

# TERMELŐÜZEMEK ENERGIAHATÉKONYSÁGÁNAK VIZSGÁLATA A KÉPESSÉG-ÉRETTSÉG FÜGGVÉNYÉBEN

*INVESTIGATION OF MANUFACTURING PLANTS' ENERGY  
EFFICIENCY IN THE CONTEXT OF CAPABILITY-MATURITY*

**KOVÁCS TIBOR PHD hallgató,**  
**KŐ ANDREA PHD HABIL egyetemi docens**  
Budapesti Corvinus Egyetem, Gazdálkodástudományi Kar

## ABSTRACT

This paper investigates the relationship between energy efficiency and self-assessed capability-maturity levels of 71 manufacturing plants of a global consumer goods company using quantitative analysis techniques. The key research question of this paper is that which capabilities have decisive roles in plants' energy efficiencies. Factor analysis has been applied to calculate an aggregate capability-maturity score and the correlation with energy efficiency has been computed to measure the strength of the relationship. It was revealed that plant maturity level has strong correlation to plant energy efficiency. The results also show a strong internal correlation between the individual capability areas, suggesting that plants tend to develop their capabilities simultaneously.

## 1. Bevezetés

Az energiahatékonyság napjaink fontos kérdése, egyrészt, mint a termelékenység és a teljesítménymutatók egyik eleme másrészt pedig a globális felmelegedésben játszott szerepe miatt. Amennyiben a termelékenységet általánosan, mint a kibocsátás (output) és a felhasznált erőforrások (input) összefüggéseként definiáljuk (Tangen, 2002), az energiahatékonyság ennek fontos tényezője költségének nagysága miatt. Az energia sok olyan üzleti szektorban is jelentős költségtényező, amit hagyományosan nem tekintünk nagy energiaigényű tevékenységnek. Felhasználásának csökkentése ezért jelentős hatással lehet a termelékenység növelésére. A másik szempont pedig a globális felmelegedés: az energiafelhasználásból eredő üvegházhatású gázok kibocsátás okán (Meinshausen et. al., 2009). Az energiahatékonysághoz lehet sorolni a víz felhasználásával való takarékoskodást is, mivel az, mint véges erőforrás sok helyen már jelenleg sem áll rendelkezésre elegendő mennyiségben és minőségben.

A termelőüzemek energiahatékonysága illetve annak időbeli változása, javulása, több tényezőtől függ. Ezeket a tényezőket a fenntartható fejlődés keretrendszerén belül (Epstein and Roy, 2001) lehet meghatározni. Ezek közül a legfontosabb tényezők: a) az energiahatékonyság a stratégia szerves része kell, hogy legyen, b) az energiahatékonysághoz kapcsolódó ok és okozati összefüggések feltárára kerüljenek, c) megfelelő lépések történjenek az energiahatékonyság növelésére beleértve a tisztább, energiahatékonyabb technológiák bevezetését, valamint d) az energiahatékonyság mutatószámait folyamatosan figyelemmel kísérik, hogy nem megfelelő változásuk esetén a megfelelő intézkedések mihamarabb megtörténhessenek.

A tisztább, energiahatékonyabb technológiák bevezetése igen sok esetben nem a termelési rendszerek komplett cseréjét jelenti, hanem az ok-okozati összefüggések által feltárt számos, kisebb projekt megvalósítását. Ahhoz, hogy ez hatékonyan történjen, a vállalatnak rendelkeznie kell az ok-okozati összefüggések feltárásnak illetve az ebből eredő projektek megvalósításának képességével. A projektek megvalósításnak több akadálya is lehet; a pénzügyi eszközök rendelkezésre állása egy fontos, de nem feltétlenül a legnagyobb ezek közül (Sardianou, 2008). Az energiahatékonyság helye a vállalat stratégiájában, a munkatársak képzettsége, az energiahatékonysággal kapcsolatos adatok rendelkezésre állása illetve az energiahatékonysági projektek megvalósításához kapcsolódó bürokrácia legalább akkora hátráltató tényező lehet, mint a pénzügyi eszközök esetleges szűkös volta.

Azokat a képességeket, amivel egy vállalatnak rendelkezni kell, hogy a fent leírt hátráltató tényezőkön túl tudjon lépni, különböző képesség-érettség modellek segítségével definiálhatjuk. Jelen kutatás egy globális, fogyasztási cikket előállító vállalat, az SABMiller plc. példáján keresztül vizsgálja, hogy milyen összefüggés van a termelőüzemek képesség-érettség szintje és energiahatékonysága illetve annak változása között. A vállalatcsoport mind az öt kontinensen működtet termelőüzemeket, melyek közel homogén termék-portfóliót állítanak elő. Mivel az energiahatékonyság kiemelt szerepet kap a vállalatcsoport stratégiájában, így részletes adatok állnak rendelkezésre, hogy számszerűen vizsgálhassuk az érettség és az energiahatékonyság összefüggését. Az energiahatékonyság kiemelt szerepét támasztja alá, hogy a vállalatcsoport 2009-ben azt a vállalást tette, hogy az egyéni termék előállításához szükséges víz mennyiségét 2015-re a 2008-as szinthez képest 25%-kal, energiafelhasználását pedig hasonló módon 2020-ra a 2008-as szinthez képest 50%-kal csökkenti. A vízfelhasználáshoz kapcsolódó célt a 2014-es pénzügyi év végére, egy évvel a vállalás időpontja előtt sikerült teljesíteni. Az energiafelhasználás csökkentési cél megvalósítása is a terveknek megfelelően halad: ugyanezen időszakban a 2008-as évi szinthez képest az 29%-kal csökkent.

## 2. A képesség-érettségi modellek

A Capability Maturity Model (Paulk et al., 1993) publikálása óta a képesség-érettség modelleket széles körben alkalmazzák a vállalatok üzleti folyamataik mérés-

sére illetve azok fejlesztésére. A képesség-érettség modellek általában 4-5 érettségi szintet határoznak meg (Röglinger et. al., 2012); a legalsó (kezdetleges) szinttől a legfelső (integrált és optimalizált) szintig. A modellek tartalmazzák továbbá: az alkalmazási terület meghatározását (pl. szoftverfejlesztés, ellátási lánc folyamatok), az egyes képesség-területeket (pl. termékfejlesztés, minőségbiztosítás vagy teljesítmény menedzsment) illetve az e területekhez tartozó egyes érettségi szintek definícióját. A szinteket olyan módon kell definiálni, hogy az értékelés során a terület érettségi szintje ellenőrizhető módon megállapítható legyen. A modellek az érettségi szint megállapításán felül segíthetik az elvárt, magasabb szintekre való előrelépést, illetve az egyes tevékenységek vagy vállalatok összehasonlítását, benchmarking tanulmányok által. Néhány képesség-érettség modell tanácsadó cégek szellemi tulajdona és így teljes mértékben szabadon nem elérhetőek.

A termelés és az ellátási lánc területére is számos modellt fejlesztettek ki: több ezek közül ún. minőségi vagy termelési kiválósági díj, mint például a Malcolm Baldrige National Quality Award (NIST, 2015) vagy a The Shingo Prize for Operational Excellence (Shingo Institute, 2014). Gyakran hivatkozott modell még a The Lean Enterprise Self-Assessment Tool (LESAT, 2012), amit az MIT-ben fejlesztettek ki. A TQM, TPM és Lean rendszerek is beletartozhatnak a képesség-érettség modellekbe, bár ezek koránt sem olyan átfogóak, mint az előbb felsoroltak (Kedar et al., 2008).

A vizsgált példa, az SABMiller plc. által a termelés területén használt képesség-érettség modell 9 képesség-területet definiál, amelyek lefedik a legfontosabb termeléshez kapcsolódó folyamatokat. A területek tömör összefoglalása az 1. táblázatban található (Melléklet). A vállalatok évi két alkalommal, önértékelés keretében állapítják meg érettségi szintjüket minden egyes képesség területre. Az érettség öt szintjét definiálják, melynek megállapításához részletes kérdőív áll rendelkezésre. Minden egyes képesség-területhez és szinthez megközelítőleg 100 követelményt definiáltak. Az önértékelés eredményét regionális szakemberek segítségével időről időre validálják is.

### **3. Az energiahatékonyság és a képesség-érettség szintek kapcsolatának vizsgálata**

#### **3.1. A kutatási kérdés és a kapcsolódó módszertan**

A kutatás fő kérdése, hogy milyen összefüggés van a vizsgált termelőüzemek energiahatékonysága és képesség-érettség szintje között. A vizsgálat kvantitatív statisztikai módszerek felhasználásával történt, R szoftverkörnyezetben, főkomponens elemzés és korrelációvizsgálat segítségével. Az energiafelhasználási adatok havi rendszerességgel álltak rendelkezésre a vállalatcsoport központi kulcsmutatók adatbázisából. A havi energiafelhasználási adatokból 12 havi, termelési mennyiséggel súlyozott mozgóátlagot számítottunk, azért, hogy az éven belüli szezo-

nalitásból eredő extrém értékeket kiszűrjük és a valós energiahatékonyság változás látható legyen.

A vizsgálat két időszakot, 2012. május illetve 2015. február hónapját foglalta magába, melyben 71 termelő üzem víz és energiafelhasználása valamint az önértékelés által megállapított képesség-érettség szintjét elemeztük. Mivel a vizsgált üzemek termék-portfóliója nagyon hasonló, ezért víz és energiahatékonyságuk nagyobb részt attól függ, hogy mennyire voltak képesek a hatékonyabb technológiák bevezetésére, illetve a meglévő technológiák optimális működtetésére. Ez szoros összefüggésben kell, hogy legyen a képesség-érettség modellel. A hatékony technológiák bevezetése függ a rendelkezésre álló pénzügyi forrásoktól, de a képesség-érettség is nagy szerepet játszik abban, hogy a fejlesztési projekteket milyen hatékonyan tudják motiválni és megvalósítani.

### **3.2. A víz és energiafelhasználás változása**

Az összes gyár egységnyi termék előállításához szükséges vízfelhasználása a vizsgált időszakban 15,5%-kal, míg összes energiafelhasználása 17,5%-kal csökkent (a termelt mennyiséggel súlyozva). Ez a különbség szignifikáns, amit a Wilcoxon-féle előjeles rangszámösszeg próba eredménye bizonyít (vízfelhasználás  $V=2537$ ,  $p$ -érték =  $5.554 \cdot 10^{-13}$ ; energiafelhasználás  $V=2516$ ,  $p$ -érték =  $1.335 \cdot 10^{-12}$ ).

### **3.3. Az érettség szintek és a teljesítmény kapcsolata**

A termelőegységek érettségi szintje is javult a vizsgált időszakban, kivétel nélkül minden képesség-területen, átlagosan 20%-kal. Az egyes képesség-területek mutatói között szignifikáns, erős és pozitív korreláció figyelhető meg, ami azt jelenti, hogy a termelőegységek képességeiket szimultán és nem egyes területek esetleges rovására fejlesztik. Különösen erős a korreláció az 5S, a teljesítmény irányítás, csapatmunka és a célzott javítóintézkedések képesség-területek között. Az erős korreláció lehetőséget ad főkomponens-elemzés alkalmazásával egy össze-sített érettségi mutató előállítására, aminek eredménye alapján egy komponensbe lehet sűríteni az összes érettségi-terület mutatót, megőrizve közel 83%-át az összes varianciának. Az össze-sített érettségi mutatót ennek megfelelően, kizárólag az első komponens alkalmazásával számoltuk ki. A komponens-súlyokban az előbb felsorolt három képességterület is nagyobb mértékben szerepel. Az egyes képes-ség területek közötti korrelációt a 2015. februári értékelés szerint az 1. táblázat mutatja. A 2012. májusi értékelés eredményei is hasonló korrelációkat mutatnak. A főkomponens-elemzés eredményét a 4. táblázat tartalmazza mindkét időszakra

**1. táblázat: Az érettségi szintek közötti korreláció 2015. februári időszakban**  
**Table 1: Correlation between capability-maturity areas for February 2015**

	5S	Karbantartás	Környezetvédelem	Célzott javító töltézkedések	Munka és egészségbiztonság	Rugalmasság	Teljesítmény-irányítás	Minőségbiztosítás	Csapatmunka
5S	1,00	0,84	0,81	0,85	0,72	0,74	0,86	0,73	0,86
Karbantartás	0,84	1,00	0,77	0,84	0,78	0,83	0,85	0,78	0,83
Környezetvédelem	0,81	0,77	1,00	0,84	0,83	0,84	0,83	0,78	0,74
Célzott javítóintézkedések	0,85	0,84	0,84	1,00	0,76	0,85	0,89	0,81	0,86
Munka és egészségbiztonság	0,72	0,78	0,83	0,76	1,00	0,78	0,71	0,72	0,72
Rugalmasság	0,74	0,83	0,84	0,85	0,78	1,00	0,84	0,81	0,75
Teljesítményirányítás	0,86	0,85	0,83	0,89	0,71	0,84	1,00	0,81	0,87
Minőségbiztosítás	0,73	0,78	0,78	0,81	0,72	0,81	0,81	1,00	0,76
Csapatmunka	0,86	0,83	0,74	0,86	0,72	0,75	0,87	0,76	1,00

A főkomponens elemzés segítségével számolt összesített érettségi mutató valamint víz- és energiafelhasználás kapcsolatát megvizsgálva látható, hogy a képesség-érettség és az energiahatékonyság közötti korreláció mindkét esetben szignifikáns és negatív, a jobb energiahatékonyságú 2015. februári időszak esetében erős, míg a 2012. májusi időszakban közepes. A negatív korreláció azt jelenti, hogy a magasabb érettségi szintekhez alacsonyabb fajlagos víz- illetve energiafelhasználási mutatók tartoznak. Megfigyelhető továbbá egy erős, pozitív korreláció a víz és az energiahatékonyság között, ami azt jelenti, hogy az üzemek párhuzamosan javítják teljesítményüket, nem pedig más mutatók rovására.

**2.táblázat: Az összesített érettségi szint és a víz ill. az energiafelhasználás közötti korreláció**  
**Table 2.: Correlation between aggregate maturity level and water and energy usage ratios**

	fajlagos energiafelhasználás		összesített érettségi szint	
	2012. május	2015. február	2012. május	2015. február
fajlagos vízfelhasználás	0,85	0,81	-0,57	-0,68
fajlagos energiafelhasználás	1,00	1,00	-0,61	-0,75

**3. táblázat: Az SABMiller plc. által definiált termelési képesség-területek**  
**Table 3.: Capability areas used by SABMiller plc.**

Képesség-terület	Tartalom, definíció
5S	Az 5S megnevezés a japán Seiri (rendszerezés), Seiton (egyszerűsítés), Seiso (tisztítás), Seiketsu (sztenderdizálás), Shitsuke (fenntartás) szavakból származik és a tevékenységek egyszerűsítésének, könnyebbé tételének konzisztens alkalmazását takarja.
Karbantartás	A karbantartási folyamatok biztosítják, hogy a gépek és berendezések rendelkezésre állása, megbízhatósága és az általuk előállított minőség megfeleljen az elvárásoknak és ezt költséghatékonyan érjük el. Ide tartozik még a gépkezelők által végzett autonóm karbantartás és a gépek esetleges cseréjének projektjei is.
Környezetvédelem	A környezetvédelmi folyamatok biztosítják, hogy a tágabb értelemben vett termelés fenntartható legyen a véges erőforrások takarékos felhasználása és a különböző környezeti ártalmak feltérképezése és megakadályozása által.
Célzott javító- és fejlesztőintézkedések	A célzott javító és fejlesztőintézkedések biztosítják a szervezet folyamatos fejlődését a veszteségek, a folyamatképesség és egyéb problémák elemzése és az abból adódó megoldások megvalósítása által.
Munka- és egészségbiztonság	A munkakörülményeknek és munkafolyamatoknak biztonságosnak kell lenniük, hogy ne következhesen be miattuk baleset vagy megbetegedés. Ezt a megfelelő képzéssel, veszélyfeltárással, a munkatársak felhatalmazásával és javítóintézkedések azonnali megvalósításával lehet elérni.
Rugalmasság	A változó és komplex igények termelés által történő rugalmas és hatékony kielégítése megköveteli a munkatársak tudásának, a technológiának és a folyamatoknak felkészültségét.
Teljesítmény-irányítás	A teljesítmény-irányítás azokat a tevékenységeket fedi le, amelyek biztosítják, hogy a termelési folyamatok teljesítménye minden pillanatban ismert és a sztenderdektől való esetleges eltérés azonnali javító intézkedéseket von maga után.
Minőségbiztosítás	A minőségbiztosítás folyamatai biztosítják, hogy az előállított termékek hibamentesek, a lehető legjobb minőségűek legyenek, aminek elengedhetetlen feltétele a gyártás folyamatába integrált, a gépkezelők által végzett minőség-ellenőrzés.
Csapatmunka	A csapatmunka egy olyan gyakorlatot takar, ami képessé teszi a munkatársak által alkotott csapatokat, hogy a közösen kitűzött célokat öntevékeny módon a stratégiával egyetértésben el tudják érni.

**4.táblázat: A képesség-érettség szintek főkomponens-elemzésének eredménye és a komponensvektorok koordinátái**  
**Table 4.: Principal component analysis results for the capability-maturity levels**

	2012-05		2015-02			Dim.1 koordináták	
	Eigenvalue	variancia %	Eigenvalue	variancia %		2012-05	2015-02
Dim.1	7,500	83,330	7,427	82,522	5S	0,9343	0,9067
Dim.2	0,488	5,420	0,428	4,753	Karbantartás	0,8954	0,9216
Dim.3	0,256	2,844	0,312	3,462	Környezetvédelem	0,9055	0,9101
Dim.4	0,240	2,671	0,217	2,409	Célzott javító intézkedések	0,9180	0,9438
Dim.5	0,172	1,915	0,190	2,107	Munka és egészségbiztonság	0,8834	0,8563
Dim.6	0,138	1,536	0,155	1,727	Rugalmasság	0,9079	0,9112
Dim.7	0,091	1,006	0,104	1,159	Teljesítményirányítás	0,9450	0,9389
Dim.8	0,072	0,799	0,097	1,075	Minőségbiztosítás	0,9043	0,8804
Dim.9	0,043	0,479	0,071	0,786	Csapatmunka	0,9204	0,9035

### Összefoglalás

A kutatás választ adott arra a kérdésre, hogy van-e összefüggés a vizsgált termelőüzemek képesség-érettség szintje és energiahatékonysága között. A kvantitatív statisztikai vizsgálat eredménye, a szignifikáns és erős korreláció bizonyítja, hogy a magasabb képesség-érettség szinttel rendelkező üzemek energiahatékonysága jobb, tehát az üzleti folyamatok képesség-érettség szintjének fejlesztése hozzájárul az energiahatékonysági célok eléréséhez. További kutatás keretében a módszert ki lehet terjeszteni további teljesítménymutatók elemzésére is illetve annak vizsgálatára is, hogy melyek azok a további tényezők, amik hatással lehetnek az energiahatékonyságra, mint például a pénzügyi eszközök rendelkezésre állása vagy az energia költsége.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- Epstein, Marc J.; Roy, Marie-Josée (2001): Sustainability in Action: Identifying and Measuring the Key Performance Drivers, *Long Range Planning*, 34, 5, pp.585–604
- Kedar, A.P.; Lakhe, R.R.; Deshpande, V.S.; Washimkar, P.V.; Wakhare, M.V. (2008): A comparative review of TQM, TPM and related organisational performance improvement programs, *Emerging Trends in Engineering and Technology*, 2008. ICETET '08. First International Conference on, pp.725-730
- Meinshausen, Malte; Meinshausen, Nicolai; Hare, William; Raper, Sarah C. B.; Frieler, Katja; Knutti, Reto; Frame, David J.; Allen, Myles R. (2009): Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C, *Nature* 458, pp.1158-1162
- Paulk, M.C. ; Curtis, B. ; Chrissis, M.B. ; Weber, C.V. (1993): Capability maturity model, version 1.1, *Software, IEEE* , 10, 4, pp.18-27
- Röglinger, Maximilian; Pöppelbuß, Jens; Becker, Jörg (2012): Maturity Models in Business Process Management, *Business Process Management Journal* 18, 2, pp. 328-346
- Sardianou, E. (2008): Barriers to industrial energy efficiency investments in Greece, *Journal of Cleaner Production*, 16, 13, pp.1416-1423
- Tangen, Stefan (2002): Understanding the concept of productivity, *Proceedings of the 7th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference*, Taipei, pp. 18-20
- Baldrige Performance Excellence Program (2015) 2015–2016 Baldrige Excellence Framework: A Systems Approach to Improving Your Organization's Performance, Gaithersburg, MD: US. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology.<http://www.nist.gov/baldrige> (letöltve 2015. március 7.)
- LAI Enterprise Self-Assessment Tool (LESAT) V.2 (2012) <http://hdl.handle.net/1721.1/84688> MIT Massachusetts Institute of Technology (letöltve 2015. március 23.)
- The Shingo Prize for Operational Excellence Application Guidelines (2014) Shingo Institute <http://www.shingo.org/challengefortheprize.html> (letöltve 2015. március 23.)
- SABMiller plc Sustainable Development Report 2009 – <http://www.sabmiller.com/investors/reports?type=Sustainability%20reports> (letöltve 2015. május 17.)
- SABMiller plc Sustainable Development Summary Report 2014 – <http://www.sabmiller.com/investors/reports?type=Sustainability%20reports> (letöltve 2015. május 17.)