulajdonságokkal rendelkező eszközöket kombinálnak diverzifikált portfólióba. A reálopciók teória optimalizálja a befektetéseket a jövőbeli bizonytalan kimenetekre alapozva azzal, hogy figyelembe veszi a menedzseri flexibilitást a döntéshozatal során. A kérdés nem is igazán az optimális összetétel „*top-down*” definiálása, hanem a bizonytalansággal, ám egyben a fle-

xibilitással is, szembesülő befektetői döntések ösztönzőinek-mozgatóinak „*bottom-up*” megértése. Mindez a szabályalkotók érdeke lesz, akik szeretnék megérteni, hogy a vállalatok miként reagálnak a bizonytalan piaci körülményekre vagy a bizonytalan szabályozói ösztönzőkre.

A tanulmány empirikus eredményeinek, valamint kvalitatív érveinek célja annak a bizonyítása volt, hogy a reálopció-, valamint portfólióelmélet együttesen, a diverzifikáció, valamint a rugalmasság előnyeinek megragadásán keresztül képes a kapacitástervezők számára az optimális villamosenergia-összetételt leginkább szolgáló keretrendszer biztosítására.

A reálopció-elemzés véleményem szerint aprólékos és sok felhasználót elriasztóan összetett projektvolatilitás becslésén, valamint a megfelelő statisztikai és matematikai elemző szoftverek által, illetve IT-támogatott opció árazási folyamatán keresztül képes a komplex műszaki rendszerek beruházási alternatíváinak kockázat-hozam karakterisztikáját az értékteremtő, mind környezeti mind profit szempontból optimális összetétel azonosításának szolgálatába állítani.

JEGYZETEK

¹ A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával a TÁMOP 4.2.4.A/2–11–1–2012–0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

² Néhány korábbi kapcsolódó irodalommal ellentétben (Childs et. al., 1998) a következőkben azt feltételezem, hogy a projektek egymást nem kölcsönösen kizáróak (minden feltárási és fejlesztési projekt megvalósítható).

³ A beruházási terv magában foglal minden olyan beruházást, amelynek megvalósítását egy vállalkozás tervezi. Együttesen a vállalat minden egyéb tervével, például a pénzügyi tervvel, a vállalat átfogó tervét alkotják (Betge, 1995; Perridon – Steiner, 1997).

⁴ A szakképzett személyzet hiánya azonos korlátozó körülmény, mint a pénzhiány.

⁵ A teljes kutatás során vizsgált 18 technológia körének szűkítését egyrészt azért tartottam célszerűnek, hogy az ár-apály, a tengerek és óceánok hullámzásának energiáját felhasználó, a hazai energiamixbe be nem vonható technológiákat

kiszűrjem. Másrészt az azonos fűtőanyagot felhasználó, jellemzően fosszilis technológiák közül kiválasztottam azokat az alternatívákat, amelyek jelen vannak a hazai energiatermelésben, illetve azok kiépítési szándékát a hazai energiapolitika megfogalmazta.

⁶ A hazai villamosenergia-felhasználás 2010-ben megközelítőleg 43 TWh, amelyből 5,2 TWh az import villamosenergia, vagyis a hazai bruttó villamosenergia-termelés nem éri el 40 TWh-t, azonban az erőművek csúcsidőszaki keresletre történő reagálását is figyelembe véve a kapacitás tervezés során 40 TWh-val kalkuláltam (Mavir, 2011).

⁷ Korlátként azok nemzetközi adatbázisokból elérhető egységmértéket adtam meg.

⁸ A napenergiára vonatkozó korlátok megfogalmazásakor a Mavir (2011) statisztikák által összesítve közölt erőművek esetében a jelenlegi (1 százalékos) részarányt, valamint a potenciális részarányt (4 százalék) felelve jártam el.

⁹ A legnagyobb projektérték-kockázattal jellemezhető szénerőművek a legrugalmasabb villamosenergia-termelési technológiák, őket követi a geotermikus energiaforrásalapú villamosenergia-termelés, majd a kőolaj-, a szél-, és földgázalapú erőművek. Amennyiben bevonjuk a vizsgálatba a környezeti bizonytalanságot, a fosszilis technológiák eredményei jelentősen módosulnak. A három bizonytalansági tényező együttes hatását tükröző projektérték-volatilitások drasztikusan megemelkednek, illetve ezáltal a binomiális árazás paramétere is módosulnak.

IRODALOM

ARNOLD, T. – SHOCKLEY, R. (2001): Value Creation At Anheuser-Busch: A Real Options Example, In: *Journal Of Applied Corporate Finance*, Vol. 14, No. 2 (2001): pp. 52–61

BETGE, P. (1995): *Investitionsplanung: Methoden – Modelle – Anwendungen*. 2nd edition

BODIE, Z. – KANE, A. – MARCUS, A. J. (1999): *Investments*, 4th edition

BRENNAN, M. – SCHWARTZ, E. (1985): Evaluating Natural Resource Investments. *Journal Of Business*, 58, pp. 135–157

BROSCH R. (2001): Portfolio-Aspects In Real Options Management. No. 66, *Working Paper Series: Finance & Accounting*. J. W. Goethe-Universität Frankfurt Am Main

CHILDS, P. – OTT, S. – TRIANTIS, A. (1998): Capital Budgeting For Interrelated Projects: A Real Options

Approach, In: *Journal Of Financial And Quantitative Analysis*, Vol. 33 No. 3, pp. 305–334

DIAS M. A. G. (2006): Real Options theory for Real Asset portfolios: The oil exploration case; http://www.puc-rio.br/marco.ind/pdf/dias_portfolio_ep.pdf Letöltve: 2012. 01.12.

DIXIT, A. K. – PINDYCK, R. S.: (2000): Expandability, Reversibility, And Optimal Capacity Choice. In: Brennan, M. J. – Trigeorgis, L. G. (Eds.): *Project Flexibility, Agency, And Competition: New Developments In The Theory And Application Of Real Options*. Oxford University Press, New York, Ny, pp. 50–71

DIXIT, A. K. – PINDYCK, R. S. (1994): *Investment Under Uncertainty*. Princeton: Princeton University Press. 1994: pp. 93–132;135–136

HAX, H. (1985): *Investitionstheorie*, 5th edition, Physica-Verlag, Würzburg.

FRANKE, G. – Hax, H. (1999): *Finanzwirtschaft Des Unternehmens Und Kapitalmarkt*. 4th edition

KESTER, W. C. (1993): Turning Growth Options Into Real Assets, In: Capital Budgeting Under Uncertainty, Hrsg. Von R. Aggarwal, New York

KÁDÁR P. (2010): Power generation portfolio optimization by externality minimization; Acta electrotechnica et informatica; Faculty of Electrical Engineering and Informatics, Technical University of Kosice, SK; April-June 2010, vol.10. No.2, 2010, ISSN 1335–8243, pp. 5–9

KULATILAKA, N. (1993): The Value Of Flexibility: The Case Of A Dual-Fuel Industrial Steam Boiler. In: Financial Management, Vol. 22, No. 3, pp. 271–279

KULATILAKA, N. (1995): Operating Flexibilities In Capital Budgeting: Substitutability And Complementarity In Real Options, In: Trigeorgis, Lenos (Ed.): Real Options In Capital Investment: Models, Strategies, And Applications, pp. 121–132

PERRIDON, L. – STEINER, M. (1997): Finanzwirtschaft Der Unternehmung, 9th Ed. Trigeorgis, L. (1993): The Nature Of Option Interactions And The Valuation Of Investments With Multiple Options. *Journal Of Financial And Quantitative Analysis*. 28(1): pp. 1–20

TRIGEORGIS, L. (1993): The Nature Of Option Interactions And The Valuation Of Investments With Multiple Options. *Journal Of Financial And Quantitative Analysis*. 28(1): pp.1–20

TRIGEORGIS, L. (1997): Real Option, Managerial Flexibility And Strategy. In: Resource Allocation[M]. Massachusetts: *The Mit Press*

MAVIR (2011): A magyar villamosenergia rendszer 2010. évi statisztikai adatai. Magyar Energia Hivatal; http://www.mavir.hu/c/document_library/get_file?uuid=0a00217e-42f8-48d1-a77f-f59bfb43d71b&groupid=10258 Letöltve: 2014. 08.20

FELHASZNÁLT ADATBÁZISOK

AEO, (2008): Annual Energy Outlook 2009, DOE/EIA–0383, March 2009, <http://www.eia.doe.gov/oiaf/archive/aeo09/>, Letöltve: 2014.01.10.

AEO, (2011): Annual Energy Outlook 2011 with Projections to 2035, EIA, <http://electricdrive.org/index.php?ht=a/GetDocumentAction/id/27843>, Letöltve: 2014.01.10.

EERE, (2008): EERE Renewable Energy Data Book. (2008, http://www1.eere.energy.gov/maps_data/pdfs/eere_databook.pdf, Letöltve: 2014.01.10.

Energia Hivatal adatsorai: <http://www.eh.gov.hu/hatosagi-arak-2/villamos-energia/kozuzem-2007-xii-31-ig.html>, Letöltve: 2014.10.15

EIA. (2010): Updated Capital Cost Estimates for Electricity Generation Plants. Washington, DC: EIA.

<http://www.eia.gov/forecasts/aeo/assumptions/pdf/electricity.pdf> Letöltve: 2014.01.10.

EUROSTAT: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/product_results/search_results?mo=containsall&ms=electricity+price&saa=&p_action=SUBMIT&cl=us&co=equal&ci=,&po=equal&pi=,&gisco=exclude Letöltve: 2014.09.25.

Ibbotson Associates (2011): *Stocks, Bonds Bills And Inflation 2010 Yearbook*, Chicago, 2011

IEA (2010): Projected Cost of Generating Electricity, IEA, NEA, OECD, http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2010/projected_costs.pdf, Letöltve: 2012.02.10.

KSH-adatok: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qe002.html, letöltve: 2014.01.15.

Minicam, (2008): Co2 Emissions Mitigation And Technological Advance: An Updated Analysis Of Advanced Technology Scenarios, Pacific Northwest National Laboratory <http://www.pnl.gov/science/pdf/pnnl18075.pdf>, Letöltve: 2012.02.10.

NREL-SEAC, (2008): ReEDS Model Documentation http://www.nrel.gov/analysis/reeds/pdfs/reeds_documentation.pdf, Letöltve: 2014.02.10.

Oxera (2011): Discount rates for low-carbon and renewable generation technologies, Oxera, Ltd., 2011

POWER SWITCH, (2003): POWER SWITCH! Scenarios and Strategies for Clean Power Development in the Philippines, University of the Philippines Solar Laboratory for the Kabang Kalikasan, http://my1thing.com.ph/download_file/view/85/75/, Letöltve: 2014.02.10.

PB, (2011): Electricity Generation Cost Model - 2011 Update Revision 1 Department for Energy and Climate Change, <http://www.pbworld.com/pdfs/>

[regional/uk_europe/decc_2153-electricity-generation-cost-model-2011.pdf](http://www.pbworld.com/pdfs/regional/uk_europe/decc_2153-electricity-generation-cost-model-2011.pdf), Letöltve: 2014.02.10.

Raeng, (2004): The Cost of Generating Electricity A study carried out by PB Power for The Royal Academy of Engineering http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/cost_of_generating_electricity.pdf, Letöltve: 2014.02.10.

Risto T. – Aija, K. (2008): Comparison Of Electricity Generation Costs, Lappeenranta University Of Technology <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/39685/isbn9789522145888.pdf>, Letöltve: 2014.02.10.

Stretton S. (2010): A Short Guide To a Secure Future, Cambridge, UK, 2010, <http://www.stephenstretton.org.uk/c/CompleteBook.pdf>, Letöltve: 2014.02.10.

Yahoo finance: <http://finance.yahoo.com/q/p?s=%5EGSPC+Historical+Prices>; Letöltve: 2014.01.01.
<http://finance.yahoo.com/q/hp?s=%5EGSPC&a=00&b=3&c=1927&d=03&e=4&f=2012&g=m> Letöltve: 2012. április 04.