

A TELJES ESZKÖZHATÉKONYSÁG NÖVELÉSÉNEK HATÁSA A VÁLLALATI JÖVEDELMEZŐSÉGRE – FÓKUSZBAN A HAZAI AUTÓIPARI KIS- ÉS KÖZÉPVÁLLALKOZÁSOK

THE IMPACT OF INCREASING OVERALL EQUIPMENT EFFICIENCY ON CORPORATE PROFITABILITY – WITH A FOCUS ON SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES IN THE HUNGARIAN AUTOMOTIVE INDUSTRY

Az alacsony termelékenység régóta központi problémája a magyar gazdaságnak, különösen kirívó a kis- és középvállalatok lemaradása. A tanulmány központi kérdése, hogyan lehetne e szektor termelékenységét tovább növelni. Célja, hogy egy hazai autóipari KKV esettanulmányra és szakértői interjúkra épülő szcenárióelemzése segítségével megvizsgálja, milyen hatással lehet a vállalatok pénzügyi eredményességére a termelési folyamat hatékonyságának növelése. Modellezi, hogy a teljes eszközhatékonyság mutatója és egyes elemei hogyan hatnak a jövedelmezőségre. Bár az OEE-mutató javítása a fajlagos költségek csökkentése révén is pozitív eredményhatással jár, a termelési folyamat hatékonyságnövelésének egyik fő haszna, hogy változatlan kapacitás mellett lehetett bővíteni a termelés mennyiségét. A kutatás az Ipar 4.0 fontosságára is felhívja a figyelmet, hiszen a folyamatok fejlesztését korábban alapvetően gátolta, hogy az azokhoz szükséges adatok nem álltak rendelkezésre. A kutatás így arra is rávilágít, hogy nagyságrendileg milyen erőforrásokat érdemes az I4.0 technológiákba, ezen belül az ún. adatalapú, képességeket növelő megoldások alkalmazásába fektetni.

Kulcsszavak: termelékenység, teljes eszközhatékonyság, autóipar, kis- és középvállalatok, esettanulmány, szcenárióelemzés

Productivity is a significant challenge for the Hungarian economy, particularly for small and medium-sized enterprises. The study's question is how to increase it. It aims to investigate how increasing production process efficiency affects financial performance. The methodology applied is a case study and scenario analysis based on expert interviews. It models how the Overall Equipment Effectiveness indicator and its components impact profitability. Although improving it has a positive impact on costs, one of the main benefits is that it enables an increase in production volume without a change in capacity. The research also highlights the importance of Industry 4.0, as the effectiveness of Overall Equipment Efficiency investments have been previously hindered by the lack of reliable data and the challenges associated with in-depth analysis. The research thus also highlights the magnitude of resources worth investing in Industry 4.0 technologies, including the application of data-based, capability-enhancing solutions.

Keywords: productivity, overall equipment efficiency, automotive industry, small- and medium-sized enterprises, case study, scenario analysis

Finanszírozás/Funding:

A kutatást a 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00213, IPAMS – Ipari folyamatlemező és -figyelő rendszer című projekt támogatta. The research was supported by project 2020-1.1.2-PIACI-KFI-2020-00213, titled „IPAMS – Industrial Process Analysis and Monitoring System.”

Szerzők/Authors:

Dr. Gelei Andrea^a (andrea.gelei@uni-corvinus.hu) egyetemi tanár (<https://orcid.org/0000-0001-8861-8275>); Dr. Ónodi Annamária^a (annamaria.kazaineonodi@uni-corvinus.hu) egyetemi docens (<https://orcid.org/0000-0003-2239-7515>)

^aBudapesti Corvinus Egyetem (Corvinus University of Budapest) Magyarország (Hungary)

A cikk beérkezett: 2026. 01. 15-én, javítva: 2026. 04. 30-án, elfogadva: 2026. 05. 12-én.

The article was received 15. 01. 2026, revised: 30. 04. 2026, accepted: 12. 05. 2026.

Copyright (c) 2026 Corvinus University of Budapest, publisher of Vezetéstudomány / Budapest Management Review.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Kutatásunk célja, hogy árnyaltabb képet kapjunk a hazai kis- és középvállalati (KKV) szektor, ezen belül az autóipar termelékenységének növelési potenciáljáról. A hazai vállalati szektor termelékenységének problémája régóta foglalkoztatja mind a makro-, mind a mikroszintű kérdések kutatóit (Szerb et al., 2019; Boda et al., 2023). A magyarországi munkatermelékenység messze elmarad a fejlett nyugat-európai országokétól, de a V4-ek országaitól is (Reszegi & Juhász, 2014, 2017). Különösen elmarad a munkatermelékenység a jelen tanulmány fókuszában álló KKV-k esetében (Vértessy, 2018). 2012 óta jelentősen nőtt Magyarországon a KKV-szektor munkatermelékenysége. A KKV-szektoron belül 2001 és 2019 között a feldolgozóiparban 77%-kal nőtt a termelékenység, ezen belül a járműgyártásban 191%-kal (MNB, 2022). Ennek ellenére továbbra is jelentős a lemaradás a termelékenység terén.

A KKV-szektor kiemelt vizsgálatát számos tényező indokolja. A kis- és középvállalkozások a vállalatok mintegy 99%-át és átlagosan a hozzáadott érték 50-60%-át állítják elő (OECD, 2022). A KKV-k hazánkban az összes vállalkozás 99,8%-át teszik ki, a munkaerő 65-70%-át foglalkoztatják (Reicher, 2020; Jeneiné et al., 2021).

A termelékenység növelése a gazdasági növekedés és felzárkózás meghatározó forrása (MNB, 2022), mely segíthet Magyarországnak abban, hogy túllépjen a bér-költséglelőnyre épülő versenyképességi modellen. A makrogazdasági szintű termelékenységi elemzések jellemzően a teljes tényező termelékenység (TFP) mutatóját használják (Czakó et al., 2016; Beugelsdijk et al., 2018), még akkor is, ha tudjuk, hogy az rendkívüli heterogenitást mutat. Ezt a heterogenitást alapvetően mikro-, azaz cégszintű sajátosságok magyarázzák, köztük a vállalati termelékenységi jellemzőkben megfigyelhető egyediségek (Reszegi & Juhász, 2014). E tanulmány a termelékenységi problémát ezért vállalati szinten vizsgálja. Egy hazai autóipari KKV-esettanulmány és szakértői interjúkra épülő szenárióelemzés segítségével vizsgálja, hogy a termelési folyamat hatékonyságának növelése milyen hatással lehet a vállalatok eredményességére. Azt modellezi, hogy a teljes eszközhatékonyság mutatójának (TEH, Overall Equipment Effectiveness, OEE) egyes építőkövei hogyan hatnak a termék jövedelmezőségére, melyet a gyártott termék fedezeti összegén keresztül ragadunk meg. Jelen munka tehát összekapcsolja a termelési terület vizsgálatát a pénzügyi funkcióval, hogy feltárja, az OEE mutatójának növelése milyen módon járulhat hozzá a KKV-k jövedelmezőségének növeléséhez. Kiindulópontja egy hazai közepes méretű cég¹, melynek valós adatait felhasználva számszerűsítjük az egyes építőelemek hatását a gyártott termék fedezeti összegére. Ezt követően szakértői interjúk segítségével meghatározzuk, hogy a hazai autóipari KKV-k termelési folyamata milyen tipikus induló hatékonysági állapotokkal jellemezhető, és azokhoz milyen reális hatékonyság-béli fejlődési potenciál kapcsolódik. Minden azonosított folyamathatékonysági szenárió esetén két típusú terméket elemzünk; egy alacsony és egy magasabb hozzáadott értékű terméket. Munkánk nemcsak elméletileg modellezi a hatásmechanizmusokat, hanem konkrét számítások

révén ezekben megfigyelhető szabályszerűségeket is azonosítani tudja.

Eredményeink azt mutatják, hogy az OEE fejlesztése komoly eredményhatással bír, így vállalatainknak érdemes az adatalapú folyamatfejlesztésekbe investálniuk, hiszen a folyamathatékonysági projektek sokszor a megfelelő kiinduló adatok hiányán, és azok nem megfelelő mélységű elemzésén buknak el (Tumbajoy, 2022). Bár megtérülési számítást természetesen csak a valós esettanulmány esetén végzünk, munkánk arra is rávilágít, hogy nagyságrendileg milyen erőforrásokat érdemes az Ipar 4.0 (I4.0) technológiák – ezen belül az ún. adatalapú – képességeket növelő (Acemoglu, 2016) megoldások alkalmazásába fektetni. Ezek a megoldások ugyanis képesek arra, hogy a vállalatok folyamataikról, esetünkben termelési folyamatukról, például a dolgok internete (Internet of Things, IoT), a hálózatba kapcsolt eszközök összetett rendszere és a vezeték nélküli technológiák együttese révén gazdag és megbízható adatbázist építsenek ki (Aleš et al., 2019; Dobra & Jósmai, 2021a). Ezeknek az adatbázisoknak a fejlett matematikai-statisztikai és informatikai eszközök alkalmazásával történő elemzése pedig új tudást eredményezhet, mely segítségével nemcsak a gyártás- és üzemszervezési, de az azt kiszolgáló egyéb működési területek is fejleszthetők (Lazarova-Molnar et al., 2018; Latif et al., 2021).

A kutatás a hazai autóipari KKV-kra fókuszál. Az autóipar két ok miatt is fontos iparág egy ilyen elemzés számára. Egyrészt a hazai gazdaság meghatározó szektoráról van szó, így kiemelt elemzése makrogazdasági megfontolások miatt is indokolt. Ugyanakkor olyan ágazat, ahol a termelékenységi probléma ugyan jelen van, de más iparágakhoz képest valamivel kisebb mértékű (Csath, 2022), ezért referenciaágazatként tekinthetnek rá más, e tekintetben kevésbé fejlett ágazatok vállalatai. Munkánk így valamennyi KKV-vezető számára hasznos tudást nyújt, de a vállalati és a nemzetgazdasági termelékenység közötti kapcsolat miatt a hazai gazdaságpolitika számára is segítséget adhat abban, miként támogathatja a KKV-kat termelékenységük, végső soron jövedelmezőségük növelésében.

A cikk következő, második fejezete elméletileg alapozza meg a vizsgált problémakört. Ezt követően az alkalmazott módszertant mutatjuk be, benne az elemzéshez használt szenáriókat is. A negyedik fejezet a számításokat és azok eredményeit részletesen ismerteti. Az ötödik fejezet összefoglaló jelleggel értékeli eredményeinket és megfogalmazza az általánosítható tanulságokat. Az utolsó fejezet az eredmények következményeit tárgyalja, miközben a kutatás korlátjait és a lehetséges jövőbeni kutatási irányokat is azonosítja.

Elméleti alapok

A tanulmány tehát egy valós hazai autóipari KKV esettanulmány, szakértői interjúk és az ezekre épülő szenárióelemzés segítségével elemzi, milyen hatást gyakorol a termelési folyamat hatékonyságának növelése a gyártott termék, végső soron a vállalat jövedelmezőségére.

A folyamatok fejlesztése – mint cél – nem újkeletű. Az elmúlt évtized kiemelt menedzsmenthívó szavai voltak a lean menedzsment és a Six Sigma. Mindkettő a folyamatos fejlesztés szemléletében célozza a folyamatok, mindekenként a termelési folyamat, hatékonyságának javítását. Ezeknek a projekteknek a sikerét a rendelkezésre álló adatok mennyisége és minősége alapvetően befolyásolja. Az I4.0 adatalapú teljesítménymérésre lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy megalapozott döntéseket hozzanak (Miragliotta et al., 2018). Garg és társai szerint (2021) például az IoT alkalmazása segíthet a gyártó vállalatoknak a hatékonyabb és a gyorsabb termelés elérésében, amely megjelenik a termékek ciklusidejének és a termelési költségek csökkentésében is. Saez és társai (2018) is megfigyelték, hogy az IoT-alkalmazás során a rendelkezésre álló pontosabb adatok növelik a termelési folyamat átláthatóságát, ami a folyamatok fejlesztésén keresztül hozzájárul az OEE-mutató javításához. Corrales és társai (2020) hasonló megállapításra jutottak; a valós idejű termelési adatokhoz való hozzáférés segíti a hiányosságok feltárását, így elősegíti a termelékenység növelését. A teljesítmény dokumentálására, ellenőrzésére és optimalizálására alkalmas MES (Manufacturing Execution System) rendszerek szintén az OEE-mutatót veszik alapul mint teljesítményindikátort (Kletti, 2007). Ugyanakkor a hazai KKV-k esetében a digitalizáció szintje jellemzően alacsony, ami a folyamatképeségeik fejlesztésében is korlátozza őket (Gelei et al., 2023). Kutatásunkban ezért van kiemelt jelentősége az OEE mutatójának, amely a megfigyelt és kiértékelt folyamat termelékenységét közvetlenül befolyásoló veszteségforrásokat modellezi, lehetővé téve, hogy azokat összekapcsolja az I4.0-megoldások által gyűjtött adatokkal. Ezért az elméleti felvezetőben elsőként ezt a mutatószámot értelmezzük. Ezt követően kerül sor az OEE és a termék fedezeti összegének modellszerű összekapcsolására.

Az OEE-mutató alkalmazása

Az OEE a termelési folyamat hatékonyságának mérésére széles körben használt mutatószám. Nemcsak közvetlenül a termelés hatáskörébe tartozó problémák (pl. a gyártósor rossz megtervezése, a nem megfelelő termelésstervezés vagy a munkaerő figyelmetlensége) okozta veszteségek befolyásolják a mutató értékét, de az azokat közvetetten befolyásoló probléma hatásai is (pl. rossz beszállítói alapanyag-minőség, a kiszolgáló logisztikai folyamat zavarai, információtechnológiai problémák).

Az OEE-mutatót a vállalati gyakorlatban különböző célokra használják. Egyrészt egy adott operáció kezdeti teljesítményének mérésére, ahol az induló érték jelenti az összehasonlítási alapot a jövőbeli OEE-értékekkel, ezáltal számszerűsítve az elért javulás mértékét. Másrészt, használható pl. egy üzem több gyártási sorának termelékenység szempontú összehasonlítására, de különböző gyárak eltérő operációinak benchmarkelemzésére is (Dal et al., 2000). Munkánkban ez utóbbi, a benchmarkjelleg, a meghatározó. Az elmúlt időszakban a mutatószám jelentősége nem csökkent, az OEE az I4.0 kontextusában is kiemelt mutatószám maradt a gyártási folyamatok

teljesítményének megragadására. Sőt, annak alkalmazása még nagyobb hasznot ígér (Mahmood et al., 2018; Fodor, 2020).

A mutató számításánál az elemzési egység sokféle lehet. Tipikusan mondható a gyártósorszintű (Aleš et al., 2019; Hatipoğlu & Akar, 2022) alkalmazás, de az OEE-mutatót alkalmazhatjuk egyedi gép (Al Hazza et al., 2021), gyártócella (Chand & Shirvani, 2000) és gyártóüzem szintjén is (Dobra & Jósmai, 2021a). Munkánkban a gyártósorszintű mérésre és elemzésre szorítkozunk.

A korábban már említett folyamatfejlesztési megoldásokhoz hasonlóan, a cél a termelés veszteségeinek feltárása. Az OEE-mutató számításánál lényeges a veszteségforrások széles körű feltérképezése és a mérésbe történő beépítése. A veszteségeket a mutató három típusba sorolja (Nakajima, 1988):

- I. minőségi problémák,
- II. teljesítményproblémák, melyek a vizsgált termelési egység (esetünkben gyártósor) rövidebb idejű megállásából (ami után a gyártás folytatható) adódó veszteségeket ölelik fel,
- III. rendelkezésre állási problémák, melyek a termelési egység hosszabb ideig tartó megállásának (új gyártásindítás szükséges) típusait képviselik.

E három veszteségtípus szintjén, a százalékban kifejezett teljesítmények szorzataként adódik maga az OEE-mutató:

$$\text{Teljes eszközhatékonyság (OEE)} = \text{minőség} \times \text{teljesítmény} \times \text{rendelkezésre állás}$$

A magasabb OEE-érték magasabb teljes eszközhatékonyságot jelöl. Bár az OEE-mutató maximális értéke 100%, a 85%-ot tekintik általános benchmarknak (Gyártástrend, 2019). A 85-99% közötti érték világszínvonalú eszközhatékonyságot mutat, a jellemző érték pedig a 84-60% közötti, de akad ennél alacsonyabb értékkel működő gyártórendszer is (Leanproduction, 2019).

Az OEE mutatója elterjedt mind a diszkrét termékeket előállító (Chand & Shirvani, 2000), mind a folyamatipar (Vijayakumar & Gajendran, 2014), de a kereskedelem területén is (Corrales et al., 2020). Munkánkban egy diszkrét termékeket előállító iparágra fókuszálunk. Hassan (2022) szerint a diszkrét termékeket gyártó cégek körében a 85%-os OEE-érték világszínvonalúnak tekinthető, de igen gyakori a mutatószám 60%-os értéke, és nem példa nélküli a 40%-os OEE-mutató sem. Dobra és Jósmai (2021a) 25 európai és észak-amerikai autóiipari gyár 820, különböző fémipari gyártástechnológiát alkalmazó termelő berendezésének havi OEE-adatait dolgozta fel. Elemzésük szerint az OEE-mutató három eleme közül átlagosan leginkább a minőség (99,10%), ezt követően a teljesítmény (90,49%) és végül a rendelkezésre állás (87,1%) járul hozzá az OEE-mutatóhoz.

Az OEE-mutató számításának első, igen fontos lépése a termeléshez ténylegesen rendelkezésre álló munkaidő megállapítása (1. ábra). Így pl. egy éves szintű elemzéskor a számításhoz felhasznált időalap a teljes munkaidőalapból (maximum: 365 nap x 24 óra, csökkentve a kötelező

szabad és ünnepnapokkal) le kell vonni az egyéb tervezett zárva tartásra (pl. szabadság) és a tervezett leállásokra (pl. tervezett karbantartás) szánt időt. Így kapjuk meg a termelésre biztosított üzemidőt. A nem tervezett hosszabb leállásokat (rendelkezésre állás problémái) figyelembe véve kapjuk meg a tényleges üzemidőt. Ezt tovább csökkentik a nem tervezett rövidebb leállások (teljesítményproblémák) és a minőségi problémák is. Mindezek együttesen határozzák meg a tényleges produktív időalapot, az értékes működési időt.

1. ábra

Az OEE-mutató számításához szükséges munkaidőalap felbontása

Munkaidőalap			
Biztosított üzemidő			Tervezett leállás
Tényleges üzemidő		Leállás, beállítás	
Nettó működési idő		Rövid leállások, sebességcsökkenés	
Értékes működési idő	Minőségi veszteség		

Forrás: Iannone és Nenni (2013, p. 35) alapján saját szerkesztés

Mint arról már volt szó, az OEE-mutató a három fő veszteségforrást megragadó három részmutató szorzatából áll. A termelési veszteségek első nagy blokkja a hibás termékek előállításából, illetve azok újra megmunkálásából adódik. Ezt fejezi ki a minőségmutató. A szakirodalom (pl. Dal et al., 2000; Muchiri & Pintelon, 2008; Siregar, 2018) a minőségmutatót az alábbiak szerint határozza meg:

$$\text{Minőségmutató} = (\text{legyártott mennyiség} - \text{selejt}) / \text{legyártott mennyiség}$$

Ez feltételezi, hogy a rossz minőség egyben selejt, azaz nincs lehetőség azok javítására. Modellünkben ezért egy olyan képletet alkalmaztunk, ami ennek kezelésre alkalmas:

$$\text{Minőségmutató} = (\text{nettó működési idő} - \text{minőségi problémák miatt kieső idő}) / \text{nettó működési idő}$$

A nettó működési időt a legyártott mennyiség és a norma szerinti ciklusidő szorzataként határoztuk meg.

A további két veszteségforrás a gépek nem tervezett leállásával kapcsolatos (1. táblázat). A teljesítménymutató számítás módjában ezek tekintetében az egyes szerzők javaslatai kis mértékű különbségeket mutatnak. Muchiri és Pintelon (2008) az alábbi képlet alkalmazását javasolja:

$$\text{Teljesítmény} = (\text{elméleti ciklusidő} \times \text{tényleges kibocsátás}) / \text{tényleges üzemidő}$$

Siregar és társai (2018) az elméleti ciklusidő használata helyett az ideális ciklusidő használatát javasolják:

$$\text{Teljesítmény} = (\text{feldolgozott mennyiség} \times \text{ideális ciklusidő}) / \text{műveleti idő}$$

1. táblázat

Példák a folyamathatékonyságot negatívan befolyásoló tényezőkre

OEE elemei		
MINŐSÉG: Gyártás-minőséggel kapcsolatos problémák	TELJESÍTMÉNY: A gép nem hozza az elvárt teljesítményt – rövid leállások	RENDELKEZÉSRE ÁLLÁS: A gép hosszabb ideig áll
Pl. Selejt	Pl. Gépi sebességsökkenés a gép nem megfelelő állapota miatt Gépi sebességsökkenés pl. betanuló munkaerő miatt, vagy mert nincs képesítése a dolgozónak Anyagelakadás, akadályoztatott termékáramlás Túlhevülés, gyors hűtése a gépnek Újraindítási idő	Pl. Technikai meghibásodás, szerszámhiba miatt Üzemzavar Anyaghiány Átállítás Hibás anyag Más erőforráshiány

Forrás: saját szerkesztés (Nakaima, 1988; Dal et al., 2000; Dobra & Jósai, 2021a, b és a szakértői interjúk alapján)

A teljesítménymutató számításának egy másik megközelítése (Dal et al., 2000) alapján:

$$\text{Teljesítmény} = \text{nettó működési ráta} \times \text{működési sebesség, ahol a nettó működési ráta} = (\text{legyártott termékek száma} \times \text{tényleges ciklus idő}) / \text{tényleges üzemidő}$$

$$\text{Működési sebesség} = \text{elméleti ciklusidő} / \text{tényleges ciklusidő}$$

Amennyiben a képletet átrendezzük, akkor a következő, általunk is alkalmazott képlethez jutunk:

$$\text{Teljesítménymutató} = (\text{legyártott termékek száma} \times \text{elméleti vagy norma szerinti ciklus idő}) / \text{tényleges üzemidő}$$

A rendelkezésre állás a hosszabb nem tervezett leállások negatív hatását számszerűsíti². Az alkalmazott számítási mód:

$$\text{Rendelkezésre állás} = (\text{tervezett üzemidő} - \text{nem tervezett hosszabb időn keresztül leállás}) / \text{tervezett üzemidő}$$

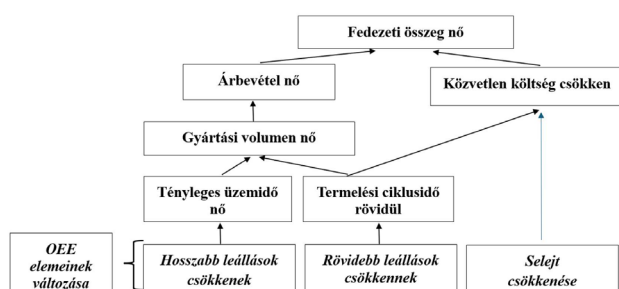
Az OEE-mutató és a vállalat jövedelmezősége

Néhány szerző (Liew et al., 2022; Šajdlerová et al., 2020) munkájában megjelenik, hogy nem elegendő a termelési hatékonyság növelésére fókuszálni, de az is lényeges, hogy ez hozzájáruljon a vállalati értékteremtéshez és megjelenjen a vállalat hosszú távú jövedelmezőségében is. Šajdlerová és társai (2020) az OEE-mutató korlátaira mutatnak rá a menedzseri döntéshozatal szempontjából.

Bár az OEE-mutató önmagában nem ad választ arra, hogy egy adott beruházás a termelési hatékonyság javításán keresztül hogyan járul hozzá a vállalati értékteremtéshez, a kutatások a kapcsolat feltárására irányulnak. Hansen (2001) elemzésében az OEE javítása és a vállalat számára fontos stratégiai teljesítménymutatók közötti kapcsolatrendszer vizsgálta. Fő következtetései: (1) Az OEE közvetlenül kapcsolódik a fontos pénzügyi mutatókhoz. (2) Az OEE javulása jelentős növekedést hozhat a működési eredményben (EBIT). (3) Egy ambiciózus OEE-program tízszer hatékonyabb, mint egy kapacitásnövelési program. (4) A munkaerő, amely megérti és folyamatosan alkalmazza az OEE-javítási projekteket, hozzájárul a hozam növeléséhez. (5) Ha az OEE-fejlesztést agresszív üzleti stratégiaként alkalmazzák, akkor gyorsabban növekszik a gyártási hatékonyság. Monday és Ugbomhe (2021) 15 évet átfogó longitudinális elemzésük alapján pedig azt a következtetést vonták le, hogy az OEE-mutató és részmutatói (rendelkezésre állás, teljesítmény, minőség) lineáris hatást gyakorolnak a befektetett tőke arányos hozamra (ROI-mutató).

2. ábra

Az OEE mutatójának alakulása és hatása a termék fedezeti összegére – logikai modell



Forrás: saját szerkesztés

Kutatásunkban egyrészt támaszkodunk a szakirodalom megállapításaira, a szakmai interjúk segítségével felmért magyarországi helyzetre, a vállalati esettanulmányra, másrészt az alap termelési és pénzügyi összefüggésekre. Ebben a fejezetben csak a saját modellalkotásunkhoz használt kapcsolatrendszer mutatjuk be. A szcenárióvizsgálat során nemcsak az OEE mutatójának alakulását vizsgáljuk, hanem azt is, hogy egyes elemei miként hatnak a gyártott termék fedezeti összegére, amely a vállalat jövedelmezőségét alapvetően meghatározza. Így az input változók közé tartoznak a tényleges üzemidő, a ciklusidő, a selejt aránya, a rövidebb és a hosszabb idejű leállások. Általánosságban a kevesebb selejt csökkenti a fajlagos költségeket. A teljesítmény javulása (kevesebb rövid leállás) rövidebb ciklusidőt tesz lehetővé, a jobb gépkihasználat pedig magasabb termelési volument. A rendelkezésre állás a gyártásra rendelkezésre álló tényleges üzemidőt növeli, ami szintén a gyártási volumen növekedéséhez vezet. Feltételezésünk, hogy a gyártási hatékonyság növelését célzó projekteket ösztönözi az, hogy kapacitásbővítő beruházás nélkül a folyamatok fejlesztésével plusz, eddig improduktív kapacitásokat szabadítsanak fel, amelyeket be tudnak vonni a

produktív termelésbe. Így azt tételezzük fel, hogy a több-lettermelést értékesíteni tudják (2. ábra). (Erre a feltételezésre később még visszatérünk.)

A termelési hatékonyság és a vállalati jövedelmezőség közötti kapcsolat alakulását alapvetően befolyásolják a gyártási költségek. Hansen (2001) a már említett gyártási elemzésében közvetlen anyagköltséggel, közvetlen bérköltséggel és üzemi általános költséggel számol. Mivel jelen tanulmány elemzési szintje a gyártósor, az általános költségek alakulásával és felosztásával nem foglalkoztunk. Ugyanakkor a mai kritikus időnek megfelelően, egyedi módon a gyártás során felhasznált energiaköltségeket bevonjuk az elemzésünkbe. Feltételezésünk szerint, amennyiben csökken az egységnyi termék előállítására fordított ciklusidő, az csökkenteni fogja az egy darab termék előállítására jutó fajlagos bérköltséget, hiszen a gyártósor mellett dolgozó alkalmazottak ugyanazon idő alatt több terméket tudnak előállítani. Szintén csökken a fajlagos energiaköltség. A fajlagos anyagköltséget (az energiaköltség kivételével) ugyanakkor változatatlannak tekintjük.

A mindenkori selejtes termék elszámolása úgy történt, hogy ennek a már nem javítható outputnak az előállítására fordított idő gépkapacitás-lekötést jelent, az összköltség-számítás során figyelembe vettük a selejtes termék előállítására fordított erőforrásokat. Mivel a vállalat nem tudja értékesíteni a selejtes termékeket, nem származik belőle árbevétele. Így összességében a fedezeti összeget meghatározza az egységnyi közvetlen termelési költség (közvetlen anyag + bér + energiaköltség), a selejtarány, a piaci ár és az aktuális OEE által lehetővé váló gyártási volumen.

Módszertani kérdések

Elsőként átfogóan ismertetjük az alkalmazott módszertant. Ezt követően a kutatás részét képező szakértői interjúk eredményét foglaljuk össze annak érdekében, hogy azokat az egyes szcenáriók vizsgálata során már további magyarázat nélkül használni tudjuk.

Az esettanulmány

A tanulmány módszertanilag két részből áll. Egyrészt, valós adatokat felhasználva egy hazai autóipari KKV-esettanulmány segítségével mutatja be részletesen az OEE számítását és azt, miként hat a mutatószám egyes elemeinek fejlesztése a teljes termelőeszköz-hatékonyságra, végső soron a gyártósor termelékenységének és a vállalat jövedelmezőségének az alakulására. Másrészt, az alapelemből kiindulva, az OEE-mutató szakértői interjúk alapján meghatározott kritikus értékeit felhasználva meghatározzuk a hazai autóipari KKV-k tipikus folyamatfejlettségi szcenárióit és az azokhoz kapcsolódó reális fejlesztési potenciálokat. Ezek mentén vizsgálati szcenáriókat azonosítunk és elemzünk annak érdekében, hogy feltérképezzük, milyen lehetőségeik vannak a hazai KKV-knak a teljes eszközhatékonysági mutatójuk, és ezen keresztül, a vállalati jövedelmezőségük javítására.

Az esettanulmány egy hazai, de külföldi többségi tulajdonban lévő autóipari beszállító közép vállalat, amely

a vizsgált gyártósoron járművillamossági termékeket állít elő. 2024-ben az átlagos fizikai létszám 141 fő, a szellemi alkalmazottak száma 49 fő volt, az éves árbevétele meghaladta a 6,4 milliárd forintot, de nem érte el a 16 millió eurót. A mérlegfőösszege kevesebb volt, mint 9 millió euró. A vizsgált termelési soron diszkrét, széria (azaz nem egyedi megrendelésre történő) termékek összeszerelése zajlik. Az esettanulmány készítése során a vállalat három vezetőjével, az ügyvezető igazgatóval, a pénzügyi vezetővel és a termelésvezetővel egyeztetünk. Mind az OEE-elemzésünkben használt konkrét módszertant, mind az esettanulmány során használt adatokat ezek során rögzítettük.

Szakértői interjúk – scenáriómeghatározás a további vizsgálatokhoz

Mint említettük, második elemzési lépésként scenárióelemzést végeztünk. A scenárióelemzés a stratégiaalkotást támogató döntés-előkészítési technikák régóta ismert és elterjedt eszköze mind makro- (Keresztély, 2004), mind vállalati szinten (Hoványi, 2007; Balaton & Kerek, 2012; Fekete, 2015). A scenárió általánosságban egy konzisztens kép a jövőről (Imre, 1996), esetünkben a termelési folyamathatékonyág tekintetében megfogalmazott jelenállapot és az ahhoz kapcsolódó jövőkép. Előnye, hogy a jövőkép leírására használt paraméterek (munkánk során az OEE-mutató egyes elemeinek fejlettségi szintjei) egyedi igények szerint is kalibrálhatók, további testreszabott elemzéseket téve ezzel lehetővé. A vállalati és üzleti stratégiaalkotás mellett a scenárióelemzés alkalmazható a funkcionális stratégiaalkotás során is. Elemzésünk a termelési és az ahhoz kapcsolódó pénzügyi/kontrolling funkciókat kapcsolja össze, támogatva ezzel az üzleti lehetőségek mélyebb megértését.

Kristóf (2002) a scenárióelemzés típusait két dimenzió mentén ragadja meg, aszerint, hogy az leíró vagy előíró, illetve exploratív vs. anticipáló jellegű-e. Jelen tanulmányban a scenárióelemzés kezdetben leíró jellegű, de alkalmazása exploratív, amennyiben a folyamathatékonyágot befolyásoló tényezők változásának hatását elemizzük.

Tanulmányunk az OEE-mutató egyes elemeinek a teljes eszközhatékonyagra, majd a vállalati jövedelmezőségre gyakorolt hatását vizsgálja. Mivel az OEE-mutatónak és elemeinek vizsgálatára csak kevés tudományosan megalapozott adat áll rendelkezésre (lásd pl. Dobra & Jósmai, 2021a,b), a scenáriók megalapozott kialakításához szakértői interjúkat készítettünk. Az interjúk célja az volt,

hogy feltérképezzük a hazai diszkrét, szériajellegű termékek összeszerelését végző autóiipari KKV-k esetén a teljes eszközhatékonyági mutató számítása szempontjából meghatározó részmutatók jellemző teljesítményszintjeit, a kiemelkedő, a tipikus és a gyenge, de még gyakran előforduló teljesítményt jellemző értékeket. Az egyes scenáriók kialakításánál ezeket tekintettük irányadónak. Három interjút készítettünk hazai autóiipari szakértőkkel. Az interjúalanyokkal kapcsolatos információkat a 2. táblázat tartalmazza.

A megkérdezett három szakértő egyetértett abban, hogy az ilyen jellegű termelő tevékenységet végző legjobb hazai autóiipari KKV-k OEE-mutatójának értéke igen magas, jellemzően 96%-os. Az OEE mutatójának számítási módjából adódik, hogy ilyen magas érték csak úgy jöhet létre, hogy annak mindhárom eleme (minőség, teljesítmény és rendelkezésre állás) is magas, közel 0,99%-os értékeket kell, hogy elérjen.

A három szakértő véleménye szerint a kiemelkedő cégek a *minőség* tekintetében a legjobbak, hiszen az ezzel kapcsolatos vevői elvárások jellemzően igen magasak. Körükben a 99%-os, sőt az a feletti, 99,5%-os minőségérték is előfordul. Ugyanakkor még mindig gyakori, hogy a hibaarány 0,5-2% között mozog; a 2% tipikusnak mondható és e tekintetben közepes fejlettségre utal. Előfordulhat azonban 10-15%-os hibaarány is. A rövid leállások okozta *teljesítménykiesés* a jól teljesítő cégeknél 0,5-1,5% közötti, de gyakori a 85-90%-os teljesítmény, ami közepesnek mondható. Az e tekintetben gyengén teljesítő KKV-knál pedig akár 30%-os veszteség is előfordul. A *rendelkezésre állás*, amennyiben előre betervezik a rendszeres karbantartásokat, leállásokat, szintén nagyon magas, akár 99,5%-os értéket is mutathat. A 90%-os rendelkezésre állás még elfogadható mértékű. A mutató értéke függ a géppark életkorától is. Az e tekintetben gyenge vállalatoknál a rendelkezésre állás tipikusan 20-25%-os veszteséget jelent, de a 40% vagy még annál alacsonyabb érték is előfordul (3. táblázat).

Ezek a szakértői becslések közel vannak a Dobra és Jósmai (2021a) tanulmányában, a nemzetközi vállalatok kontextusában végzett kutatás eredményeihez, ami arra enged következtetni, hogy a legjobb hazai KKV-k megállják a helyüket a nemzetközi élményben is. Szakértőink becslése szerint a hazai autóiipari KKV-k mintegy 25%-a rendelkezik ilyen kiemelkedően jó OEE-mutatóval. A hazai autóiipari KKV-k mintegy 60%-ánál ez a mutató közepes fejlettséget tükröz, míg nagyjából 15%-uknál igen alacsony szintű.

2. táblázat

Az interjúalanyokkal kapcsolatos információk

Sorrend	Pozíció	Területek	Munkatapaszat (években)
1	Folyamatfejlesztő mérnök	Informatikai támogatás a logisztikai, termelési és ellátásilánc-folyamatok fejlesztéséhez első körös autóiipari beszállítónál	22
2	Interim menedzser	Ellátási lánc folyamatfejlesztései autóiipari KKV-knál is	26
3	Műszaki/ipari projektmenedzser	Információtechnológia, folyamatfejlesztési projektek autóiipari KKV-knál is	25

Forrás: saját szerkesztés

Az OEE-mutató elemeinek kritikus becsült értékei a szakértői interjúk alapján (autóipari, diszkrét, szériatermékeket összeszerelő folyamat) és azok összevetése Dobra és Jósvai (2021a) kutatási eredményeivel³

	Kiemelkedő fejlettséget mutató értékek ⁴ (1)	Közepes fejlettséget mutató, gyakori értékek (2)	Alacsony fejlettséget mutató, relatív gyakran tapasztalható értékek (3)	Dobra és Jósvai (2021a) nemzetközi kutatása alapján átlagértékek
Minőség	99-99,5%	98%	85-90%	99,1%
Teljesítmény (rövid leállás)	98-99,5%	85-90%	70-75%	90,49%
Rendelkezésre állás (hosszú leállás)	99-99,5%	90-95 %	80-85%	87,1%

Forrás: saját szerkesztés szakértői interjúk, valamint Dobra és Jósvai (2021a) alapján

Elemzés és eredmények

A módszertani fejezetben rögzítettek szerint elsőként a valós esettanulmányt mutatjuk be, melyet a scenárióelemzés követ.

Folyamathatékonyosság fejlesztés I4.0-megoldásokkal – egy hazai autóipari KKV esettanulmánya

Kutatásunk kiindulópontját képező esettanulmány egy félig automatizált gyártósor hatékonyságát vizsgálja, amelyen járművillamossági termékeket állítanak elő. A termék diszkrét, szériatermék, melynek előállítási folyamata alapvetően összeszerelés, de néhány lépés gyártási megmunkálást is tartalmaz. A gyártósor félig automatizált, de alapvetően egy munkaerőigényes összeszerelési folyamatról van szó. A gyártósoron előállított termékek a vállalat éves árbevételének mintegy 20%-át teszik ki. A termékeknek két fő fajtájuk van, ezeken belül a termékválaszték a vevői igényeknek megfelelően nagyon széles⁵. Az esettanulmány során a nagy volumenben előállított, alacsony hozzáadott értékkel rendelkező termék számítását modelleztük. Ez képezi a kiinduló alapesetet. Később a magasabb hozzáadott értékű terméket is vizsgáljuk.

A vállalat viszonylag magas OEE-mutatóval, ezen belül kiemelkedő minőségi és rendelkezésre állási jellemzőkkel bír. Ennek ellenére a termelési sor keresztülment egy I4.0-alapú folyamatfejlesztési projekten. Az OEE elemekre vonatkozó adatgyűjtés IIoT-vel, az elemzés pedig Big Data segítségével történt. Az elemzés mind a két, kiemelkedő szintű OEE-dimenzióban hozott némi javulást, de alapvetően az alacsony szintű teljesítménydimenzió közepes szintre történő emelkedését hozta magával. Az esettanulmány során ennek a javulásnak az üzem szintű fedezeti összegre gyakorolt hatását mutatjuk be.

A termelésvezető elmondása szerint az éves kapacitástervezésnél, évi 250 munkanappal és két műszakkal számolnak. A tervezett leállások során figyelembe veszik a téli és a nyári szabadságolás időszakát (ez összesen évi 160 munkaóra kiesést jelent) és a tervezett karbantartási időszakot, ami évi 48 óra. A biztosított üzemidő így éves szinten 3792 óra.

A selejtarány a fejlesztés előtt 0,54%-os volt, amely 99,46%-os *minőségmutatót* jelent. Már ez az érték is a kimagasló teljesítmény kategóriába tartozott, de a selejt aránya a projekt eredményeként 0,3%-ra csökkent, ezáltal a minőség mutatója 99,7%-ra emelkedett. A nem tervezett rövidebb leállások (*rendelkezésre állás*) éves szinten 400 órát tettek ki a fejlesztés előtt. Ez tartalmazta a nem tervezett rövidebb ideig tartó gépleállásokat (21,3%), a nem optimális termelésprogramozás miatti üresjáratokat (4,2%), az átmeneti ciklusidő-meghosszabbodást (8,5%) és a nem hatékony munkavégzésből származó időkiesést (66%). A fejlesztés hatására a nem tervezett rövidebb leállások idejét felére tudták csökkenteni (évi 200 óra). A teljesítmény mutatója így 79%-ról 85%-ra nőtt, köszönhetően a nagyobb termelési volumennek is. A *teljesítmény*, azaz a nem tervezett hosszabb leállás (pl. technikai meghibásodás, üzemzavar miatt) tipikusan évi 100 óra körül alakult. A rendelkezésre állás mutatója ekkor 97%. A fejlesztés hatására a nem tervezett hosszabb idejű leállások miatti időkiesést 30 órára tudták csökkenteni, így a rendelkezésre állási mutató elérte a 99%-ot, amely már kiemelkedőnek tekinthető. A kiinduló és a fejlesztés utáni értékeket mutatja a 4. táblázat.

Elemzésünk megkezdésekor a vizsgált termékből évi 1200000 db-ot állítottak elő, a ciklusidő pedig 8,75 másodperc volt. Ez a fejlesztés után 8,25 másodpercre csökkent, ami azt jelenti, hogy a sor évi 1400000 db legyártására vált alkalmassá (minden mást változatlanul tekintve).

Az OEE-mutató és elemei a fejlesztés előtt és után – alap vállalati eset

Mutatók	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után	Fejlesztési projekt jellemzői
OEE % (Teljes eszközhatékonyosság)	76,50%	84,35%	(2) → (1)
Minőségi mutató %	99,46% (1)	99,70% (1)	(1) → (1)
Rendelkezésre állás %	97,36% (1)	99,21% (1)	(2) → (1)
Teljesítmény %	79,00% (3)	85,28%, (2)	(3) → (2)

(1): kiemelkedő, (2) közepes, (3) alacsony fejlettséget jelző érték, lásd 3. táblázat

Forrás: saját szerkesztés

Megkaptuk a termék közelítő egységárát (600 Ft/db) és fajlagos költségeit. A termékkel kapcsolatosan a modellbe épített költségek a következők:

- közvetlen alapanyagköltség: 420 Ft/db
- bérköltség: 67,5 Ft/db
- energiaköltséggel: 9,56 Ft/db

A fejlesztés hatására a fajlagos bérköltséget (62,5 Ft/db) és az energiaköltséget (9,4 Ft/db) tudták csökkenteni. A termékcsoportnál összesen 5,16 Ft/darab költségmegtakarítást értek el, ami éves szinten 7224 eFt-tal növeli a nyereséget. Ez alapján a fedezeti hányad 17%-ról 18%-ra nő. Ehhez járul hozzá a selejt arányának csökkenéséből adódó 234,7 eFt-os megtakarítás. A hatékonyságnövelés összességében 7,5 millió Ft éves szintű költségmegtakarítást eredményez. A vállalatnál megkaptuk az 14.0-alapú fejlesztési projekthez kapcsolódó beruházási költséget is. A tervezett fejlesztés 12 millió Ft beruházást igényel, a befektetés 19 hónap alatt megtérült⁶. Ezen túlmenően a fejlesztés azzal járult leginkább hozzá a jövedelmezőség növeléséhez, hogy lehetővé tette a nagyobb termelési volument. Mivel a vizsgált termék gyártására alkalmas termelési sor csak 10%-os kapacitástartalékkal rendelkezett, a tapasztalt 17%-os volumennövekedést a folyamathatékonyság növelése nélkül csak rendkívüli munkavégzés bevezetésével lehetne a korábbi termelékenységi színvonal mellett megvalósítani. A fejlesztési projekttel elért termelési volumen növelése 20,6 millió Ft többletnyereséget eredményez.

Szcenárioelemzés

Az egyes szcenáriók kialakításának és elemzésének célja, hogy az előző fejezetben tárgyalt esettanulmányt alapesetnek tekintve, annak alapadatait felhasználva és jellemzőiből kiindulva megvizsgáljuk, milyen mértékű folyamathatékonyság és jövedelmezőségnövelés érhető el olyan hipotetikus, de a szakértői interjúk alapján tipikus jellemzőkkel bíró vállalati szcenáriók esetében, amelyek az alapesetnél alacsonyabb induló folyamathatékonysági jellemzőkkel bírnak.

Mint azt bemutattuk, a reális szcenáriók azonosítása érdekében szakértői interjúkat készítettünk. A vizsgált szcenáriók⁷ képzésének alapvető dimenziója volt, hogy a fejlesztések milyen folyamatképességi, gyártáshatékonysági szintről – azok milyen belső kombinációjáról – indulva hova, milyen reális célállapot irányába fejlődnek (5. táblázat). Másik fontos dimenzió a termék hozzáadott

értékének tartalma, hiszen az is alapvetően befolyásolja, hogy az elért folyamathatékonysági javulásnak milyen hatása van a termék fedezeti összegére. Mint azt említettük, az alapesetben szereplő termék egy munkaerőigényes összeszerelési folyamat során előállított, alacsony hozzáadott értékű termék, ezért az alapszcenáriót [A(A)] egy magasabb hozzáadott értékű terméket reprezentáló szcenárióval [A(M)] is kiegészítettük, amiben az alapeset OEE-felépítését és annak értékét változatlanak tekintetük (3. ábra).

Az alapszcenárió [A(A)] esetében egy alacsony hozzáadott értékű termék előállítását végző termelési sor közepes hatékonyságúróól kiválóra történő fejlesztésének hatását számszerűsítettük az esettanulmány valós adatait felhasználva. A cég az induló állapotban is kiváló minőségi mutatóval rendelkezett. Ennek kis mértékű növelése révén az elért javulás alapvetően a rendelkezésre állás közepes szintről kiemelkedő és a teljesítménymutató alacsony szintről közepes szintre történő fejlesztése révén volt elérhető (5. táblázat). Folyamathatékonysági szempontból további két esetet különböztetünk meg. A [B] eset az OEE mutatója tekintetében az [A]-hoz hasonló hatékonysági szintugrást mutat, de forrása attól eltérő, hiszen itt a minőség dimenziója tekintetében is szintugrás történik, az a közepes fejlettségről kiemelkedőre javul. A harmadik, a [C] eset azt a vállalati kört reprezentálja, ahol a termelési sor induló alacsony OEE-mutatója közepes fejlettségre hozható. Az előző kettőhöz hasonlóan a teljesítmény dimenziója alacsony szintről közepesre fejlődik. Specifikus ugyanakkor, hogy az OEE mutatójának másik két dimenziójában is az induló állapot alacsony szintű, ami a rendelkezésre állás szempontjából közepes, a minőség tekintetében kiemelkedő szintre fejleszthető. E folyamathatékonysági jellemzőket az 5. táblázat foglalja össze.

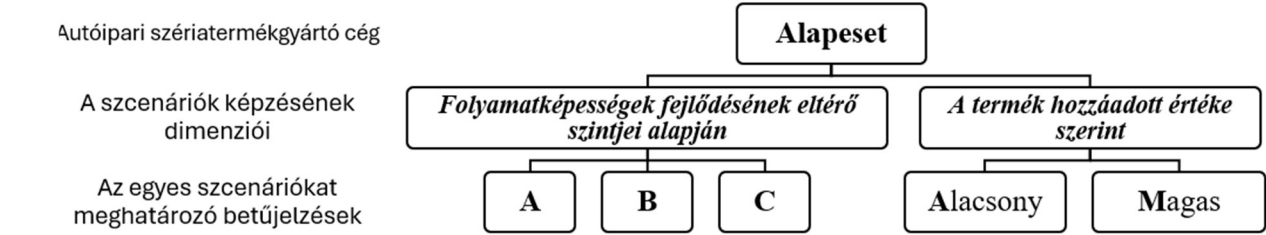
5. táblázat
A vizsgált esetek folyamathatékonysági jellemzői

Folyamathatékonysági jellemzők	A (alapeset)	B	C
OEE-mutató	(2) → (1)	(2) → (1)	(3) → (2)
Minőségmutató	(1) → (1)	(2) → (1)	(3) → (1)
Rendelkezésre állás	(2) → (1)	(2) → (1)	(3) → (2)
Teljesítménymutató	(3) → (2)	(3) → (2)	(3) → (2)

(1) kiemelkedő, (2) közepes, (3) alacsony fejlettséget jelző érték, lásd 3. táblázat
Forrás: saját szerkesztés

3. ábra

A vizsgált szcenáriók jelölése és azok kialakításának szempontjai⁸



Forrás: saját szerkesztés

A konkrétan vizsgált scenáriók kialakításának másik tényezője az volt, hogy alacsony vagy magas hozzáadott értékkel rendelkező termékek gyártása zajlik-e a vizsgált termelési soron. A három folyamathatékonysági szempontból eltérő eset így hat konkrét scenáriót eredményez. Az $[A(A)]$, $[B(A)]$ és $[C(A)]$ scenáriók az alacsony hozzáadott értékű termékek, míg az $[A(M)]$, $[B(M)]$ és $[C(M)]$ scenáriók magas hozzáadott értékű termékek eseteit vizsgálják.

A folyamathatékonyság fejlesztésének hatása a vállalati jövedelmezőségre – alacsony hozzáadott értékű termék scenáriói esetén

Elsőként az alacsony hozzáadott termékekre kapott eredményeket mutatjuk be. Ezek részletes elemzése előtt bemutatjuk a számítások azonos elemeit. Alapesetben $[A(A)]$ is 250 munkanappal és két műszakkal számoltunk. Az összehasonlíthatóság érdekében, a továbbiakban is ezt tekintjük kiinduló pontnak. Így a tervezett üzemidő minden esetben 4000 óra/év. Azonosnak tekintettük a szabadságolások és a tervezett karbantartás miatti leállások idejét is, így a termelésre egységesen 3792 óra a biztosított éves üzemidő.

A számításokhoz használt további kiinduló adatokat és a fejlesztés eredményeként elért értékeket külön táblázatokban mutatjuk be. A fejlesztés előtti és fejlesztés utáni értékeket a szakértői interjúk alapján határoztuk meg. Az OEE-mutató elsőként tárgyalt eleme a minőség, amit a termelési folyamat során létrejövő selejtarány mértékével ragadunk meg. Ennek induló és a fejlesztési projektet záró értékeit foglalja össze a 6. táblázat.

6. táblázat

A minőségi mutatót meghatározó selejtarányok alakulása a folyamathatékonyság eseteinél

A folyamathatékonyság vizsgált esetei	Selejtarány %-ban	
	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után
A	0,54%	0,30%
B	2,00%	0,50%
C	5,00%	1,00%

Forrás: saját szerkesztés

A nem tervezett hosszabb leállások (pl. technikai meghibásodás, üzemzavar) nagyságrendje és konkrét mértéke is különböző a vizsgált folyamathatékonysági eseteknél, aszerint, hogy milyen fejlettségi szintről hova érkezik meg a vállalat (7. táblázat).

7. táblázat

A rendelkezésre állás alakulása (nem tervezett hosszabb időn keresztüli leállások) a három vizsgált folyamathatékonysági esetben

A folyamathatékonyság vizsgált esetei	Nem tervezett hosszabb időn keresztüli leállások (rendelkezésre állás) összesen órában éves szinten	
	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után
A	100	30
B	300	100
C	700	300

Forrás: saját szerkesztés

A nem hatékony működésből származó idővesztés a hosszabb leállásokat magában foglaló ún. rendelkezésre állási problémák mellett tartalmazza a tervezett ciklusidőn felüli nem tervezett rövidebb ideig tartó gépleállásokat is. Ezek oka számos probléma lehet, mint azt az 1. táblázatban korábban jeleztük (pl. a nem optimális termelés programozás miatti üresjáratok, a nem hatékony munkavégzésből származó időkiesés). A paraméterek a számítások során alkalmazott értékeket mutatják a 8. táblázatban.

8. táblázat

Az ún. teljesítmény alakulása (a tervezett ciklusidőn felüli nem hatékony működésből adódó idővesztés)

A folyamathatékonyság vizsgált esetei	Rövid leállásokból (teljesítmény) adódó idővesztés összesen órában éves szinten	
	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után
A	400	200
B	600	300
C	800	350

Forrás: saját szerkesztés

Az OEE-mutató három elemének feltételezett változásainak eredőjeként alakulnak ki a 9. táblázatban szereplő OEE-mutató konkrét értékei és azok egyes elemeinek pontos mértékei.

A könnyebb áttekinthetőség érdekében minden scenárió esetén feltételeztük, hogy a gyártósor egy típusú terméket állít elő, amelynek különböző változatai lehetségesek, de ezek a ciklusidőt és a költségeket nem befolyásolják. Az alapesetben szereplő ciklusidő és a folyamat időhatékonyságát befolyásoló adatok (pl. teljesítmény alakulása) segítségével becsültük a $[B]$ és a $[C]$ folyamathatékonysági esetekre érvényes új ciklusidőket. Ezek és a

9. táblázat

Az alacsony hozzáadott értékű terméket előállító változatok összehasonlítása

Scenáriók és Hatékonysági jellemzők	A(A) scenárió	B(A) scenárió	C(A) scenárió
OEE-mutató	76,50% → 84,35%	68,20% → 83,38%	48,29% → 74,82%
Minőségmutató	99,46% → 99,70%	98,00% → 99,50%	95,00% → 99,00%
Rendelkezésre állás	97,36% → 92,21%	92,09% → 99,36%	81,54% → 92,09%
Teljesítménymutató	79,00% → 85,28%	75,57% → 86,07%	62,89% → 78,75%

Forrás: saját szerkesztés

korábban már megadott selejtarányok révén pedig a fejlesztés előtti és az azt követő termelési volumeneket. Az alacsony hozzáadott értékű termékeknel ezeket foglalja össze a 10. táblázat.

minden esetben csökkenteni tudják. A becsléseket az esettanulmány során megkapott alapadatok és a korábban modellezett összefüggések alapján végeztük el (11. és 12. táblázat).

10. táblázat

A ciklusidő és a termelési volumenek a három, alacsony hozzáadott értékű termékgyártást reprezentáló scenárióknál

Scenáriók	Ciklusidő másodpercben		Termelt mennyiség db-ban éves szinten	
	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után
<i>A(A)</i>	8,75	8,25	1 200 000	1 400 000
<i>B(A)</i>	9,50	8,80	1 000 000	1 300 000
<i>C(A)</i>	10,00	9,00	700 000	1 100 000

Forrás: saját szerkesztés

Az autóipari esettanulmányunk során kaptunk értékesítési és fajlagos költségadatokat. Az alacsony hozzáadott értékű termékeknel [*A(A)*, *B(A)*, *C(A)* scenáriók] 600 Ft/ eladási árral számoltunk, árváltozást nem tételeztünk fel. A fajlagos anyagköltséget szintén azonosnak és változatlanak tekintettük. A hatékonyságbeli különbség a fajlagos bér- és energiaköltségekben jelentkezik. Ez okozza az eltérő fajlagos költséget és az eltérő fedezetet. A fejlesztés hatására a fajlagos energia- és a fajlagos bérköltségeket

A különböző hatékonyság mellett működő gyártósorok kiinduló és fejlesztett teljesítményét mutatja a 13. táblázat. A termelési hatékonyság növelésével különböző szintű költségmegtakarítás érhető el, attól függően, hogy milyen hatékonyságbeli hátránnyal indultak az egyes üzemek és milyen a költségszerkezetük (13. táblázat). A költségmegtakarítás igen magas mértékű [*C(A)*] scenáriónál (32,4%), ami összességében egy alacsony folyamathatékonysági szintről egy közepes szintre történő fejlesztési

11. táblázat

Az önköltség alakulása és a termékfedezeti hányadok az alacsony hozzáadott értékű termékek esetén

Scenáriók	Fejlesztés előtt		Fejlesztés után	
	Termék fajlagos önköltsége Ft-ban	Termékfedezeti hányad %-ban	Termék fajlagos önköltsége Ft-ban	Termékfedezeti hányad %-ban
<i>A(A)</i>	497,1	17,16%	491,9	18,02%
<i>B(A)</i>	504,4	15,93%	496,7	17,22%
<i>C(A)</i>	519,0	13,50%	502,3	16,28%

Forrás: saját szerkesztés

12. táblázat

A minőségmutató javulása és a várható költségmegtakarítás az alacsony hozzáadott értékű termék esetén

Scenáriók	Minőségmutató		Minőségjavításból adódó költségmegtakarítás	
	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után	Ft-ban	Összes termelési költség %-ban
<i>A(A)</i>	99,46%	99,70%	234 703	0,04%
<i>B(A)</i>	98,00%	99,50%	1 290 600	0,26%
<i>C(A)</i>	95,00%	99,00%	1 944 000	0,54%

Forrás: saját szerkesztés

13. táblázat

A költségmegtakarításból és a termelési volumen növeléséből származó eredményhatás az alacsony hozzáadott értékű termékeket gyártó scenárióknál

Scenáriók	Fajlagos költségmegtakarításból adódó eredményhatás		Volumenváltozásból adódó eredményhatás	
	Ft-ban	Fejlesztés előtti eredmény %-ban	Ft-ban	Fejlesztés előtti eredmény %-ban
<i>A(A)</i>	7 224 000	5,85%	20 588 000	16,67%
<i>B(A)</i>	10 010 000	10,47%	28 680 000	30,00%
<i>C(A)</i>	18 370 000	32,40%	32 400 000	57,14%

Forrás: saját szerkesztés

szcenáriókat illusztrál, aminek erős fókuszja a minőségdimenzió alacsonyról kiemelkedő szintre történő javítása. Hangsúlyozzuk, hogy az alacsony hozzáadott értékű, jellemzően költségelőnyre építő termékek gyártása esetén a költségmegtakarítás elengedhetetlen. A termelési volumen növelésének hatása jól látható a 13. táblázat adataiból. Újból szeretnénk felhívni arra a figyelmet, hogy a termelési volumen növelését nem lehetne megvalósítani a fejlesztő beruházások és a hatékonyság növelése nélkül. Az összesített eredményhatást mutatja a 14. táblázat.

jövedelmezőségre nemcsak az befolyásolja, hogy milyen folyamatérettségi szintről hova tud fejlődni, hanem a gyártott termék jellemzői is. Ezek közül elemzésünkbe a termék hozzáadott értékének nagyságrendjét vontuk be.

Az előző fejezetben ismertetett adatok döntő többsége most is használható, kivéve az alapeset induló ciklusidejét, hiszen alapvetően egy magasabb hozzáadott értékű termék gyártása főszabály szerint nagyobb ciklusidővel érhető el. Ezért itt módosítottuk a kiinduló ciklusidőt, és új volumenadatokat számoltunk (15. táblázat).

14. táblázat

A fejlesztés hatása a tervezett termelési volumen növelése mellett – alacsony hozzáadott értékű termékszcenárióinál

Szcenáriók	OEE-mutató		Fejlesztés hatása a vállalat eredményére (beruházási költségek nélkül)	
	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után	Ft-ban	Fejlesztés előtti eredmény %-ban
A(A)	76,50%	84,35%	28 046 703	22,70%
B(A)	68,20%	83,38%	39 980 600	41,82%
C(A)	48,72%	71,80%	52 714 000	92,97%

Forrás: saját szerkesztés

A folyamat hatékonyság fejlesztésének hatása a vállalati jövedelmezőségre – magasabb hozzáadott értékű termékszcenáriók esetén
Feltételezésünk szerint a beruházások, így az I4.0-alapú folyamatfejlesztési projektek hatását a vállalati

E magasabb hozzáadott értékű termék esetében minden változatban 1300 Ft/db eladási árral és változatlan 530 Ft/db fajlagos anyagköltséggel számoltunk. A hatékonyságbeli különbség itt is az OEE elemeinek javításából következő fajlagos bér- és energiaköltségek csökkenéséből ered.

15. táblázat

A ciklusidő és a termelési volumenek a három magas hozzáadott értékű termékgyártást reprezentáló szcenárióknál

Szcenáriók	Ciklusidő másodpercen		Termelt mennyiség db-ban éves szinten	
	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után
A(M)	26,40	24,80	410 000	480 000
B(M)	28,16	26,47	340 000	430 000
C(M)	30,17	27,15	230 000	380 000

Forrás: saját szerkesztés

16. táblázat

A ciklusidő és a termelési volumenek a három magas hozzáadott értékű termékgyártást reprezentáló szcenárióknál

Szcenáriók	Fejlesztés előtt		Fejlesztés után	
	Termék fajlagos önköltsége Ft-ban	Termékfedezeti hányad %-ban	Termék fajlagos önköltsége Ft-ban	Termékfedezeti hányad %-ban
A(M)	860	33,85%	838,4	35,51%
B(M)	882	32,15%	849,4	34,66%
C(M)	894,5	31,19%	853,3	34,36%

Forrás: saját szerkesztés

17. táblázat

A minőség mutató javulása és a várható költségmegtakarítás a magas hozzáadott értékű termékek esetén

Szcenáriók	Minőségmutató		Minőségjavításból adódó költségmegtakarítás	
	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után	Ft-ban	Összes termelési költség %-ban
A(M)	99,46%	99,70%	340 560	0,10%
B(M)	98,00%	99,50%	1 943 700	0,65%
C(M)	95,00%	99,00%	3 122 350	1,52%

Forrás: saját szerkesztés

18. táblázat

A minőség mutató javulása és a várható költségmegtakarítás a magas hozzáadott értékű termékek esetén

Szcenáriók	Fajlagos költségmegtakarításból adódó eredményhatás		Volumenváltozásból adódó eredményhatás	
	<i>Ft-ban</i>	<i>Fejlesztés előtti eredmény %-ban</i>	<i>Ft-ban</i>	<i>Fejlesztés előtti eredmény %-ban</i>
<i>A(M)</i>	10 368 000	5,75%	30 800 000	17,07%
<i>B(M)</i>	14 018 000	9,86%	37 620 000	26,47%
<i>C(M)</i>	15 651 060	16,78%	60 825 000	65,22%

Forrás: saját szerkesztés

19. táblázat

A fejlesztés hatása a tervezett termelési volumen növelése mellett – magas hozzáadottértékű termék esetén

Szcenáriók	OEE-mutató		Fejlesztés hatása a vállalat eredményére (beruházási költségek nélkül)	
	<i>Fejlesztés előtt</i>	<i>Fejlesztés után</i>	<i>Ft-ban</i>	<i>Fejlesztés előtti eredmény %-ban</i>
<i>A(M)</i>	78,86%	86,94%	41 508 560	23,01%
<i>B(M)</i>	68,73%	82,96%	53 581 700	37,70%
<i>C(M)</i>	48,29%	74,82%	79 598 410	85,35%

Forrás: saját szerkesztés

A termékek fajlagos önköltségét és a fedezeti hányadot mutatja be a 16. táblázat.

Feltételezéseink alapján a fejlesztések során növekszik a termelési soron a minőséget. Mivel autóipari alkatrészgyártókban (összeszerelésben) gondolkodtunk, a legalacsonyabb kiinduló minőségnek 5%-os hibaarányt tételeztünk fel. A minőség javítása során kisebb mértékű (2% alatti) költségmegtakarítást tudtak elérni (17. táblázat)⁹.

Mint azt láttuk, a költségmegtakarítás legmagasabb mértékét az alacsony hozzáadott értékű termék termelésének azon szcenáriója mentén kaptuk, amely a legnagyobb folyamathatékonyság-növekedést biztosította. A

magasabb hozzáadott értékű termékek gyártásánál is látható a költségmegtakarítás, de itt még erősebben mutatkozott meg a volumenhatás (18. táblázat). Az összesített eredményhatást mutatja a 19. táblázat.

Az eredmények értékelése

A 20. táblázat összefoglaló jelleggel mutatja be a vizsgált szcenáriók jellemzőit és elemzésünk eredményeit. A három folyamatfejlesztési esetben [*A*, *B* és *C*] közös, hogy a teljesítmény (rövid leállások) alacsony szintről közepes szintre fejlődik. A [*B*] eset a valós vállalati esettanulmányhoz [*A* eset] képest a minőség tekintetében hoz jelentős

20. táblázat

A vizsgálati eredmények összefoglalása

Szcenáriók	OEE-fejlesztés típusa	Termék hozzáadott értékének típusa	OEE javulásának mértéke	Ciklusidő csökkenéséből adódó termelési volumen növekedése	Termékfedezeti hányad változása	A minőség javulása	Minőségjavításból adódó költségmegtakarítás az összes termelési költség %-ban	Fajlagos költségmegtakarításból adódó eredményhatás %-ban	Volumen növekedéséből adódó eredmény hatás %-ban	Fejlesztés egészének hatása a vállalati eredményre %-ban
<i>A(A)</i>	(2) → (1)	Alacsony	+ 8,85%	+ 17,00%	+ 0,86%	+ 0,24%	– 0,04%	+ 5,85%	+ 16,67%	+ 22,70%
<i>A(M)</i>	M: (1) → (1) R: (2) → (1) T: (3) → (2)	Magas	+ 8,08%	+ 17,00%	+ 1,66%	+ 0,24%	– 0,10%	+ 5,75%	+ 17,07%	+ 23,01%
<i>B(A)</i>	(2) → (1)	Alacsony	+ 15,18	+ 30,00%	+ 1,29%	+ 1,50%	– 0,26%	+ 10,47%	+ 30,00%	+ 41,82%
<i>B(M)</i>	M: (2) → (1) R: (2) → (1) T: (3) → (2)	Magas	+ 14,23%	+ 26,47%	+ 2,51%	+ 1,50%	– 0,65%	+ 9,86%	+ 26,47%	+ 37,70%
<i>C(A)</i>	(3) → (2)	Alacsony	+ 23,08%	+ 57,00%	+ 2,78%	+ 4,00%	– 0,54%	+ 32,40%	+ 57,14%	+ 92,97%
<i>C(M)</i>	M: (3) → (1) R: (3) → (2) T: (3) → (2)	Magas	+ 26,53%	+ 65,22%	+ 3,17%	+ 4,00%	– 1,52%	+ 16,78%	+ 65,22	+ 85,35%

Forrás: saját szerkesztés

változást, bár a többi OEE-elem is valamelyest javul. Ezek azonban nem hoznak magukkal fejlettségi szintbeli ugrást. A [C] eset a legfejletlenebb vállalatokat reprezentálja, itt a minőség két szintet is képes ugrani, miközben a fejlesztések eredményeképpen a rendelkezésre állás (hosszabb leállások) is egy szinttel fejlettebb tud lépni.

Látható, hogy az eredményre gyakorolt hatás elemzése során nem mindegy, hogy a változást százalékban vagy forint összegben vizsgáljuk. A magasabb hozzáadott értékű termék esetén abszolút értékben vizsgálva nagyobb megtakarítás érhető el. Ugyanakkor, amennyiben az eredményhatást a fejlesztés előtti fedezeti összeghez viszonyítjuk, akkor az alacsony hozzáadott értékű termékek esetében tudnak elérni relatív nagyobb növekedést. Ez összhangban van azzal a gazdasági összefüggéssel, hogy az alacsony hozzáadott értékű, költségverseny iparágban fókuszálnak nagyobb mértékben a költségek csökkentésére.

Azt is láthatjuk ugyanakkor, hogy a fajlagos költségmegtakarításból eredő eredményhatás az alacsony hozzáadott értékű termékek esetén minden esetben jelentősebb volt, mint a magas hozzáadott értékű termékcsoportnál.

Az OEE minőségelemének fejlődése független a termék hozzáadott értékétől, de látjuk, hogy az ebből fakadó fajlagos költségmegtakarítás már jelentős különbségeket mutat. Példánkban a magasabb hozzáadott értékű termék, összetettebb termék volt, amelynek magasabb az egységni termelési költsége, így a selejt csökkenése nagyobb mértékben járul hozzá a fedezeti összeg növeléséhez.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a folyamathatékonyság fejlesztése jelentősen javítja a vállalati eredményességet. Minél alacsonyabb szintről indul a fejlesztés,

annál jelentősebb az eredményre gyakorolt hatás. A magas hozzáadott értékű termékek esetén a volumenhatás (a meglévő gépi kapacitásokkal nagyobb termelési volumen képessége) vállalati eredményre gyakorolt hatása is jelentősebb, mint az alacsony hozzáadott terméktípus esetén. Ez nem meglepő, hiszen az előző terméktípus egységára és így a potenciális árbevétel is jelentősen magasabb. Ugyanakkor ez csak akkor realizálható, ha a piaci körülmények a megnövekedett volumen értékesítését lehetővé teszik.

A scenáriók alapjának tekintett valós autópári vállalatnál (alap esetben) a kihasználatlan szabad kapacitás a fejlesztés előtt 10%-nál alacsonyabb volt. A következő összehasonlítás során e tekintetben tovább finomítjuk elemzésünket és két eshetőséget hasonlítunk össze, amikor (a) a hatékonyságnövelés során keletkező szabad kapacitást le tudják kötni és (b) amikor nem. A kapacitásjellemzőket mutatja be a 21. táblázat. A termelési volumen százalékos növekedése azért haladhatja meg a szabad kapacitás növekedésének mértékét, mert a ciklusidő csökkenésével a többlettermelésre fordított többletmunkaórák száma nem nő olyan mértékben.

Az OEE-mutatónak több számítási módja is létezik. Kutatásunkban a szakirodalmi források és a valós autópári esettanulmányban szereplő vállalat szakembereinek ajánlása alapján azt a számítási módot alkalmaztuk, amely a tényleges üzemidőt nem módosítja az üzem kihasználatlan kapacitásával. Ennek megfelelően a kihasználatlan kapacitás tükröződni fog a teljesítménymutatóban. A 22. táblázatban foglalt eredményekből ugyanakkor látható, hogy ha a hatékonyságnövelés következtében a termelősorok felszabaduló kapacitását nem tudják lekötöni, akkor

21. táblázat

Kapacitáskihasználás és termelési volumenváltozás

Szenáriók	Fejlesztés előtt kihasználatlan szabad kapacitás biztosított üzemidő %-ban éves szinten	Fejlesztés hatására keletkező többlet szabad kapacitás biztosított üzemidő %-ban	Termelési darabszámnövelés %-ban	Növekvő termelési volumen mellett maradt szabad kapacitás biztosított üzemidő %-ban
A(A)	9,90%	11,52%	16,67%	9,33%
B(A)	6,67%	18,31%	30,00%	5,65%
C(A)	9,17%	27,54%	57,14%	10,34%
A(M)	7,52%	11,93%	17,07%	6,73%
B(M)	6,13%	17,39%	26,47%	6,07%
C(M)	9,61%	27,50%	65,22%	7,28%

Forrás: saját szerkesztés

22. táblázat

A fejlesztés hatása a tervezett termelési volumen megvalósulása nélkül

Szenáriók	OEE-mutató		Fejlesztés hatása a vállalat eredményére (beruházási költségek nélkül)	
	Fejlesztés előtt	Fejlesztés után	Ft-ban	Fejlesztés előtti eredmény %-ban
A(A)	76,50%	72,30%	6 488 467	5,25%
B(A)	68,20%	64,14%	9 134 000	9,55%
C(A)	48,72%	45,69%	13 958 000	24,62%
A(M)	78,86%	74,26%	9 288 960	5,15%
B(M)	68,73%	65,60%	13 215 800	9,30%
C(M)	48,29%	45,29%	13 203 610	14,16%

Forrás: saját szerkesztés

a pozitív eredményhatás kisebb mértékű lesz (5-25%), és az OEE-mutató értékében csökkenés következik be. Az OEE-mutató csökkenése a termelési kapacitás átcsoportosításával, illetve más fajta (a kihasználatlan szabad kapacitást nem figyelembe vevő) számítási móddal lehet elkerülni.

Megállapíthatjuk, hogy a hazai, folyamathatékonyság tekintetében fejletlenebb KKV-knak érdemes az OEE növelésébe és az azt segítő beruházásokba fektetniük, hiszen a várható pénzügyi eredményjavulás módjai ugyan eltérőek lehetnek, de minden esetben jelentősnek mondhatók. Rövid távon a piaci körülmények hatása jelentős. Ennek kapcsán ugyanakkor megjegyezzük, hogy a gazdasági pangás időszaka alatt elvégzett beruházások és fejlesztési projektek a fellendülés időszakában piaci térnyerést hozhatnak a vállalat számára.

Összefoglalás, záró gondolatok

Általában a hazai vállalati szféra, de kiemelten a KKV-szektor jelentős versenyképességi kihívása mind a mai napig a termelékenység növelése. Ennek alapvető módja a termelési folyamathatékonyság növelése, amelyet leggyakrabban az OEE mutatójával mérnek. A fejlesztés eszközei sokrétűek, mint például a lean menedzsment és más folyamatfejlesztési megoldások. Ezek eredményességét jelentős mértékben befolyásolja a rendelkezésre álló adatok minősége és azok mélyreható elemzése. Így az elmúlt évek jelentős technikai és módszertani fejlődése, az ún. I4.0-megoldások alkalmazása hozzájárulhat a folyamatfejlesztési projektek sikeréhez és ismét igen aktuálissá teszi ezt a kérdéskört.

Természetesen ezek a fejlesztések befektetéseket is igényelnek. Ezek nagysága és megtérülése számos konkrét vállalati tényező függvényei, mint például az IT és az erre támaszkodó folyamatfejlesztési projektek fejlettségi szintjei. Tanulmányunk egy konkrét vállalati eset és az arra, illetve a szakértői interjúkra támaszkodó scenáriók elemzése révén mutatja be, hogy a hazai autóipari KKV-k milyen tipikus folyamathatékonysági képességekkel, annak milyen reális növekedési potenciáljával rendelkeznek, és ez miként hathat eredményességükre.

Eredményeink rámutatnak arra, hogy mind az alacsony, mind a magasabb hozzáadott értékű termékek esetén jelentős lehet a folyamathatékonyság javításának a vállalati eredményességre gyakorolt hatása. Az OEE-mutató elemeinek mindegyikében van lehetőség előre lépni. A selejt és a hosszabb leállások csökkenése egyaránt fontos, de legnagyobb várható hatása a teljesítmény növelésének, tehát a rövidebb ideig tartó gépleállások, a géplassulás, a nem hatékony munkaszervezésből adódó kieső idő csökkentésének van.

Bár az OEE-mutató javítása a fajlagos költségek csökkentése révén is pozitív eredményhatással jár, a termelési folyamat hatékonyságnövelésének egyik fő haszna, hogy változatlan kapacitás mellett lehetett növelni a termelés mennyiségét. Természetesen ez csak akkor járul hozzá a tulajdonosi értékteremtéshez, ha a felszabaduló kapacitásokat le tudja a vállalat kötni vagy a felszabaduló

erőforrásokat más, erőforráshiányos területre tudja átcsoportosítani.

Elemzésünk három folyamatképességi esetet és annak két típusát öleli fel, az alacsonyabb és a magasabb hozzáadott értékű termék előállításának változatait. Bár az így kialakuló hat scenárió nyilvánvalóan nem fedi le a vállalatok lehetséges induló állapotainak és fejlesztési lehetőségeinek tárházát, mégis eligazítást nyújthat számukra a reális scenáriók és azok eredményességre gyakorolt potenciális hatása tekintetében.

A használt módszertan bemutatása pedig lehetővé teszi számukra, hogy jobban megértsék, az egyébként jól ismert folyamatfejlesztési és pénzügyi mutatószámok és összefüggéseik miként kapcsolhatók össze, és ezzel lehetővé válik saját, testre szabott konkrét helyzetek vizsgálata. Cikkünk mindenekelőtt a gyakorlat és a gyakorló szakemberek számára lehet hasznos. Elméleti értéket pedig éppen ez, az operációs és a pénzügyi területek összekapcsolása jelenti, még akkor is, ha az az általánosíthatóság érdekében egyszerűsítéseket és becsléseket is tartalmaz. Munkánk ráirányítja a figyelmet arra, hogy a vállalatok egyes funkcionális területeinek összekapcsolt elemzése és a vállalati értékteremtést szolgáló hatékony együttműködése megkerülhetetlen. Mint azt korábban bemutattuk, igen kevés irodalom áll rendelkezésre, amely az egyes funkcionális silókön túllépve integrált elemzésre tesz kísérletet. Munkánk kiegészíti Hansen (2001), Monday és Ugbohme (2021) munkásságát, amikor számszerűen vizsgálja az OEE kapcsolatát a vállalat pénzügyi mutatóihoz, egyedi módon a termék fedezeti összegéhez, mint a vállalatok eredményességét alapvetően meghatározó termékjövedelmezőségi mutatóhoz. A funkciók közötti kapcsolatok megértése általában, a termelés és a pénzügy közötti kapcsolat mélyebb feltárása pedig konkrétan további gyakorlatba ágyazott kutatásokat igényel.

Elméleti hozzájárulásnak tekinthető továbbá a szakértői interjúk eredménye. A folyamatfejlesztés során alkalmazott OEE-értékek egyrészt megerősítették a korábbi eredményeket (Dobra & Jósfa, 2021, a, b), másrészt újszerű eredményekre is vezettek. Elsősorban a mutatószámok és építőelemeinek klasszifikálása (kiemelkedő – közepes – alacsony fejlettségi szintek) képvisel elméleti értéket, mely lehetővé tette a releváns folyamathatékonysági esetek és elemzési scenáriók azonosítását és felhasználását a konkrét pénzügyi elemzéseken.

Eredményeink azt mutatják, hogy érdemes befektetni az OEE-mutató javításába, és így az adatalapú I4.0 fejlesztésekbe. Munkánk az autóiparra fókuszált, mely mind nemzetközi, mind hazai tekintetben inkább a magasabb termelékenységgel, jobb folyamatképességgel rendelkező iparágak közé tartozik. Az itt bemutatott eredmények ezért mind vállalati, mind nemzetgazdasági szinten alábecsülik az OEE növelése révén elérhető pénzügyi hatás nagyságrendjét. Fontosnak tartjuk kiemelni, hogy a vállalati szakemberek mellett a gazdaságpolitikusok számára is ajánljuk munkánkat, hiszen az támogatást nyújt a digitalizációs, benne az I4.0-megoldásokat tartalmazó fejlesztési források eredményes felhasználásához. Például olyan módon, hogy a támogatások elnyerése érdekében

benyújtott pályázatok kötelező tartalmi elemeként írják elő a pályázók folyamathatékonsági jellemzőinek, benne az induló és a célállapotoknak a bemutatását, az OEE mutatójának használatával. Mivel a mutató számítása és ezen állapotok megalapozott tárgyalása már önmagában igényel a cégek részéről bizonyos szintű érettséget a folyamatmenedzsment tekintetében, az várhatóan pozitívan hat majd a megítélt digitalizációs támogatások hasznosulására és ezen beruházások eredményességére.

Jegyzet

- ¹ Az Európai Unió alapján a KKV olyan vállalat, amelynek összes foglalkoztatottja kevesebb mint 250 fő, éves nettó árbevétele legfeljebb 50 millió euró, vagy mérlegfőösszege legfeljebb 43 millió euró (European Commission, 2018).
- ² Hosszabb leállásokat nemcsak a gépek meghibásodása vagy üzemzavar okozhat, hanem anyaghiány vagy hibás anyag is. Ezeket a hosszabb termelési idő kiesést okozó veszteségeket a rendelkezésre állás mutatójánál vesszük számításba. Nakajima (1988; idézi Dal et al., 2000) szerint a 90% feletti rendelkezésre állás a kívánatos mérték.
- ³ Fiatal, még nem elhasználódott, kb. 5-10 éves gépparkot feltételezve.
- ⁴ A kiemelkedő, közepes és alacsony fejlettségi szintet jelző számozást [(1), (2), (3)] a későbbiekben a fejlettségi szintek egyszerű megjelölésére használjuk, lásd pl. a 4. és 5. táblázatot.
- ⁵ Számításaink során a gyártás szempontjából homogén termékcsoportot tételeztünk fel. A termékszerkezet termelési hatékonyságra gyakorolt hatását nem vizsgáljuk külön.
- ⁶ Az érzékenységvizsgálatok során nem foglalkozunk a folyamatképeség fejlesztéséhez szükséges beruházás (pl. IoT-eszközök beszerzése) mértékével és annak megtérülésével. Mivel elemzésünk ezen része szcenáriók alapján történik, a beruházási igényt megbízhatóan nem lehet előre meghatározni. Ráadásul az adatalapú elemzések terén az egyes vállalatok nagyon különböző szinten állhatnak. Lehet, hogy teljes mértékben hiányzik az új technológia, lehet, hogy a beruházásokat már megvalósították, de a folyamatok fejlesztése, a hatékonyságot növelő tanulási folyamat még hátra van. Elemzésünkben azt mutatjuk be, hogy mekkora többletjövedelem érhető el egy-egy jól átgondolt fejlesztés által. Ennek tükrében pedig már mérlegelhető, hogy az adott beruházást érdemes-e megvalósítani.
- ⁷ A szcenárióelemzés során ugyanazzal a három költséggel (alapanyagköltség, bérköltség, energiaköltség) számoltunk, mint az esettanulmányban.
- ⁸ Az A és az M rövidítéseket az alacsony és magas hozzáadott értékű termékeket vizsgáló esetek megnevezésére. A folyamathatékonság három szintjének azonosítására az A, B, és C nagybetűkkel jelöljük. Ezek egyfajta fejlettségi szintet jelölnek, ahol A a legmagasabb, míg C a legalacsonyabb folyamathatékonsági szintet jelöli.
- ⁹ Mint azt az elméleti fejezetben is jeleztük, a minőség növelésének a közvetett hatásait (pl. csökkenő minőség ellenőrzési költségek) nem számszerűsítettük.

Felhasznált irodalom

- Acemoglu, D. (2016). *The Impact of IT on the Labor Market*. Massachusetts Institute of Technology. <https://economics.mit.edu/files/12118>
- Aleš, Z., Pavlu, J., Legát, V., Mošna, F., & Jurča, V. (2019). Methodology of overall equipment effectiveness calculation in the context of Industry 4.0 environment. *Eksploatacja i Niezawodność*, 21(3), 411-418. <https://doi.org/10.17531/ein.2019.3.7>
- Al Hazza, M.H.F., Ali, M.Y., & Razif, N.F.B.M. (2021). Performance improvement using analytical hierarchy process and Overall Equipment Effectiveness (OEE): Case study. *Journal of Engineering Science and Technology*, 16(3), 2227-2244.
- Balaton, K., & Kerek, J. (2012). *A stratégiaalkotás folyamatának jellemzői a 2009. évi kérdőíves felmérés alapján* [Műhelytanulmány]. Vállalatgazdaságtan Intézet. https://edok.lib.uni-corvinus.hu/406/1/TM42_Balaton.pdf

- Boda, Gy., Fülöp, Z., Révész, T., & Thék, R. (2023). Termelőkenység és jövedelmezőség *Statistikai Szemle*, 101(6), 479-521. <https://doi.org/10.20311/stat2023.06.hu0479>
- Beugelsdijk, S., Klasing, M.J., & Milionis, P. (2018) Regional economic development in Europe: the role of total factor productivity. *Regional Studies*, 52(4), 461-476. <https://doi.org/10.1080/00343404.2017.1334118>
- Chand, G., & Shirvani, B. (2000). Implementation of TPM in cellular manufacture. *Journal of Materials Processing Technology*, 103(1), 149-154. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(00\)00407-6](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(00)00407-6)
- Corrales, L.D.C., Lambán, M.P., Hernandez Korner, M.E., & Royo, J. (2020). Overall equipment effectiveness: Systematic literature review and overview of different approaches. *Applied Sciences*, 10(18), 6469. <https://doi.org/10.3390/app10186469>
- Czakó, E., Juhász, P., & Reszegi, L. (2016). Versenyképesség és export – Vállalati szintű kvalitatív és kvantitatív kutatási eredmények összevetése. *Vezetéstudomány*, 47(8), 3-14. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2016.08.01>
- Csath, M. (2022) Gondolatok az ipar jövőjéről és az iparpolitikáról. *Köz-Gazdaság*, 17(4), 19-35. <https://doi.org/10.14267/RETP2022.04.03>
- Dal, B., Tugwell, P., & Greatbanks, R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement A practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(12), 1488-1502. <https://doi.org/10.1108/01443570010355750>
- Dobra, P., & Jósvai, J. (2021a). OEE trendek különböző technológiák esetében az autóiipari gyártás területén. *Logisztika Trendek és Legjobb Gyakorlatok Kiadvány*, 7(1), 12-16. <https://doi.org/10.21405/logtrend.2021.7.1.12>
- Dobra, P., & Jósvai, J. (2021b). OEE measurement at the automotive sem-automatic assembly lines. *Acta Technica Jaurinensis*, 14(1), 24-35. <https://doi.org/10.14513/actatechjaur.00576>
- European Commission. (2018). What is an SME? https://ec.europa.eu/growth/smes/sme-definition_en
- Fekete, I. (2015). Integrált kockázatmenedzsment a gyakorlatban. *Vezetéstudomány*, 46(1), 33-46. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2015.01.03>
- Fodor, T. (2020). *Üzleti folyamatok fő mutatószámai: Kpi és más mutatók a gyakorlatban*. Underground Kiadó.
- Garg, A., & Singh, A.K. (2021). Applications of Internet of Things (IoT) in green computing. In *Intelligence of Things: AI-IoT Based Critical-Applications and Innovations* (pp. 1-34). Springer International Publishing.
- Gelei, A., Ternai, K., & Lengyel, E. (2023). Hazai vállalatok ipar 4.0 felkészültségének értékelése – Modelljavaslat és annak esettanulmányokon keresztül történő vizsgálata. *Vezetéstudomány*, 54(9), 58-73. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2023.09.05>
- Gyártástrend (2019). OEE-mérés – az Ipar 4.0 előszobája http://gyartastrend.hu/jovo-gyara/cikk/oe_meres_az_ipar_4_0_eloszobaja

- Hansen, R.C. (2001). *Overall Equipment Effectiveness. A powerful production/Maintenance tool for increased profits*. Industrial Press Inc.
- Hassan, M.K. (2022). *A New Techno-Economic Real-Time Total Process Performance Indicator*. SSRN. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4920237>
- Hatipoğlu, S., & Akar, C. (2022). A new scoring approach to calculate overall equipment efficiency: A case study. *Verimlilik Dergisi*, 3, 499-510. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1055354>
- Hoványi, G. (2007). Az idő aspektusai – Gondolatok az üzleti stratégia és tervezés fejlesztéséhez. *Vezetéstudomány*, 38(10), 2-23. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2007.10.01>
- Iannone, R., & Nenni, M.N. (2013). Managing OEE to Optimize Factory Performance. In Schiraldi, M.M. (Ed.), *Operations Management* (pp. 31-50). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/55322>
- Imre, T. (1996). A szcenárió-tervezés mint a stratégiaalkotás része. *Vezetéstudomány*, 27(4), 36-52. https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/5433/1/VT_1996n4p36.pdf
- Jeneiné Gerő, H.E., Kincses, Á., & Tóth, G. (2021). A hazai KKV-k területi jellegzetességei válságok idején. *Statisztikai Szemle*, 99(12), 1185-1211. <https://doi.org/10.20311/stat2021.12.hu1185>
- Keresztély, T. (2004). Előrejelzés és szcenárióelemzés hosszú távú makromodellel. *Statisztikai Szemle*, 82(10-11), 919-944. https://real-j.mtak.hu/20972/7/Statisztikai_Szemle_2004_82_10-11_.pdf
- Kletti, J. (Ed.). (2007). *Manufacturing Execution Systems—MES*. Springer.
- Kristóf, T. (2002). A szcenárió módszer a stratégiaalkotásban I. rész. *Vezetéstudomány*, 33(9), 17-27. https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/4772/1/VT_2002n9p17.pdf
- Latif, S., Driss, M., Boulila, W., Jamal, S.S., Idrees, Z., & Ahmad, J. (2021). Deep Learning for the Industrial Internet of Things (IIoT): A Comprehensive Survey of Techniques, Implementation Frameworks, Potential Applications, and Future Directions. *Sensors*, 21(22), 7518. <https://doi.org/10.3390/s21227518>
- Lazarova-Molnar, N.S., Mohamed, J., & Al-Jaroodi (2018), Collaborative data analytics for industry 4.0: Challenges, opportunities and models. In *Proceedings - 2018 6th International Conference on Enterprise Systems*, ES 2018 (pp. 100-107). <https://doi.org/10.1109/ES.2018.00023>
- Leanproduction (2019). OEE (Overall Equipment Effectiveness). <https://www.leanproduction.com/oee.html>
- Liew, C.F., Prakash, J. & Ong, K.S. (2022). Integration of financial performance measure with overall equipment effectiveness for assessing operational performance: a structured literature review. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 37(1), 119-142. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2022.126008>
- Mahmood, K., Lanz, M., Toivonen, V., & Otto, T. (2018): A Performance Evaluation Concept for Production Systems in an SME Network. *Procedia CIRP*, 72, 603-608. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.182>
- Miragliotta, G., Sianesi, A., Convertini, E., & Distante, R. (2018). Data driven management in Industry 4.0: a method to measure Data Productivity. *IFAC-Papers-onLine*, 51(11), 19-24.
- Monday, E.E. & Ugbomhe, U.O. (2021) Impact of overall equipment effectiveness on return on investment in the Nigerian cement manufacturing industry. *Frontiers in Management and Business*, 2(1), 87-94. <https://doi.org/10.25082/FMB.2021.01.003>
- MNB (2022). *Termelékenységi jelentés 2022 július*. MNB. <https://www.mnb.hu/kiadvanyok/jelentesek/termelékenységi-jelentes/termelékenységi-jelentes-2022-július>
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008) Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion, *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: total productive maintenance*. Productivity Press, Inc.
- OECD (2022). *SMEs and entrepreneurship*. <https://www.oecd.org/en/topics/smes-and-entrepreneurship.html>
- Reicher, Regina Zs. (2020). Problems of Small and Medium Enterprises – Here the New Generation!?. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 119, 26-31. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200201.006>
- Reszegi, L., & Juhász P. (2014). *A vállalati teljesítmény nyomában / Nem csak tulajdonosoknak és menedzsereknek!* Alinea Kiadó.
- Reszegi, L., & Juhász, P. (2017). Gátak a magyar vállalati növekedésben. *Vezetéstudomány*, 48(6-7), 27-38. <https://doi.org/10.14267/VEZTUD.2017.06.04>
- Saez, M., Maturana, F.P., Barton, K., & Tilbury, D.M. (2018). Real-time manufacturing machine and system performance monitoring using internet of things. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 15(4), 1735-1748. <https://doi.org/10.1109/TASE.2017.2784826>
- Šajdlerová, I., Schindlerová, V., & Kratochvíl J. (2020) Potential and Limits of OEE in the Total Productivity Management. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 14(2), 19-26. <https://doi.org/10.12913/22998624/113617>
- Siregar, I., Muchtar, M.A., Rahmat, R.F., Andayani, U., Nasution, T.H., & Sari, R.M. (2018). Method of calculation overall equipment effectiveness in fertilizer factory. In *10th International Conference Numerical Analysis in Engineering IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 308 012053. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/308/1/012053>
- Szerb, L., Varga, A., Sebestyén, T., & Szabó, N. (2019). A vállalkozás szerepe a gazdasági növekedésben Magyarországon. *Közgazdasági Szemle*, 66(6), 607-634. <https://doi.org/10.18414/KSZ.2019.6.607>
- Tumbajoy, L.M., Muñoz-Añasco, M., & Thiede, S. (2022). Enabling Industry 4.0 impact assessment with manu-

facturing system simulation: an OEE based methodology. *Procedia CIRP*, 107, 681-686
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.045>

Vértesy, L. (2018). *A kis- és középvállalati szektor Magyarországon [The small and medium enterprise sector in Hungary]* (No. 90066). University Library of Munich.

Vijayakumar, S.R., & Gajendran, S. (2014). Improvement of overall equipment effectiveness (OEE) in injection moulding process industry. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 2(10), 47-60. <https://www.mtmgroup.it/wp-content/uploads/2014/11/Improvement-of-Overall-Equipment-Effectiveness.pdf>