

DOKTORI (PHD) ÉRTEKEZÉS

**BÁNYAI ATTILA
GÖDÖLLŐ
2026**



**MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI
EGYETEM**

**PÉNZÜGYI-SZÁMVITELI
ADATOKON ALAPULÓ
LEAN TELJESÍTMÉNYÉRTÉKELŐ
MODELLFEJLESZTÉS**

Doktori (PhD) értekezés

**Bányai Attila
Gödöllő
2026**

A doktori iskola

megnevezése: Gazdaság- és Regionális Tudományi Doktori Iskola

tudományága: Gazdálkodás és Szervezéstudományi

vezetője: **Dr. Sente Viktória PhD**

Egyetemi tanár/PhD
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Fenntartható Fejlesztés és Gazdálkodás Intézet

Témavezetők: **Dr. Tóth Márk PhD**

Egyetemi tanár/PhD
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Befektetési, Pénzügyi és Számviteli Tanszék

Dr. Thalmeiner Gergő PhD

Egyetemi adjunktus/PhD
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Befektetési, Pénzügyi és Számviteli Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezetők jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE	3
1. BEVEZETÉS	4
2. CÉLKITŰZÉSEK	6
3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	8
3.1. Controlling	8
3.1.1. Controlling fejlődése	8
3.1.2. Controlling mint vezetési funkció	10
3.1.3. Controlling mint vezetést támogató eszközrendszer.....	11
3.2. Teljesítményértékelés.....	12
3.2.1. KPI menedzsment	15
3.3. Digitalizációs fejlődés hatása a teljesítményértékelésben.....	17
3.3.1. Adatvagyon Gazdálkodás.....	18
3.3.2. Adatvezérelt üzleti modell és az adatvezérelt controlling.....	20
3.4. Lean menedzsment	22
3.4.1. Lean koncepció fejlődése	22
3.4.2. Lean módszerek és eszközök	24
3.5. Lean Controlling	27
3.5.1. Értékáram alapú költségszámítás (Value Stream Costing)	27
3.5.2. Box Scores.....	27
3.5.3. KPI-tree	28
3.5.4. Célköltség.....	28
3.5.5. Lean Index.....	29
3.6. Számviteli elemzés	30
3.6.1. A számviteli beszámolók rendszere	30
3.6.2. Éves beszámoló	31
3.6.3. Mérlegelemzés mutatószámai	33
3.7. Lean teljesítményértékelés	36
3.7.1. A lean vállalat fogalma és elméleti kerete.....	36
3.7.2. Lean teljesítmény mérése pénzügyi és számviteli mutatókkal.....	39
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	46
4.1. Kvantitatív módszertan	46
4.1.1. Irodalmi áttekintés a KPI-ok meghatározására	48
4.1.2. Statisztikai és DEA modellalkotás	49
4.1.3. Fuzzy modellalkotás.....	53
4.2. Kvalitatív módszertan	55
4.2.1. Vizsgálati egység és mintaválasztás.....	55

4.2.2. Adatgyűjtés kvalitatív interjúk alapján	56
5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE	60
5.1. Kvantitatív eredmények	60
5.1.1. Modellalkotáshoz kiválasztott KPI-ok	60
5.1.2. Statisztikai modell eredményei	68
5.1.3. DEA modell eredményei	87
5.1.4. Fuzzy modell eredményei	91
5.2. Kvalitatív eredmények	108
5.2.1. Interjúalapú megfigyelések	108
5.2.2. Kvalitatív kutatás összegzése	116
6. Következtetések és javaslatok	117
7. Új tudományos eredmények.....	123
8. Összefoglalás	125
SUMMARY.....	128
MELLÉKLETEK.....	131
M1. Irodalomjegyzék	131
M2. Táblázatok jegyzéke	142
M3. Ábrák jegyzéke	144

JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

ATO	Asset Turnover
BEP	Basic Earning Power
CFL	Cash Flow to Liabilities
COGS	Cost of Goods Sold
CROA	Cash Return on Assets
CRS	Constant Returns to Scale
DEA	Data Envelopment Analysis
DIO	Days Inventory Outstanding
DMU	Decision Making Unit
EBIT	Earnings Before Interest and Taxes
EBT	Earnings Before Taxes
EBITDA	Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization
EPS	Earnings per Share
IAR	Inventory-to-Assets Ratio
I/C	Inventory-to-Capital Ratio
ISR	Inventory-to-Sales Ratio
ITO	Inventory Turnover
JIT	Just-in-Time
KPI	Key Performance Indicator
LOO	Leave-One-Out
MVA	Market Value Added
NOPAT	Net Operating Profit After Taxes
NPM	Net Profit Margin
OOB	Out-of-Bag
P/B	Price-to-Book Ratio
PSO	Particle Swarm Optimization
RBF	Radial Basis Function
RF	Random Forest
ROA	Return on Assets
ROCE	Return on Capital Employed
ROE	Return on Equity
ROI	Return on Investment
ROIC	Return on Invested Capital
ROS	Return on Sales
SVM	Support Vector Machine
TPS	Toyota Production System

1. BEVEZETÉS

A globalizáció, a technológiai fejlődés és a piaci környezet folyamatos változása egyre nagyobb nyomást gyakorol a vállalatokra a hatékonyság, a rugalmasság és a fenntartható versenyképesség megteremtése érdekében. Ebben a környezetben a lean menedzsment vált az egyik leginkább preferált vállalatirányítási megközelítéssé. A lean filozófia középpontjában a vevői érték maximalizálása, valamint a veszteség kiküszöbölése áll, mindezt a szervezeti működés teljes spektrumára kiterjesztve. A lean szemlélet lényege, hogy minden olyan tevékenységet, amely nem járul hozzá közvetlenül a vevői értékhez, legyen szó felesleges mozdulatról, készletfelhalmozásról vagy adminisztratív torlódásról, szükségtelennek tekint, és annak megszüntetésére törekszik. Mindez nem csupán módszertani, hanem stratégiai szintű átrendeződést is jelent a vállalatirányításban: a menedzsment fókusza eltolódik az izolált részlegek optimalizálásától az egész értékfolyamat hatékony működtetése felé (OHNO 1982; WOMACK – JONES 2003; LIKER 2008).

A teljesítménymérés a vállalatirányítás és a controlling egyik alapvető funkciója, amely támogatja a stratégiai célok megvalósítását, a vezetői döntéshozatalt és az erőforrások hatékony felhasználását (ANTHONY, 1988; SIMONS, 2000; HORVÁTH, 2011). A korszerű teljesítménymenedzsment-rendszerek egyre nagyobb hangsúlyt helyeznek a pénzügyi és nem pénzügyi mutatók integrált alkalmazására (KAPLAN – NORTON 2000; NEELY et al. 2004), amely a lean menedzsment esetében különösen fontos, mivel a működési fejlesztések hosszabb távon pénzügyi eredményekben is megjelennek. Jelen értekezésben a lean teljesítmény alatt a vállalat működésének a lean menedzsment alapelvei szerinti eredményességét értem. A fogalom azt fejezi ki, hogy a szervezet milyen mértékben képes a veszteségek csökkentésére, az értékteremtő folyamatok fejlesztésére és az erőforrások hatékony felhasználására. E teljesítmény pénzügyi, számviteli és működési mutatók segítségével kvantitatív módon értékelhető. A lean teljesítmény tehát nem azonos a vállalat általános pénzügyi teljesítményével, hanem azt fejezi ki, hogy a vállalat működése milyen mértékben tükrözi a lean alapelvekhez kapcsolódó működési hatékonyságot, és e működési jellemzők hogyan jelennek meg a vállalat gazdasági teljesítményében.

A lean menedzsment operatív előnyei, mint például az átfutási idők csökkenése, a selejtarány visszaszorulása, vagy a termelékenység növekedése, viszonylag könnyen észlelhetők a belső működés szintjén. Ugyanakkor a lean alkalmazásának mélyebb, szervezeti szintű hatásai, valamint ezek mérése már sokkal komplexebb kérdés. A lean teljesítményértékelés ugyanis nem egy konkrét, egységesen elfogadott módszertan mentén történik, és a jelenlegi gyakorlatokban jellemzően belső fejlesztésekre, vállalatspecifikus indikátorokra és nem publikált adatokra támaszkodik. Ennek következménye, hogy az egyes szervezetek lean fejlettségi szintje, illetve ennek gazdasági kimenetei nehezen összehasonlíthatók, és így nem képezhetik alapját szélesebb körű benchmarkingnak vagy tudományos értékelésnek.

Ezzel párhuzamosan a számviteli és controlling rendszerek, különösen a digitalizáció térnyerésével, egyre nagyobb adatbázisokat generálnak a vállalatok működéséről. A pénzügyi beszámolók, controlling riportok és egyéb vezetői jelentések rengeteg strukturált információt tartalmaznak, amelyek nemcsak a pénzügyi teljesítmény, hanem a működési hatékonyság számszerű leképezésére is alkalmasak lehetnek. A lean értékelésének egyik legnagyobb kihívása abban rejlik, hogy a működésben megfigyelhető hatások hogyan transzformálhatók pénzügyi és controlling mutatókká, különösen akkor, ha ezek nyilvánosan hozzáférhető adatokból kerülnek kinyerésre. Ezáltal a modell alkalmazása nem kötődik a vállalatok saját, belső teljesítménymérési rendszeréhez, hanem olyan szervezetek esetében is lehetővé teszi a

lean teljesítmény értékelését, amelyek nem rendelkeznek formalizált lean teljesítménymérési gyakorlattal. Ezzel a hagyományos menedzsmenttámogató funkció mellett a lean teljesítményértékelés alkalmazási köre külső elemzési és benchmarking célokra is kiterjeszthető. A controlling klasszikus funkciója szerint nem tartozik az értékteremtő tevékenységek közé, azonban éppen a problémák azonosításában, az ok-okozati összefüggések feltárásában és a vezetői döntések előkészítésében betöltött szerepe teszi alkalmassá arra, hogy a lean teljesítmény értékelésének egyik legfontosabb támogató eszköze legyen. A kutatás a controlling, a teljesítménymenedzsment, a lean menedzsment, valamint a pénzügyi-számviteli elemzés metszéspontján helyezkedik el, és e tudományterületek összekapcsolásával kíván hozzájárulni a lean teljesítmény értékelésének módszertanához. Bár a területet már az 1990-es évektől kezdődően intenzíven kutatják, a lean teljesítményértékelési megközelítések jelentős része vállalatspecifikus, belső adatokra és indikátorokra épül (Maskell – Kennedy 2007; Fullerton et al. 2014).

Jelen kutatás célja egy olyan matematikai-statisztikai alapokon nyugvó lean teljesítményértékelési modell kialakítása, amely a vállalatok lean teljesítményének összehasonlítható értékelését kizárólag nyilvánosan hozzáférhető, auditált pénzügyi és számviteli adatok felhasználásával teszi lehetővé. A modell olyan egységes értékelési logikát kíván biztosítani, amelynek alkalmazásához nem szükséges vállalatspecifikus, belső lean teljesítményadatok vagy önálló lean teljesítménymérési rendszer megléte. A modell kialakítása több módszertani megközelítés szintézisére épül. A modellfejlesztés első lépésében a szakirodalmi eredmények és vállalati esettanulmányok alapján kerül azonosításra a lean működés jellemzésére alkalmas kulcsfontosságú teljesítménymutatók köre. Ezt követően statisztikai és gépi tanulási módszerek, valamint DEA- és fuzzy logikai megközelítések alkalmazásával kerül sor a mutatók vizsgálatára, rendszerezésére és a lean teljesítmény összetett értékelési logikájának kialakítására. A különböző módszerek integrációjának célja, hogy a lean teljesítmény több dimenzióját egyetlen, gyakorlatban is alkalmazható értékelési rendszerben lehessen megragadni. A cél nem csupán egy módszertani keret biztosítása a szervezetek számára, hanem egy olyan értékelési logika kialakítása, amely lehetővé teszi a lean teljesítmény összehasonlítható mérését, nemcsak vállalaton belül, hanem iparági szinten is, ezáltal megteremtve a feltételeit annak, hogy a lean teljesítmény szisztematikusan összevethető legyen iparági benchmarkokkal.

Az ismert lean teljesítményértékelési megközelítésektől a kialakítandó modell elsősorban abban különbözik, hogy nem vállalatspecifikus belső teljesítményadatokra vagy szakértői értékelésekre, hanem nyilvánosan hozzáférhető, auditált pénzügyi és számviteli adatokra, valamint ezek egységes értékelési logika szerinti feldolgozására épül. Ezáltal a modell a vállalaton belüli alkalmazás mellett külső szereplők számára is alkalmazható, lehetővé téve a vállalatok lean teljesítményének egységes szempontok szerinti összehasonlítását és benchmarkingját. A modell alkalmazásával a vállalatok saját lean teljesítményük értékelésére, fejlődési irányaik azonosítására, valamint más piaci szereplőkkel való összehasonlítására is lehetőséget kaphatnak. Ez a megközelítés tehát nemcsak a gyakorlati menedzsment számára nyújt kézzelfogható eszközt, hanem hozzájárul a lean teljesítményértékelés elméleti keretrendszerének bővítéséhez is – különösen a controlling és a matematikai modellezés metszéspontján. Mindezekon túlmenően a modell nem csupán teljesítményértékelő és benchmark eszközként szolgálhat, hanem innovatív megközelítést kínál a befektetési döntések és a vállalatértékelés területén is, mivel lehetőséget teremt annak vizsgálatára, hogy a lean alapelvekhez kapcsolódó működési hatékonyság milyen módon jelenik meg a vállalat pénzügyi teljesítményében.

2. CÉLKITŰZÉSEK

A szakirodalomban számos kutatás foglalkozott a lean teljesítményértékelési módszerek vizsgálatával, valamint az ezek segítségével mérhető vállalati operatív és pénzügyi teljesítmény közötti összefüggésekkel (BHAMU – SANGWAN 2014; CAMACHO-MIÑANO et al. 2012; OLEGHE – SALONITIS 2018). Mindezek ellenére a szakirodalomban továbbra is fennáll az igény egy olyan átfogó lean teljesítményértékelő modell kialakítására, amely nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatok alapján képes értékelni a vállalati lean működést. A kutatás aktualitását az is indokolja, hogy a gazdasági és technológiai környezet egyre kiszámíthatatlanabbá válik, valamint a működési költségek emelkedése egyre több vállalatot kényszerít arra, hogy újraértékelje belső folyamatait, és fenntartható módon optimalizálja működését (BAIDOC – BACALI 2024; IBRAHIM 2026). A digitalizált vállalati környezet, a globális ellátási láncok fokozott kitettsége és a változó fogyasztói igények új kihívásokat jelentenek a lean menedzsment alkalmazásában, ahol az értékteremtés már nem csupán a gyártási hatékonyság kérdése, hanem szorosan összefonódik a stratégiai tervezéssel és az adatalapú döntéshozással.

A lean működés összehasonlítható értékelése ennek megfelelően nem alapulhat kizárólag belső auditokon vagy vállalatspecifikus indikátorokon, hanem szükség van olyan standardizált módszertanokra, amelyek összehasonlítható, külső forrásból származó adatokon nyugszanak. Ezzel párhuzamosan a nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatok mennyisége és mélysége is jelentősen bővült, így azok elemzése lehetőséget ad a lean teljesítmény közvetett értékelésére. Jelen kutatás arra a szakirodalomban azonosítható kutatási résre kíván választ adni, hogy miként alakítható ki egy nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatokra épülő lean teljesítményértékelési keretrendszer, amely kielégíti a tudományos és gyakorlati oldalról egyaránt sürgető igényeket.

A kutatás a témához kapcsolódó hazai és nemzetközi szakirodalom feldolgozására, az esettanulmányos vizsgálatokra, valamint matematikai-statisztikai modellezésre épül. A modell megalapozásában a szakirodalmon túl az esettanulmányos módszertan kap központi szerepet, amely során lean módszereket alkalmazó vállalatok controlling rendszereinek és teljesítménymérési gyakorlatának vizsgálata valósul meg. Az irodalmi áttekintés és az esettanulmányok eredményei a lean teljesítmény kvantitatív értékelését szolgálják, különös hangsúlyt fektetve a gépi tanulási, DEA és fuzzy logikai megközelítések alkalmazására.

A kutatás átfogó célja egy olyan matematikai-statisztikai alapokon nyugvó lean teljesítményértékelő modell kidolgozása, amely nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatok felhasználásával képes értékelni a vállalatok lean működését. Az átfogó kutatási cél elérése érdekében a kutatás az alábbi specifikus célkitűzésekre épül:

- A lean módszerek és eszközök feltárása, különös tekintettel a lean controlling és a számviteli elemzés módszereire.
- Statisztikai és gépi tanulási módszerekkel azonosítani azokat a pénzügyi-számviteli KPI-okat, amelyek szignifikáns együttmozgást mutatnak a vállalati lean teljesítménnyel.
- Egyedi eseteken keresztül feltérképezni a vállalatok controlling, pénzügyi és számviteli értékelés gyakorlatát, valamint a lean által érintett területek KPI-mérhetőségét.
- A szakirodalmi eredmények, a kvantitatív modellezés és esettanulmányok szintetizálása a modell alapjául szolgáló KPI-halmaz kialakításához.

- Általános és strukturált matematikai modell létrehozása, amely a nyilvános beszámolók adatain alapszik.

A kutatás eredményeként létrejövő modell lehetőséget nyújt a vállalatok vezetői számára a lean teljesítmény külső adatokon alapuló értékelésére, függetlenül attól, hogy a vállalat alkalmaz-e saját lean mutatószámokat.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1. Controlling

A controlling funkció hagyományos szemlélete szerint olyan tevékenységként definiálható, amely nem sorolható közvetlenül az értékteremtő folyamatok közé. A controlling aktivitások révén a szervezeti operációk és eljárások specifikus aspektusaiban azonosíthatók a potenciális problémák, amelyekre az érintett szervezeti egységek és felelős vezetők bevonásával megoldási javaslatok terjeszthetők elő. E tevékenység következtében a szervezet hatékonyságának, termelékenységének és piaci versenyképességének fokozása érhető el. (ANTHONY – GOVINDARAJAN 2006).

Kijelenthető, hogy egy controlling rendszer optimális hatékonyságát elsősorban azon szervezetek érik el, amelyek döntésalapú és felelősségközpontú megközelítést alkalmaznak működésük során. Továbbá kiemelendő, hogy a szervezeti nagyság jelentősen befolyásolja a kiválasztott controlling stratégiák alkalmazhatóságát és azok infrastrukturális előfeltételeit. Egy szervezet számára alapvető a controlling rendszer céljainak világos meghatározása, hogy azokat effektíven tudja operacionalizálni. Ezen alapcélok mentén történő folyamatos monitorozás és elemzés révén a szervezeti controlling tevékenység hatékonyan támogathatja a szervezet célkitűzéseinek megvalósítását. (ZÉMAN – TÓTH 2017).

A controlling rendszer öt alapvető célja a következőképpen fogalmazható meg:

- Célorientáltság: A controlling alapvető aspektusa, amely a szervezeti teljesítmény, teljesítménymérések és azok értékelése terén központi szerepet tölt be (SÜTŐ 2017). A szervezetnek előzetesen meghatározott operatív és stratégiai célokat kell kijelölnie, amelyeket az intern és extern környezeti faktorok változásainak megfelelően folyamatosan aktualizálni és monitorozni szükséges (HORVÁTH 2011).
- Szűk keresztmetszet: Ez az elv a szervezet működésének olyan kritikus pontjait jelöli, amelyek jelentős változások, túlterhelések esetén problémákat okozhatnak. A szűk keresztmetszetek azonosítása és a problémák kezelésére történő tervezés elengedhetetlen a szervezet hatékonyságának és termelékenységének növelése érdekében (SÜTŐ 2017).
- Jövőorientáltság: A controlling elsősorban a jövőbeli lehetőségekre koncentrál, a múltbeli adatok és tapasztalatok felhasználásával a jövőbeli teljesítmény előrejelzésére és megtervezésére irányul (HORVÁTH 2011).
- Költségorientáltság: Ez a tulajdonság a költségek azonosítására, számítására és elemzésére összpontosít, mivel ez a tényező jelentős hatással van a vállalat eredményességére. A költségmonitoring a controlling egyik legfontosabb feladata (ANTHONY – GOVINDARAJAN 2006).
- Döntésorientáltság: A controlling tevékenység során kiemelt szerepet kap az információgyűjtés és a döntéstámogatás, ahol a terv-tény eltérések elemzésével hatékony visszajelzést nyújt a döntéshozók számára az aktuális helyzet és a kitűzött célok összevetésére (SÜTŐ 2017).

3.1.1. Controlling fejlődése

A controlling gyakorlat és annak eszköztára az ókortól kezdődően nyomon követhető, különösen a vagyonkezeléssel és annak változásainak dokumentálásával kapcsolatos feljegyzésekben, mint amilyen például az ókori Egyiptom fáraóinak kincstárainak leltározása.

A könyvvitel története azonban inkább a középkorban, a 14-15. században kezdődik, amikor a kereskedelmi könyvvitel elkezdett formálódni a kereskedelmi és pénzügyi tranzakciók rendszerezett rögzítésére (ZÉMAN 2016). Ez az időszak jelölte meg a kettős könyvvitel elvének kezdetét, ahol a tranzakciók egy számlán történő terhelését egy másik számlán történő jóváírással egyensúlyozták ki. A történészek széles körben Luca Paciolit, egy 1494-ben megjelent könyvével (*Summa de Arithmetica, Proportioni et Proportionalitia*) hivatkoznak, mint a kettős könyvvitel rendszerét leíró első átfogó mű szerzőjét. Ezért Paciolit gyakran nevezik a könyvelés atyjának (ZÉMAN 2016).

A történelmi alkalmazások és a gazdálkodási, valamint szervezési folyamatokhoz kapcsolódó információs igények vezettek azon közgazdasági makrokörnyezet kialakulásához, amely elősegítette a gazdálkodási információk szükségességének felismerését és ezzel a pénzügyi számvitel alapjainak megteremtését (SÜTŐ 2017). Történeti vizsgálatok által alátámasztottan, a számviteli információs igények evolúciója, bár elsődlegesen a pénzügyi számvitelből eredeztető, szimbiózisban hozzájárult a makrogazdasági elméletek fejlődéséhez is (ZÉMAN 2016). A XIX. századig a hagyományos pénzügyi számviteli rendszer megfelelt az információs igényeknek, tekintettel arra, hogy a termelési tranzakciók egyszerűsége, a kereskedelmi műveletek alacsony komplexitása és a hosszú távú befektetések korlátozott szintje jellemző volt (HORVÁTH 1990). A XX. század elejére a vállalati méretek növekedése, a szervezeti diverzifikáció és területi széttagoltság jelentős változásokat hozott, melyek szükségessé tették a vezetői gyakorlatok felülvizsgálatát és adaptációját. Az 1920-as, 1930-as évek fordulópontot jelentettek, amikor megjelent a felelősség alapú számvitel, ami lényegesen eltért a korábbi költségszámítási módszerektől. Ezek a módszerek az előállítási költségekre és a működési erőforrások hatékonyságának mérésére összpontosítottak, míg a felelősség alapú számvitel az önálló operatív egységek teljesítményének ellenőrzését és monitoringját helyezte előtérbe. Ezt a megközelítést a vezetői számvitel kategóriájába soroljuk, amely a vállalatirányítás szempontjából kulcsfontosságú (BODNÁR 1999).

A XX. század folyamán bekövetkezett változások indukálták a szervezeti struktúrák evolúcióját, amelyek a divizionális modellek megjelenéséhez vezettek (DOBÁK 1992). Ezek a strukturális módosítások jelentős hatással voltak a számviteli gyakorlatra és a controlling működésére. A divíziós struktúrák felvetették a kérdést, hogy miként lehet az összvállalati célokat úgy strukturálni, hogy azok összhangban legyenek az egyes divíziók tevékenységével. Ennek eredményeként kialakultak a felelősségi és elszámolási központok, amelyek mentén a divíziók profitközpontokká, költségközpontokká vagy beruházási központokká sorolódtak és amelyek további altípusokra és rendszerekre bonthatók (ANTHONY – GOVINDARAJAN 2006). A divíziós szervezeti felépítés összetettebbé tette a controlling rendszereket. A vezetői számvitel fejlődése az 1930-as és 1960-as évek között stagnálásnak indult, amelynek elsődleges oka az objektív, auditált pénzügyi kimutatások iránti növekvő igény volt, valamint az adatgyűjtés és elemzés magas költsége (SÜTŐ 2017). Az 1970-es években a controlling egyik fő feladata az információkezelés költség-haszon elemzése lett. Ebben az időszakban a vezetői számvitel és az információs gazdaságtan jelentősége megerősödött. Az 1980-as években Kaplan és Johnson tovább vizsgálták a vezetői számvitel alkalmazhatóságát. Kutatásaikban felvetették a "elvesztett lényeg" filozófiáját a költséggazdálkodásban, hangsúlyozva annak jelentőségét és fejlődését, ugyanakkor megkérdőjelezve, hogy a vezetői számvitel kizárólag a belső hatékonyság vizsgálatára korlátozódna (ZÉMAN 2016). Munkájukban kiemelték, hogy a pénzügyi és vezetői számvitel szétválásának legfőbb oka a különböző tevékenységű vállalatok vezetői információs igényeinek eltérése volt. Megállapították, hogy az iparvállalatok elsősorban a termékek és költségszámításra fókuszáltak, míg a szolgáltatási szektorban más vezetői információs igények domináltak (ANTHONY – GOVINDARAJAN 2006).

A 1980-as évek után a vezetői számvitel kiemelt figyelmet fordított a gyártási folyamatok optimalizálására, a minőségi igények kielégítésére, a terméktervezés fejlesztésére, valamint a számítógép-vezérelt és automatizált termelési folyamatok hatékony megvalósítására. A gyorsan változó környezeti feltételek mellett a vállalatok szembesültek azzal, hogy a hagyományos költség-számviteli jelentések már nem képesek megfelelni az innovatív termelési technológiák és rendszerek bevezetési igényeinek. A modern vezetői számvitel és controlling megközelítések hangsúlyozzák az elemzések során nem csupán a versenyelőnyök azonosításának fontosságát, hanem a változó innovatív technológiák alkalmazásának és az új menedzsment paradigmák integrálásának szükségességét is (ZÉMAN 2016).

Az elmúlt öt évtizedben a controlling evolúciója során kiemelkedő kérdéskör a fogalom különféle interpretációi voltak. A szakirodalmak döntő többsége a szervezeti célok meghatározására, tervezésre, a belső magatartás befolyásolására, a visszajelzések biztosítására és az ellenőrzési folyamatokra helyezik a hangsúlyt, miközben igyekeznek megkülönböztetni a különböző dimenziókat. E különbségek azonosítása teremtette meg a management control és a controlling fogalmak alapjait és elkülönítésüket (KOVALEVA et al. 2018). E fogalmak kialakulását és evolúcióját elsősorban a társadalmi-kulturális és gazdasági kontextus befolyásolta. A fejlődés során az egyik leglényegesebb differencia az, hogy a controlling megvalósulhat egyrészt a szervezeti vezetési szinten, másrészt pedig mint a vezetési döntéshozatal támogató eszközrendszer. Az angolszász régiókban a management control elnevezés alatt vált népszerűvé a fogalom, ahol a tervezés és a controlling tevékenységek a vezetési feladatok középpontjába kerültek. A management control alapja, a különböző szintű vezetők feladata a munkavállalók befolyásolása és motiválása a szervezeti stratégiai célok elérésének függvényében (van der Kolk, 2019). Ennek megfelelően a controlling tevékenység különböző szervezeti szinteken különböző formákat ölthet, mint például a stratégiai, menedzsment vagy operatív controlling (GUO et al. 2018).

Ezzel ellentétben, a német nyelvterületeken a controlling mint vezetést támogató eszközrendszer nézete vált dominánssá. Itt a controlling fő feladata a tervezés és a controlling tevékenységek, valamint a döntéshozatal segítő információk gyűjtése és jelentése. A német nyelvterületeken elfogadott nézet szerint a controlling egy olyan eszközrendszer, amelynek létrehozása és működtetése a controlling szakemberek, illetve a controlling egység hatáskörébe tartozik (BODNÁR 1999).

3.1.2. Controlling mint vezetési funkció

A korai vezetési elméletek tervezési és controlling funkciók elkülönítésével operáltak, azonban a későbbi felismerések a két funkció szinergiáját hangsúlyozták, ami a menedzsment kontroll kialakulásához vezetett (ANTHONY 1988). Ez a koncepció arra utal, hogy a menedzsment kontroll alapvetően a vezetői szerepkörök napi tevékenységének részét képezi, ahol a tervezési és controlling funkciók szervezeti hierarchia minden szintjén jelen vannak, bár azok tartalma és mélysége a vezetői pozíció szintjétől függően változik (ANTHONY 1988; BODNÁR 1999). A menedzsment kontroll a vállalatirányítás részeként jelenik meg, amelynek fő célja a vállalat hatékony irányítása és a meghatározott szervezeti célok elérése az erőforrások optimális felhasználásával. Ezen kontextusban a menedzsment kontrollt stratégiai, menedzsment és operatív szinteken különítik el, ahol a stratégiai szint a legátfogóbb, az operatív szint a legkoncentráltabb és a kettő között helyezkedik el a menedzsment szintű kontroll (DAS 2019; ANTHONY – GOVINDARAJAN 2006). Minden szinten a tervezés és controlling összetartozó, de elkülöníthető rendszert alkot, ahol a tervezés a stratégia megfogalmazásában és a vállalati célok felállításában, a controlling pedig a stratégiai célok megvalósulásának figyelemmel kísérésében és a döntéshozatalban jelenik meg (YALCIN 2019).

A menedzsment kontroll rendszer lényegi eleme a vállalat különböző felelősségi szintjeinek határozott meghatározása és kialakítása. Ez magában foglalja a szervezeti hierarchia különböző szintjein működő felelősségi központok pontos definícióját. Az ilyen felelősségi központokat irányító vezetők általában széleskörű hatáskörrel és jelentős befolyással rendelkeznek a saját egységük teljesítményére. A hierarchikus rendszer magasabb szintjein elhelyezkedő felelősségi központok összetettebb funkciókat látnak el és gyakran felelősséget vállalnak az alacsonyabb szintű egységek teljesítményéért is (BERRY et al. 1998). Ezek alapján megfogalmazható, hogy a menedzsment kontroll egy stratégiai vezetési funkcióként funkcionál, amely elsősorban a szervezeti tervezési és controlling feladatokra összpontosít, ahol a fő cél a vállalati erőforrások hatékony és célorientált felhasználásának biztosítása.

3.1.3. Controlling mint vezetést támogató eszközrendszer

A vállalati struktúrák dinamikus evolúciójával, amely a környezeti komplexitás növekedésével jár együtt, a szervezetek belső szerkezete összetettebbé és differenciáltabbá vált. Ez a fejlődés vezetett a felelősségi és hatásköri struktúrák széthúzódásához, valamint decentralizált irányítási rendszerek kialakulásához (FRANCSOVICS 2005). E felfogás alapján a controlling nem csupán egy vezetési funkció, hanem inkább egy olyan eszközrendszert jelent, amely a vezetési tervezést, kontrollt és a döntéshozatalhoz szükséges információkat biztosítja. Ez az eszközrendszer lehetővé teszi a döntési információk összehangolt koordinációját, ezzel támogatva a vezetői döntéshozatalt (HORVÁTH 1990). Ennek eredményeképpen a tervezési és kontroll funkciók mellett a koordinációs szerep is egyre inkább előtérbe került. A koordináció elsődleges feladata a tevékenységek szinkronizálása, célzott szervezeti mechanizmusok kialakításával, melyek az adott feladatok hatékony végrehajtását segítik elő. Az ilyen típusú szervezeti mechanizmusok napi szintű megvalósítása a koordinációs eszközökkel lehetséges. A koordináció különböző szervezeti szinteken különböző módon valósul meg, támogatva ezzel az egységek közötti és belső hatékonyságot (DOBÁK 2008). A koordináció, mint a vezetés egyik kulcseleme, lehetővé teszi a feladatok, funkcionális területek, szervezeti egységek és munkavállalók közötti hatékony együttműködést a szervezeti célok megvalósítása érdekében (HORVÁTH 2011). A controllingnak, mint vezetést támogató eszközrendszernek, képesnek kell lennie az operatív folyamatok és a stratégiai tervezés egyaránt átfogó monitorozására. Ez magában foglalja az adatgyűjtést és információelőállítást minden szervezeti szintről, valamint a vezetők felé történő riportálást. A német nyelvterületeken a controlling mint vezetést támogató eszközrendszer értelmezése alakult ki, amelynek fejlesztésében és népszerűsítésében Dr. Horváth Péter játszott meghatározó szerepet, így a német controlling rendszer gyakran kapcsolódik az ő nevéhez.

HANYECZ (2006) tanulmánya szerint a controlling tevékenység nem korlátozódik kizárólag az ellenőrzési feladatokra; ennél sokkal átfogóbb szerepkört tölt be a szervezetben. Az ő értelmezése szerint a controlling kulcsfontosságú szerepet játszik a szervezeti és szervezeti egységek célkitűzéseinek meghatározásában, valamint ezek célkitűzések hatékony kommunikálásában is. Ez a funkció csak akkor valósulhat meg eredményesen, ha a stratégiai szintű célok már megfogalmazásra kerültek és az operatív célok összehangolódnak ezekkel a stratégiai irányelvekkel (LAVAL – ŞTEFEA 2018). Ez a nézőpont tehát a vezetői tevékenységek támogatására összpontosít, hangsúlyozva, hogy a vezetők feladata a tervezési és kontroll tevékenységek alapján a szervezeti szintekre szabott döntések meghozatala, a stratégiai és operatív célkitűzések definiálása, az effektív koordináció és kommunikáció kialakítása, valamint a célkitűzések eléréséhez szükséges feladatok hatékony nyomon követése és végrehajtása (AALTOLA 2018).

3.2. Teljesítményértékelés

A 19. század óta a szervezeti teljesítményértékelés és teljesítménymenedzsment evolúciója számos szakaszon ment keresztül, összehangolódva más, vele kapcsolatos gazdálkodási területekkel, melyek alapvetően alakították meg azokat (BITITCI et al. 2012). Az ipari forradalom időszakában a tömeggyártási modellek domináltak, ami a munkaerő intenzív specializációjához vezetett. Ebben az időszakban a teljesítmény alapú bérezési rendszerek alkalmazása mellett megfigyelhető volt az alkalmazottak termelékenységének követése és a bérrendszerek átalakítása. A gyáripari növekedéssel párhuzamosan a szervezeti struktúrák bonyolultabbá váltak, ami a vezetési felelősség átadását és decentralizációját eredményezte. A szervezeti egységek szerepének növekedésével megjelentek a költségvetések és költségkontroll mechanizmusok (BOURNE 2001). A 20. század elején a teljesítménymérést elsősorban kontrollmechanizmusokként használták, amelyek a költségvetés tervezését, ellenőrzését és a vállalati szintű tervezést támogatták. Az 1950-es években a globalizáció hatására megjelentek a bonyolultabb pénzügyi mutatók. Az 1980-as és 1990-es években a pénzügyi mutatókra alapozott teljesítményértékelés korlátait felismerték és ez többdimenziós keretrendszerek fejlesztését eredményezte. A teljesítménymérés új irányok felé fordult, mint például a minőség, idő, rugalmasság és vevői elégedettség, valamint a stratégiai célokhoz való közeledés. ALBERTINI (2019) a rövid távú teljesítménymutatókat stratégiai kontrollként ajánlja, amelyek a hosszú távú stratégiai célok eléréséhez kapcsolódnak. Az integrált teljesítménymérési időszakban a hangsúly azon volt, hogy mit kell mérni és hogyan illeszkednek a mért mutatók a stratégiai célokhoz. Ebből következik a Balanced Scorecard (BSC) keretrendszer (KAPLAN – NORTON 2000) népszerűsége, amely összekapcsolja a stratégiai célokat a teljesítménymutatókkal és cselekvési tervekkel, integrálva a pénzügyi és nem pénzügyi aspektusokat. Ezzel párhuzamosan felismerték a humán erőforrás-orientált teljesítménymenedzsment rendszerek és a szervezeti teljesítménymérő rendszerek összehangolásának szükségességét. Ez új perspektívákhoz vezetett a teljesítménymenedzsmentben, beleértve a csapatmunkát, valamint az alkalmazottak és vezetők teljesítményének értékelését (BOURNE et al. 2017).

A szervezeti teljesítményértékelés azon folyamatok és tevékenységek mérésére és értékelésére utal, amelyek a szervezet stratégiai célkitűzéseinek megvalósításához szükségesek, kvantitatív és kvalitatív mutatók segítségével jellemezve. Ez a folyamat a szervezet stratégiai céljainak hatékony végrehajtásához szükséges erőforrások integrált használatából és a különböző egyéni teljesítmények szinergiájából ered (CHEGE – WANG 2020). A teljesítményértékelés elsődleges célja a szervezeti célkitűzések részletes és operatív szintű lebontása, továbbá azok megvalósulásának nyomon követhetőségének elősegítése. Az értékelés akkor válik effektívvé, amikor a szervezeti egységek működése és az egyéni tevékenységek összhangban állnak a szervezet átfogó stratégiai irányvonalával. A teljesítményértékelés így válik alapvető részévé, a szervezet összetett rendszereinek működési struktúrájának (BODA 2015).

A teljesítményértékelő rendszerek, amelyek a szervezeti teljesítménymérés alapvető eszközei, elsődlegesen a vállalat által meghatározott stratégiai célok elérésének mérésére és értékelésére irányulnak (ZÉMAN – BÉHM 2019). Ezek a rendszerek a stratégiai célokhoz kapcsolódó teljesítménymutatók meghatározását, mérését, nyomon követését, valamint az ezekhez rendelt sztenderdeket, mérési technikákat és kiértékelési módszereket foglalják magukban. Egy hatásos teljesítményértékelő rendszernek az alábbi kritériumoknak kell megfelelnie:

- Az elemzések elvégzéséhez szükséges mutatók számának minimalizálása szükséges az elemzési folyamat hatékonyságának biztosítása érdekében.

- Az összes releváns mutatót szorosan össze kell kapcsolni a siker meghatározó tényezőivel annak érdekében, hogy a teljesítmény valós képet mutasson.
- A kiválasztott mutatóknak átfogónak kell lenniük, lefedve a múltbeli, jelenlegi és jövőbeli teljesítményt, ezáltal lehetővé téve a teljesítmény tendenciáinak és mintázatainak elemzését.
- A mutatók kialakításakor prioritást kell élveznie az ügyfelek, részvényesek és más érdekelt felek érdekeinek, biztosítva, hogy a teljesítménymérés az érintett felek szempontjából releváns legyen.
- A teljesítményértékelésnek minden szervezeti szinten, a legmagasabbtól a legalacsonyabb szintig kell kiterjednie, biztosítva a szervezeti célok teljes körű megértését és támogatását.
- A teljesítmény alapos és precíz értékeléséhez több mutató összegyűjtésére és aggregálására van szükség, amely lehetővé teszi a teljesítmény komplex aspektusainak elemzését.
- A választott mutatóknak alkalmazkodniuk kell a szervezet és a környezet dinamikus változásaihoz, biztosítva ezzel a teljesítménymérés relevanciáját és aktualitását.
- A mutatóknak pontos és megbízható visszajelzést kell nyújtaniuk a szervezeti célok teljesüléséről, lehetővé téve a vezetés számára a stratégiai döntéshozatal hatékony támogatását (BROWN 1996).

A teljesítménymutatók kiértékelésében gyakran alkalmazott módszer a terv-tény elemzés, amely a stratégiai tervezés során megállapított célértékek és a ténylegesen realizált teljesítmény összehasonlításán alapul. Ebben az eljárásban a tervértékek a benchmarkokat jelentik, amelyekhez viszonyítva értékelhetővé válik a teljesítmény. Ha a mutatók elérnek vagy várhatóan el fogják érni ezeket az előzetesen meghatározott célokat, akkor a vállalat valószínűleg megvalósítja a stratégiai célkitűzéseit. Ellenkező esetben, ha a mutatók nem érik el a tervértékeket, a stratégiai célkitűzések teljesítése kétséges lehet. A teljesítményértékelés sikeressége szempontjából kritikus a mutatók gondos kiválasztása és definiálása. A kiválasztott mutatóknak egyértelmű és releváns visszajelzést kell adniuk a szervezeti folyamatokról (CHEGE – WANG 2020). A mutatók kiértékelése előtt azok alapos felülvizsgálata elengedhetetlen, amelynek során megítélhető a mutatók relevanciája, információtartalma és gyakorlati mérhetősége (SIMONS 2000). A teljesítménymutatók értékelésének folyamatát a következő lépésekkel kell elvégezni az alkalmazhatóságuk megerősítése érdekében (NEELY et al. 2004):

- Valóságosság-teszt: Ennek keretében felmérjük, hogy a mutató valóban azt az elemet méri-e, amit eleinte terveztünk mérni.
- Fókusz-teszt: Ez a teszt biztosítja, hogy a mutató kizárólag azon elemeket mérje, amelyeket alapvetően mérni kívántunk.
- Relevancia-teszt: Ezzel a teszttel értékeljük, hogy a kiválasztott teljesítménymutató megfelelő-e a célzott teljesítménytényező mérésére.
- Konzisztencia-teszt: Ez arra irányul, hogy a mutató által gyűjtött adatok formája egységes legyen minden mérést végző személy esetében és hogy a mérési eljárás független legyen az egyes mérésektől.

- Hozzáférhetőségi-teszt: Ez a teszt az adatok hozzáférhetőségét, tárolhatóságát és értelmezhetőségét vizsgálja.
- Egyértelműség-teszt: Ezzel teszteljük, hogy az adatok értelmezése mennyire tekinthető egyértelműnek és egyöntetűnek.
- Következmény-teszt: Ez arra szolgál, hogy felmérjük, vajon a gyűjtött adatok alapján észlelhető-e és értelmezhető-e valamilyen reakció vagy válasz.
- Időszerűségi-teszt: Ezzel meghatározzuk, hogy az adatok megfelelő időben és gyakorisággal állnak-e rendelkezésre.
- Költség-teszt: A mutató értékét összevetjük a mérés folyamatának költségeivel, elemezve a költséghatékonyságot.
- Kijátszhatósági-teszt: Ezzel ellenőrizzük, hogy a mutató hogyan befolyásolja a nem kívánatos vagy helytelen viselkedési mintákat.

BAUER (2004) által továbbfejlesztett lépések a teljesítménymutatók értékeléséhez hozzájárulnak a teljesítménymérés szabványainak és követelményeinek meghatározásához, ezáltal biztosítva a mutatók relevanciáját, megbízhatóságát és hatékonyságát a teljesítményértékelési folyamatban.

A teljesítménymutatók kialakításakor figyelembe kell venni a következő szempontokat:

1. A választott mutatószámoknak a szervezet stratégiai fontosságú értékteremtő folyamataihoz kell kapcsolódnia, ami azt jelenti, hogy azokat a tevékenységeket kell mérni, amelyek alapvetően hozzájárulnak a szervezet sikeréhez.
2. A mutató meghatározása a szervezet vezetési csúcsszintjén történik, ahol a vezetőség által megfogalmazott stratégiai célok teljesítésének mértékét tükrözi.
3. A mutatóknak a szervezet különböző szintjein értelmezhetőnek és bontandónak kell lenniük, ami lehetővé teszi az alsóbb szintek teljesítményének mérését is.
4. A mutató meghatározása általánosan elfogadott vállalati standardok alapján történik, biztosítva ezzel a mérési folyamat egységességét.
5. A mutatószámok mérhetőségét és számszerű kifejezhetőségét garantálni kell, hogy a teljesítményt pontosan lehessen mérni és értékelni.
6. A mutatók alapjául szolgáló adatoknak hitelesnek, pontosnak és hozzáférhetőnek kell lenniük, hogy a mérés eredményei megbízhatóak legyenek.
7. A mutatószámoknak könnyen értelmezhetőnek és érthetőnek kell lenniük, hogy a szervezeti tagok számára egyértelmű legyen a jelentésük.
8. A mutatószámoknak relevánsnak és időszerűnek kell lenniük, hogy a szervezeti döntéshozatal aktuális információkat kapjon.
9. A mutatószámoknak a szervezeti teljesítmény helyes kontextusban való értékelését kell lehetővé tenniük, ami azt jelenti, hogy a mérés figyelembe veszi a szervezet környezetének változásait is.

10. A mutatószámoknak támogatniuk kell a döntéshozatalt és a döntés alapján történő cselekvést, ami azt jelenti, hogy a vezetők a mutatók alapján képesek stratégiai döntéseket hozni.
11. A mutatószámoknak a kívánt magatartási mintákat kell támogatniuk, ösztönözve a szervezeti tagokat a pozitív cselekvésekre (BAUER 2004).

A teljesítményértékelési rendszer kialakítását követően a választott mutatószámok strukturális felépítése és az elemzési célokkal való összhangjának megítélése átláthatóvá válik. Ennek eredményeképpen a vezetői döntéshozók képesek olyan mutatókat kiválasztani az értékelési folyamatba, amelyek valóban relevánsak a szervezeti riportálás szempontjából. Az ily módon kialakított teljesítményértékelési rendszer lehetővé teszi a szervezeti folyamatok hatékony monitorozását és biztosítja az összvállalati stratégiai célkitűzések, valamint az alsóbb szervezeti hierarchikus szintek céljainak elérését. A teljesítményértékelés széles körben átfogja azokat a folyamatokat, ahol egyén vagy csoportok szándékosan befolyásolják más egyének, csoportok vagy a teljes szervezet tevékenységét. TANNENBAUM (1968) szerint a szervezeti kontrollnak két ellentétes megközelítése létezik: az egyik a racionális és bürokratikus megközelítés, amely a szervezeti struktúra elemekre fókuszál; a másik a kulturális kontroll, amely a személyes interakciókon és a szocializáción keresztül valósul meg. BITITCI et al. (2012) értelmezése szerint a teljesítménymérés társadalmi jellegű, mivel az egyének, a szervezet, a közösség és a társadalmi értékek által formált dinamikus és komplex rendszer részét képezi.

3.2.1. KPI menedzsment

A szervezeteknél alkalmazott alapos elemzések és teljesítményértékelések elengedhetetlen eleme a KPI (Kulcs Teljesítménymutatók) menedzsment. Ezek a mutatók a szervezeti folyamatok monitorozására specializálódnak és lényeges információkat biztosítanak a menedzsment számára a folyamatok hatékonyságáról és eredményességéről (PERAL et al. 2016). A KPI-ok azokat a kritikus teljesítménymutatókat foglalják magukban, amelyek a szervezet jövőbeli és jelenlegi sikerének meghatározó elemeire koncentrálnak (PARMENTER 2015). Ezek a komplex mutatószámok széleskörűen alkalmazhatók a funkcionális területek felügyeletében, a stratégiai tervezésben, a következő időszak célkitűzéseinek meghatározásában, valamint azon területek azonosításában, amelyek jelentős erőforrás-igényűek. A KPI-ok alkalmazása számos előnnyel jár, mint például a stratégiai és operatív célok világos meghatározása és kommunikációja, a teljesítményjavító tényezők felkutatása és a hatékonyabb működés elősegítése, valamint a felelősségvállalás és döntéshozatali jogkörök decentralizációja a szervezet különböző szintjein (PARMENTER 2015).

A szervezeti teljesítményértékelési rendszerek a mutatószámokat két fő kategóriába sorolják: eredménymutatókba és teljesítményokozó mutatókba. Az eredménymutatók, amelyek múltbeli teljesítményt tükröző adatokat szolgáltatnak, elsősorban a már lezajlott időszakok eredményeinek értékelésére használatosak (KAPLAN – NORTON 2000). Ezek a mutatók kifejezetten a célkitűzések megvalósulásának retrospektív értékelésére szolgálnak, így az elérhető végeredményeket mutatják be (ANTHONY – GOVINDARAJAN 2006). Az eredménymutatók gyengesége, hogy nem nyújtanak iránymutatást a célkitűzések elérésének módjaira. Ezzel ellentétben a teljesítményokozó mutatók, amelyek a jövőbeli teljesítményre utalnak, a változásokat és előrehaladást monitorozzák a működési folyamatokban és ezáltal befolyásolják az összvállalati célkitűzések elérését. E mutatók általában a rövid távú eredményeket követik nyomon, de információk tartalmuk korlátozott a hosszú távú és potenciális pénzügyi hatások tekintetében. KAPLAN – NORTON (2000) a két kategória egyidejű alkalmazását ajánlja, mivel az eredménymutatók és a teljesítményokozó mutatók közötti ok-okozati kapcsolatok elemzése révén a mutatók optimális arányú rendszere

kialakítható, amely pontosabb értékelést tesz lehetővé. Az elmúlt időszakban a mutatószámok kategorizálása szubjektív megítélés tárgyává vált, mivel egy adott mutató funkciója az elemzés kontextusától függően változhat (NEELY et al. 2004). E szubjektivitást erősíti az a megfigyelés is, hogy egy mutató a riportálás és a beszámolói rendszer kontextusában többféle funkciót is betölthet (PARMENTER 2015). Ezenkívül egy mutató a szervezet különböző hierarchikus szintjein eltérő módon, egyszer teljesítményokozóként, máskor eredménymutatóként kerül alkalmazásra. A szervezeti teljesítményértékelés komplex mutatószám-rendszerből áll, amelyben a teljesítménymutatók kiemelkedő szerepet töltenek be (ANTHONY – GOVINDARAJAN 2006).

A teljesítménymutatók kategorizálása és meghatározása a szakirodalomban változatosan kerül megközelítésre, ahol a mutatók különböző tulajdonságai, szervezeten belüli megjelenítésük és időbeli orientációjuk diverzifikáltsága okán egységes definíció még nem alakult ki. KAPLAN – NORTON (2000) munkájukban, amely a teljesítménymutatók terén kiemelkedő forrásnak tekinthető, az elemző mutatók és a stratégiai mutatók közötti megkülönböztetést tárják fel. Az elemző mutatók az elemzési rendszerekben figyelemmel kísért változók, míg a stratégiai mutatók a szervezet számára létfontosságú, versenyelőnyt biztosító és a stratégiai megvalósulást támogató információkkal szolgálnak. ECKERSON (2007) hangsúlyozza, hogy a teljesítményre vonatkozó mutatók és a kulcs teljesítménymutatók (KPI-ok) nem szinonimák, mivel a KPI-ok kizárólag stratégiai releváns értékteremtő tevékenységekhez kapcsolódnak, ellentétben az általánosabb mutatókkal, amelyek a szervezet bármely tevékenységére vonatkozhatnak. PARMENTER (2015) hangsúlyozza, hogy a KPI-ok a szervezet jövőbeli sikerének elérése szempontjából kulcsfontosságúak, így ezeket prioritásként kell kezelni a teljesítményértékelésben. Ezzel szemben az egyéb mutatók, mint a kulcs eredménymutatók (KRI), eredménymutatók (RI) és teljesítménymutatók (PI), alacsonyabb prioritást kell, hogy kapjanak a teljesítményértékelési rendszerekben.

A teljesítménymutatók kategorizálására PARMENTER (2015) négy eltérő tipológia mentén határozott meg sajátos jellemzőkkel rendelkező csoportokat:

1. Kulcs eredménymutatók (KRI - Key Result Indicators): Ezek a mutatók a szervezet múltbeli teljesítményének elemzésére szolgálnak, különös tekintettel a prioritásokra és sikertényezőkre. A KRI-ok hosszú távú perspektívában értékelik a szervezeti teljesítményt és az elemzési időszakuk hosszabb, ezért a mérési gyakoriságuk is ritkább (havi, negyedéves vagy éves ciklusban). Ezek a mutatók egyaránt lehetnek pénzügyi és nem pénzügyi jellegűek és az egyes teljesítményindikátorok kombinált hatásainak összegzett eredményeit tükrözik.
2. Eredménymutatók (RI - Result Indicators): A múltbeli teljesítmény különböző aspektusainak vizsgálatára szolgáló mutatók, amelyek a szervezeti folyamatok átfogó elemzésére irányulnak. Ezek a mutatók nem köthetők specifikus tevékenységekhez vagy folyamatokhoz és általában rövid távú visszajelzést adnak a teljesítményről. Az RI mutatók gyűjtési gyakorisága széles skálán mozoghat, a napi méréstől kezdve a havi gyakoriságig. Az RI kategóriába mind a pénzügyi, mind a nem pénzügyi mutatók beletartoznak.
3. Teljesítménymutatók (PI - Performance Indicators): A jövőbeli teljesítmény elérésére fókuszáló mutatók, amelyek a napi műveletek meghatározásában, követésében és értékelésében nyújtanak segítséget, továbbá támogatják a stratégiai célok megvalósítását a mindennapi tevékenységek során. A PI-ok kizárólag nem pénzügyi mutatók, amelyek a KPI-ok elemzését egészítik ki és mélyítik el. Az elemzés során a PI-ok és RI-ok kombinálásával átfogóbb kép nyerhető a szervezeti teljesítményről.

4. Kulcs teljesítménymutatók (KPI - Key Performance Indicators): A jövőbeli siker elérésében kulcsszerepet játszó vagy a szervezeti teljesítmény jelentős növeléséhez szükséges dimenziók mérésére alkalmazott mutatók. A KPI-ok a szervezet jelenlegi és jövőbeli sikere szempontjából kritikus teljesítményaspektusokra összpontosítanak. A KPI-ok típusai kapcsán eltérő nézetek léteznek; PARMENTER (2015) szerint a KPI-ok kizárólag a rendszeresen mért nem pénzügyi mutatók, míg Bauer (2004) a KPI-okat számszerűsített mérőszámokként határozza meg. Ezzel ellentétben ZARZYCKA – KRASODOMSKA (2022) hangsúlyozzák a nem pénzügyi mutatók jelentőségét a KPI-ok körében.

Ezek a csoportok lehetővé teszik a szervezetek számára, hogy kiegyensúlyozott, célzott és stratégiai releváns teljesítményértékelési rendszereket alakítsanak ki.

A KPI-ok (Key Performance Indicators) szervezeti struktúrákhoz igazodó hierarchikus elrendezése lehetővé teszi azok alkalmazását mind az alacsonyabb, mind a magasabb szervezeti szinteken (DURU et al. 2013). A KPI-ok integrációja matematikai-statisztikai és logikai összefüggések alapján történik, ami segíti a különböző hierarchikus szintek és funkcionális területek teljesítményindikátorainak aggregálását, összhangot teremtve ezzel a specifikus szervezeti célokkal (FANNING 2016). Az aggregációs folyamat eredményeképpen a szervezeti teljesítmény kevesebb, de jól definiált mutatószám segítségével értékelhető és kommunikálható. Az így létrejött aggregált KPI-ok kiválóan alkalmazhatók a digitális és információs kommunikációs technológiák által generált nagy adathalmazok feldolgozására, lehetővé téve az adatok összegzett formában történő riportálását (SCHNELLBACH – REINHART 2015). A szervezet által megalkotott és strukturált KPI-ok aggregálása kritikus szerepet játszik a vezetői döntéshozatalban, mivel segítik a komplex információk egyszerűsítését és a döntési folyamatok hatékonyságának növelését (ZÉMAN – MALLINGUH 2020).

A szakirodalomban megfigyelhető eltérések ellenére a mutatószámokat a teljesítményértékelési folyamat során gyakran, mint csúcsidezőket alkalmazzák, amelyek elsősorban a teljesítménydimenziók, értéktérítő tevékenységek és kritikus sikertényezők monitorozását és értékelését szolgálják. A kulcs teljesítménymutatók (KPI - Key Performance Indicators) a szakirodalomban általában specifikus mutatószámok összességének tekintendők, amelyek jelentős szerepet játszanak a szervezeti teljesítmény értékelésében. Ezen mutatók alkalmazása során elengedhetetlen az egyediség, komplexitás és a stratégiai jelentőség figyelembevétele. A KPI-ok komplex tulajdonságaiból adódóan részletesen feltárják a szervezet kulcsfontosságú sikertényezőit. A digitalizáció és az adatfeldolgozás fejlődése miatt a KPI-ok egyre részletesebb és precízebb információt nyújtanak a döntéshozatali folyamatok során (DOMÍNGUEZ et al. 2019). A KPI-ok kiválasztása során elsődleges szempont a szervezeti kontextus figyelembevétele és minden mutatónak összhangban kell állnia a szervezeti célokkal. A KPI-ok támogatják a felelősségi körök meghatározását, a teljesítménymutatók azonosítását a vállalat különböző részlegei számára és lehetővé teszik ezek összehasonlítását számszerű adatok alapján. A releváns, egyszerű, valamint a költség-haszon elemzése alapján meghatározott KPI-ok kulcsfontosságúak a hatékony teljesítménymenedzsment megvalósításában. A KPI menedzsment nem csupán az üzleti tevékenység során jelentős teljesítménymutatók azonosítását, kiválasztását és elemzését jelenti, hanem irányt, adatokat, információt és valós kontextust biztosít az értékelési folyamatokhoz (ASIH et al. 2020).

3.3. Digitalizációs fejlődés hatása a teljesítményértékelésben

A 21. század folyamán az adat mintegy termelési input szerepének fontossága és értékelése kiemelkedően megnőtt. A digitalizáció előrehaladása, az Internet of Things (IoT)

alkalmazásainak elterjedése, az ipari 4.0 forradalom és a technológiai újítások nyomán kialakult lehetőségek jelentős mértékben megkönnyítik a szervezetek számára az adatok elérését (BERNHARDT 2004). E technológiai előrelépések eredményeképpen a tárolási kapacitások bővülése, a feldolgozási sebességek növekedése és az adatfeldolgozási metodikák fejlődése által az adatok és azokból generált információk olyan erőforrássá váltak, amelyek hozzájárulnak a precízebb döntéshozatali folyamatokhoz. Az adatgyűjtés és feldolgozás immár nem csupán a szervezeten belüli adatokra terjed ki, hanem magában foglalja a szervezetet körülvevő környezeti és ipari versenytársak adatainak gyűjtését és elemzését is. Az extenzív adatkészletek elemzése lehetővé teszi, hogy a szervezeti döntéshozatal szempontjából releváns információkészletek álljanak rendelkezésre. Fontos megjegyezni, hogy adatnak csak azokat tekintjük, amelyek felhasználásra kerülnek vagy relevánsak, valamint adatfeldolgozási műveletek során információt nyújtanak. Ennek eredményeként az adatból gazdaságilag értékesített érték jön létre. Ez alapján kijelenthető, hogy nem minden gyűjtött adat részesül abban a transzformációs folyamatban, amely információvá alakítja őket, ezáltal ezek az adatok nem relevánsak a szervezet számára. Ennek megfelelően az új digitalizációs és adatfeldolgozási rendszerek csak akkor képviselnek értéket, ha képesek releváns, valamint a működési folyamatokhoz kontextusban illeszkedő információk előállítására (KAMPHAKE 2020).

Az információkezelés innovatív megközelítése jelentős áttörést jelentett minden gazdasági szereplő számára (HORVÁTH 1997). Digitális innovációk révén a szervezetek képessé váltak az adatfeldolgozás finomítására és az adatokból származtatott releváns információk hatékonyabb kinyerésére. Ezek a releváns információk alapul szolgálnak a vállalati műveletek és funkciók dinamikus elemzéséhez, potenciális beavatkozási pontok azonosításához és stratégiai döntéshozatali folyamatok támogatásához. A digitális és technológiai innováció nem csupán a gyűjtési és feldolgozási technikák fejlesztését indukálta, hanem a controlling funkciók átalakulását és a kontrolleri feladatok újragondolását is elősegítette. A controlling tevékenységek között kiemelt kihívást jelent az elérhető adatok hatékony feldolgozása és azok információkká való transzformálása (KAMPHAKE 2020). E folyamat kulcsfontosságú eleme a matematikai-statisztikai módszerek és az informatikai analitikai rendszerek integrált alkalmazása. Az adatok, mint szervezeti erőforrások csak akkor válnak realizálttá, ha azokat innovatív controlling módszerekkel használják fel. Ezeknek a modern controlling eljárásoknak alkalmasnak kell lenniük a gyűjtött és releváns adatok nagy halmazának értékelésére, kategorizálására és feldolgozására, így elősegítve a döntéshozatali folyamatok és a vállalati stratégiák hatékony végrehajtását (HANYECZ 2006). Az adatalapú döntéshozatal így válik a vállalkozások számára egyedi versenyelőny forrásává, amely lehetővé teszi az értékteremtés maximalizálását és az operatív folyamatok optimalizálását.

3.3.1. Adatvagyon Gazdálkodás

A digitalizációs és információ-kommunikációs technológiák előretörése eredményezte az adatgyűjtési és -feldolgozási rendszerek fejlettségének növekedését, ami lehetővé teszi az adatok és információk potenciális értékének maximalizálását. A szakirodalomban az elmúlt évek során az adatot és az információt gyakran sorolták a termelési erőforrások közé (LYPAK et al. 2018), ami alátámasztja, hogy az adat- és információkezelés szükséges részét képezi a szervezeti erőforrás-gazdálkodásnak. Ez azonban új kihívást jelent a szervezetek számára. Az adatvagyon kezelése, mint vállalati szintű adatmenedzsment funkció, elősegíti az adatok minőségének, integritásának, biztonságának és hasznosíthatóságának fenntartását (CASTENEDO 2017). Ez a tevékenység az adatok előállításától kezdve a gyűjtésükön és felhasználásukon át egészen az adatok törléséig vagy archiválásig terjed. Az adatéletciklus ezen szakaszaiban az adatmenedzsment fő célja az adatok elérhetőségének és hasznosíthatóságának biztosítása az érintettek számára. Fontos, hogy az érintettek egy magas színvonalú, integrált

megértést nyerjenek az adatokról (BAJNAI – FENYVES 2021). Így az adatkezelés magában foglalja az adat- és információvagyon kezeléséhez szükséges tervezési, ellenőrzési és hozzáférési folyamatokat is.

A vállalati adatvagyon-gazdálkodás evolúciójában fontos megjegyezni, hogy kezdetben az adat- és információkezelési funkciók lokalizáltak lettek definiálva, korlátozva magukat egy adott informatikai rendszer vagy üzleti funkció határaitra. Az egyes informatikai megoldások gyakran rendelkeztek specifikus adatkezelési politikákkal és procedúrákkal. Ez a megközelítés az On-Line Transaction Processing (OLTP) rendszerek párhuzamosan történő fejlődése során nem jelentett korlátot. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy az említett kereteken túlmutató összetett elemzések és adattartalmak csak komplex, szövevényes adatkapcsolatok révén voltak hozzáférhetők, amelyek jelentős kihívásokat vetettek fel a napi használatban. Három fő hiányosság azonosítása történt, amelyek a silószerű OLTP rendszerek döntéstámogatási képességeinek korlátozottságára világítanak rá (KELLY 1997):

- Integrációs hiányosságok: A tranzakciós rendszerekben belül (OLTP) az adatok fragmentált állapotban helyezkednek el, izoláltak az egyes rendszerek között. Ezen izoláció mellett az adatok nem rendelkeznek sem formai, sem tartalmi uniformitással, ami nehezíti azok együttes analitikai feldolgozását.
- Hatékonysági hiányosságok: Az OLTP rendszerek adatstruktúrái elsődlegesen a tranzakciós hatékonyság növelése érdekében jöttek létre, figyelmen kívül hagyva az összetett lekérdezések és adatfeldolgozás igényeit.
- Hozzáférési hiányosságok: Az OLTP rendszerek által tárolt adatok hozzáférése korlátozódik azokra a felhasználókra, akik a meghatározott üzleti folyamatok végrehajtásáért felelősek, ezzel szűkítve az adathoz való hozzáférési lehetőségeket.

Az OLTP rendszerek alapvető jellemzője a nagy volumenű, egyedi tranzakciók effektív kezelése, magas rendelkezésre állással és specifikus teljesítményi követelmények mellett, skálázhatóságot biztosítva. A digitális fejlődés következtében nőtt az igény az adott operatív szigeteket meghaladó, összetettebb információforrások iránt, amelyek elsősorban a vállalatirányítási, döntéstámogatási és controlling funkciók számára relevánsak. Az adatvagyon-gazdálkodás kontextusában kiemelkedik az adatintegrációs és analitikai eszközök fejlődése, amely lehetővé teszi a mélyebb és szélesebb adatkészletek integrációját és hatékony kiértékelését, elősegítve az Enterprise Information Management (EIM) és az adatvezérelt döntéstámogatás gyakorlati implementációját. Az EIM egy olyan keretrendszer, amely a vállalati adat- és információvagyon kezelését koordinálja, támogatva az üzleti folyamatokat. Ez magában foglalja a stratégiák, politikák, szabályok, keretek, technológiák, szervezeti struktúrák, személyzet és folyamatok menedzselését a vállalatban belül, az adat- és információvagyonba történő befektetés maximalizálása céljából. Az EIM integrált és összetett jellege miatt egy iránytűként, irányelveket szolgáltatva működik, egyfajta filozófiát és gondolkodásmódot képviselve az adatkezelés terén. Így az adat- és információkezelési tevékenységek azok a napi operációk, amelyek az információvagyon kezelésére irányulnak (LADLEY 2012).

Az adatvagyon kezelésének jelentősége a szervezeti funkciókban az Enterprise Data Warehouse (DWH) megoldások evolúciójával vált kiemelkedővé. Az adattárházak olyan entitások, amelyek egy szervezet adatkészletének tárolására és prezentációjára szolgálnak, ahol az operatív adatokat a lekérdezés, elemzés és felhasználóbarát hozzáférés szempontjából optimalizált struktúrákban helyezik el (KIMBALL – ROSS 2002). Ezek a strukturált adatkészletek relációs adatbázis-kezelő rendszerekből (RDBMS) származó forrásrendszerekből

érkeznek, amelyeket a hagyományos üzleti intelligencia (BI) és adatelemzési módszerekkel hatékonyan lehet feldolgozni (HSINCHUN et al. 2012). A digitalizációs és információ-kommunikációs technológiák fejlődése azonban jelentősen bővítette az elérhető adattípusok és források körét. Az exponenciálisan növekvő adatmennyiség új lehetőségeket nyitott meg a szervezetek számára az adatkiaknázás terén, ugyanakkor komoly kihívásokat is jelent. Az adatforrások ma már túlnyúlnak a hagyományosan strukturált adatbázisokon (például pénzügyi nyilvántartások, tőzsdei információk), beleértve a strukturálatlan adatforrásokat is (például elektronikus levelezés, közösségi média tartalmak, GPS adatok), így a belső és külső adatforrások egyaránt relevánsak. Ennek következtében az adatok nem csupán strukturált, hanem strukturálatlan formákat is felvehetnek. A sokféle forrásból származó komplex adatvagyon kezelésére a hagyományos technológiák mellett a Big Data megoldások is alkalmazásra kerülnek (GÉCZY 2014).

3.3.2. Adatvezérelt üzleti modell és az adatvezérelt controlling

Az adatvagyon erőforrásként való fontosságának elismerése után kijelenthető, hogy szükség van olyan üzleti modellekre, amelyek képesek az adatok értéké alakítására. Ezen modelleket adatvezérelt üzleti modelleknek (Data-Driven Business Models – DDBM) nevezik. (MANYIKA et al. 2011), (CHESBROUGH - ROSENBLOOM 2002). A DDBM-ek azáltal valósítják meg az adatvagyon-gazdálkodást a szervezeti folyamatokban, hogy különböző dimenziókat azonosítanak és ezekre koncentrálnak. A nemzetközi szakirodalom nem jutott egységes álláspontra a dimenziók azonosításában, de a legtöbb forrás egyetért abban, hogy hat meghatározó dimenzió létezik, amelyek jelentősen befolyásolják az adatvezérelt szervezeti modellek kialakítását és fenntartását. Ezek a dimenziók egyúttal a szervezeti controlling rendszerek kulcsterületeit is meghatározzák. A dimenziókban bekövetkező változásokra való reagálással a controlling műveletek is bonyolultabbá válnak.

1. Kulcsfontosságú erőforrások: Az adatok az adatvezérelt üzleti modellekben (DDBM) alapvető erőforrásokként funkcionálnak, kiemelkedő jelentőséggel bírnak. A DDBM keretrendszerek kialakításánál alapvető a vállalatok által felhasznált adatforrások típusainak megértése. Az adatforrások integrálását a controlling funkcióknak is figyelembe kell venniük a pontosabb riportálás érdekében. A controlling során az adatgyűjtés kiterjedhet különböző forrásokra, mint például a tranzakciós rendszerek, a jelenleg nem használt belső „sötét adatok”, kereskedelmi adatok (beleértve harmadik féltől származó strukturált vagy strukturálatlan adatokat), közösségi média adatok és nyilvánosan elérhető információk (BUYTENDIJK et al. 2013).
2. Kulcstevékenységek: Az adatokkal kapcsolatos controlling tevékenységek öt különálló fázisba sorolhatók: adatkészletek szelektálása az elemzéshez; adatok előkészítése és tisztítása; adatredukció vagy transzformáció a változók számának csökkentése céljából; adatbányászat az adatminták azonosítására; és az azonosított minták interpretálása és vizualizálása (FAYYAD et al. 1996). Ezenkívül a controlling tevékenységek magukban foglalhatják az adatvagyonra alapozott analitikát, amely a következőkre osztható: leíró analitika a múlt eseményeinek magyarázatára; prediktív analitika a jövőbeli tendenciák előrejelzésére; és előíró analitika a jövőbeli tendenciák alapján történő döntések meghozatalára.
3. Kínálat/értékajánlat: Az értékajánlat, amely a kínálat szinonimájaként is funkcionál, minden üzleti modell központi eleme (JOHNSON et al. 2008). Ez az a konkrét érték, amit a vállalat a vásárlóknak nyújt a kínálata révén. A vállalati kínálat két fő kategóriába sorolható: adatok és információ/tudás, ahol az adatok elsődlegesen „tények gyűjteményeként” jelennek meg, jelentés nélkül. Az adatok értelmezése és feldolgozása

után azok információvá vagy tudássá alakulnak át, ami a controlling analitikai munkájának eredményeképpen jön létre.

4. **Ügyfélszegmens:** A vállalati kínálat meghatározott ügyfélcsoportokat céloz meg. Az adatvagyon-gazdálkodás lehetőséget teremt az ügyfélszegmentáció részletes kidolgozására, lehetővé téve az egyes termékek/szolgáltatásokra szabott, személyre szóló fogyasztói profilok létrehozását. A controllingnak alkalmazkodnia kell a fogyasztói preferenciák gyors és folyamatos változásaihoz (HARTMANN et al. 2016).
5. **Bevételi modell:** A hosszú távú fenntarthatóság érdekében minden szervezetnek biztosítania kell a stabil bevételi forrásokat. A bevételi források elemzése és a bevételek prediktív meghatározása a controlling rendszerek alapvető feladata. Az adatok megfelelő feldolgozása növeli az előrejelzések pontosságát, az adathalmazok kiterjedtsége és mélysége biztosítja az előrejelzések megbízhatóságát még változékony gazdasági körülmények vagy versenyző piaci helyzetek között is (HARTMANN et al. 2016).
6. **Költségstruktúra:** A DDBM-ekben az adatvagyonra fordított költségek gyakran kevésbé relevánsak, mivel az adathasználat jelentős mértékű szervezeti hatékonyságnövekedést és költségcsökkentést eredményezhet. Azonban az adatkészletek előállításának költségei iparágtól és szervezeti profiltól függően eltérőek lehetnek. Például a Facebook saját adatait további költségek nélkül használhatja analitikai célokra, míg a közösségi média elemzéssel foglalkozó vállalkozások számára jelentős költséget jelenthet a szükséges adatok beszerzése (HARTMANN et al. 2016).

A digitalizáció és a szervezetek digitális vállalattá való evolúciójának eredményeként az operatív korlátok részleges vagy teljes mértékű megszűnése tapasztalható. A digitális vállalatok, miközben teljes mértékben eleget tesznek a jogi és szabályozási követelményeknek, törekednek arra, hogy digitális operációs tevékenységeiket térbeli és időbeli korlátozások nélkül, folyamatosan tudják végezni. Ennek illusztrációja a digitális bankok (neobankok) megjelenése, amelyek kizárólag a digitális térben működnek, valamint a hagyományos bankok és globális internetes kereskedelmi vállalatok (például eBay, Amazon), illetve tartalomszolgáltatók (például Netflix, Spotify) digitális szolgáltatásainak fejlődése. Ezek a szolgáltatások gyakran interaktív módon kommunikálnak az ügyfelekkel, személyre szabott ajánlatokat téve, amelyek az ügyfél visszajelzéseit figyelembe veszik. A hagyományos controlling eszközökkel történő mérés, nyomon követés és elemzés csak akkor lehetséges, ha a digitális működésben mesterséges zárási pontokat hozunk létre, ahol a tényadatok a controlling felé kommunikálódnak, így aktiválva a controlling funkciókat és folyamatokat. Egy alternatív megközelítés, amely jobban illeszkedik a digitális vállalatok működéséhez, a controlling folyamatok digitalizációja és adatvezéreltté válása (HARTMANN et al. 2016). Ez azt jelenti, hogy a digitális operatív folyamatok és a controlling folyamatok közötti kapcsolat valós idejű és integrált. Az adatok keletkezésének pillanatában a megfelelő controlling funkciók és folyamatok azonnal aktiválódnak és reagálnak. A szükséges technológiai infrastruktúra ma már rendelkezésre áll. Ennek eredményeképpen a controlling képes párhuzamosan több száz vagy több ezer digitális folyamatból és üzleti területből adatot és információt gyűjteni valós időben, integrálni, feldolgozni, elemezni és közzétenni. A közzététel nem csak a hagyományos riportok gyorsabb elkészítését jelenti, hanem azt is, hogy a digitális controlling által generált adatok és mutatók visszacsatolhatók az operatív folyamatokba. A digitális, adatvezérelt controlling lehetőséget teremt a vezetői irányítópultok dinamizálására. A controlling termékek, amelyek tipikusan havi vagy heti frissítést kapnak, egyes esetekben naponta többször is frissülhetnek, bizonyos adatokat valós időben is megjelenítve, így lehetővé téve az azonnali riasztásokat és

beavatkozásokat, növelve a vállalati irányítás hatékonyságát. A digitális térben az elemzői munka is átalakul. Az adatgyűjtés automatizálása miatt több idő marad a tényleges elemzési feladatokra és a modern, akár mesterséges intelligencián alapuló eszközök alkalmazására és a controlling folyamatok integrálására. A részben vagy teljesen digitalizált operatív működéssel rendelkező vállalatvezetés szintjei gyakran bírálják a hagyományos controllingot az adatpontosság, naprakészség és időszerűség elmaradása miatt. Ez a digitális operatív folyamatoktól való elszakadást jelzi, amely a vállalatirányítási és controlling funkciók digitális integrációjának operatív digitalizációtól való időbeli elválásából ered. A digitális, adatvezérelt controlling megvalósításának kulcskérdése, hogy miként és milyen szinten képes automatizált, integrált kapcsolatot kialakítani a már digitalizált operatív folyamatokkal (JOHNSON et al. 2008).

3.4. Lean menedzsment

A 21. század globalizációjának kontextusában a vállalatok egyre inkább azon irányítási megoldásokra helyezik a fókuszot, melyek stratégiai döntéshozatali információkat biztosítanak és támogatják a vezetői döntéshozatali folyamatokat. Ezen modern menedzsmentelvárások és paradigmák között kiemelkedő szerepet tölt be a lean menedzsment, amely globális szinten széles körben alkalmazott menedzsmentfilozófia, amely a Toyota gyártási rendszeréből eredeztethető (WOMACK – JONES 2003).

Fontos megjegyezni, hogy a Toyota módszer és a lean koncepció közötti distinkció jelentős. Ezek a koncepciók bár gyakran azonosnak tekinthetők számos tanulmányban, valójában különálló fogalmak. A Toyota Production System (TPS) egy olyan optimális gyártási folyamat, amely a Toyota gyártási módszer hatékonyságának legkiválóbb megtestesítője, amint az a módszer alkalmazásával és implementálásával elért eredményekben megmutatkozik (SHIEGO 1989). Azok a vállalatok, amelyek már adaptálták, vagy a jövőben adaptálni fogják a TPS-t, egyedülálló gyártási koncepciót hoznak létre, ahol a TPS egy módszertani és filozófiai keretet biztosít. A különböző gyártási rendszerek mindig csak a TPS deriváltjaként fogalmazhatók meg (CLARKE 2005).

A TPS egy strukturált keretrendszerként értelmezhető, amely alkalmazkodik a vállalatok specifikus igényeihez és körülményeihez. BRUNNER (2008) a „Japanische Erfolgskonzepte” című művében élesen elkülöníti a lean termelést a TPS-től. Értelmezése szerint a lean termelés egy vállalati stratégia, melynek fő célja a szervezet versenyképességének javítása, míg a TPS egy komplex termelési rendszerként jelenik meg, amely a termelési és munkavégzési folyamatok optimalizálására törekszik (BRUNNER 2008). A folyamatfejlesztés egyetemes jelenség, melynek megnevezései időről időre változnak. Kutatásuk szerint ezt a folyamatot kezdetben „racionalizálás”-nak, később „kaizen”-nek, majd a 21. században „Lean projekt”-nek nevezték. Magyarországon a „lean eszközök és módszerek” fogalmát már 1999-ben részletesen elemezték több tanulmányban (CHIKÁN – DEMETER 1999).

A korábban tárgyaltak alapján megállapítható, hogy bár a lean koncepció és a TPS között jelentős eltérések mutatkoznak, a célkitűzéseik alapvetően azonosak. Mindkét filozófiának központi eleme a hatékonyság és a termelékenység kontinuális optimalizálása, valamint a tartós versenyelőny megteremtése. Mindkét rendszer a veszteségmentes, a vevői igényekre fókuszáló, értékteremtő termelési folyamatokra irányul (PALADUGU – GRAU, 2020).

3.4.1. Lean koncepció fejlődése

A lean termelési rendszer eredete az 1950-es évek Japánjában gyökerezik, ahol a második világháborút követően a japán ipar szükségszerűen újraértelmezte termelési stratégiáit. Az

ország nyersanyag-importtól való függősége és a korlátozott belső piaci kereslet új megközelítéseket igényelt. A nyugati autógyárak az 1980-as évek elején ismerték fel, hogy a Toyota által alkalmazott módszerek lényegesen hatékonyabbak, mint az Európában és az Egyesült Államokban használt gyakorlatok. Ebben az időszakban a lean szemlélet vált dominánssá a termelésmenedzsment területén, mind az elméleti kutatók, mind a gyakorlati szakemberek körében (CHIARINI 2013). SCHONBERGER (2007) és HOLWEG (2007) számos tanulmányukat követően, az 1980-as évek végén WOMACK – JONES (2003) vezetésével, a Massachusettsi Technológiai Intézet „The International Motor Vehicle Program (IMVP)” keretében indított kutatási projektet a japán autóipar vizsgálatára, összevetve a világ más részein alkalmazott technikákkal. A kutatás eredményeképpen megjelent „The Machine that Changed the World” című mű globálisan elismert szakirodalommá vált (SOHAL – EGGLESTONE, 1994).

A "lean menedzsment" kifejezés először 1988-ban jelent meg a nemzetközi tudományos irodalomban, Krafcik cikkében (KRAFCIK 1988). A lean menedzsment fogalmának általánosan elfogadott meghatározása azonban csak a 1990-es évek végére kristályosodott ki a tudományos közösségben. A 1990-es évek előtt a Toyota termelési rendszer, illetve annak bővített változatai szolgáltak gyakran alapként a lean menedzsment terminológia alkalmazásához a szakirodalmi tanulmányokban (CHIARINI 2013). A lean menedzsment fogalmát a szakirodalom és a tudományos kutatók széles körben különböző módon értelmezik és határozzák meg, azonban ezek a definíciók alapvető tartalmi elemeiben nem mutatnak jelentős eltéréseket. Egy átfogó lean menedzsment definíciót az alábbiakban találhatunk, amely a témában leginkább referált és a területen leginkább elismert szakértők meghatározásait összesítő megközelítést tükrözi (BHAMU et al. 2014).

A lean szemléletmód alapján az érték meghatározása egy kulcsfontosságú elem. Ebben a kontextusban kizárólag a végfelhasználó rendelkezik azzal a kompetenciával, hogy meghatározza, mi minősül értéknek és az érték fogalma csak akkor kerül érdemi definíció alá, amikor egy termék az adott ár- és időkeretek között kielégíti a vevő igényeit. Az értéket ebben a rendszerben főként a gyártó vagy termelő hozza létre (WOMACK – JONES 2003). A lean gyártás nem csupán egy termelési rendszerként funkcionál, hanem egy gyártási filozófiaként, paradigmaként és kultúraként is megjelenik, amely integrált módon áthatja a szervezeti funkciókat. Ebben a filozófiában a kultúra kiemelten fontos szerepet tölt be a technikai háttérrel szemben (ROTHER 2017).

A lean szemléletmód lehetővé teszi a termelési műveletek és folyamatok optimalizálását, melyek az értékteremtést szolgálják. Ezek a műveletek és folyamatok ideális esetben az időbeli és térbeli koordináció révén, megszakítások nélkül és egyre hatékonyabban kerülnek végrehajtásra (VÖRÖS 2010). A lean menedzsment keretein belül ez a megközelítés nem korlátozódhat kizárólag egy adott vállalati struktúrára, hanem ki kell terjednie az egész ellátási láncra, továbbá az adott üzleti szektor vagy iparág vertikális struktúráira is. Ezenkívül a lean menedzsment nem csupán a gazdaságos rendszer és termelés megteremtését célozza, hanem a folyamatos fejlődés és javulás kultúrájának implementálásával jelentős hatást gyakorol a szervezeti kultúrára és az alkalmazottak gondolkodásmódjának alakítására (LIKER 2008).

WOMACK – JONES (2003) öt alapvető elvet azonosított a lean menedzsment hatékony működéséhez:

1. az érték meghatározása
2. értékfolyamat azonosítása

3. áramlás létrejötte az értékteremtő lépések mentén
4. húzóelv alkalmazása
5. tökéletesítés és folyamatos fejlesztés

A 21. században számos szervezet fogadja el és implementálja a lean menedzsmentet, amely számos iparágban a versenyképesség szempontjából kritikus tényezővé vált. Habár a lean menedzsment alkalmazása a szervezeti gazdálkodási és működtetési folyamatokban elterjedt, a termékfejlesztési folyamatokban azonban még mindig ritkán kerül alkalmazásra. Csak azok a szervezetek válhatnak teljes mértékben értékteremtővé, amelyek képesek a termékfejlesztés területén is megvalósítani a lean filozófiát (MARODIN et al. 2018).

A lean menedzsment hatásos bevezetése nem az adott iparág, hanem a specifikus folyamatok jellemzői által van meghatározva. Bár a lean menedzsment bármely iparágban sikeresen implementálható, az alkalmazandó módszertanokat és eszközöket a különböző szektorok és szervezetek egyedi jellemzőihez kell adaptálni. Ezenkívül a lean filozófia integrálása a szervezeti kultúrába elengedhetetlen (GYENGE et al. 2015). A lean átalakulások hatékonyságának biztosítása érdekében fontos, hogy az új szemléletet már meglévő, konszolidált szervezeti kultúrák fogadják be. A szakirodalom nem nyújt konkrét választ arra, hogy milyen jellemzőkkel bír az „ideális lean kultúra”. A megoldás megtalálásához a következő általánosan elfogadott felismerésből lehet kiindulni: a lean menedzsment alapjait a Toyota rendszere szolgáltatja és ez a rendszer tekinthető a lean menedzsment legjobb megtestesítőjének. Ebből kifolyólag a Toyota vállalati kultúráját lehetne az „ideális lean kultúrának” nevezni (TOARNICZKY et al. 2012).

3.4.2. Lean módszerek és eszközök

A szakirodalom számos lean eszközt és technikát tárgyal. Az alábbiakban bemutatott lean módszertanok alapvető lean eszközök és technikák közé tartoznak, melyeknek gyakorlati alkalmazása kiemelkedő jelentőséggel bír.

Értékáram feltérképezés (Value Stream Mapping):

Az Értékfolyamat Térképezés (Value Stream Mapping, VSM) egy stratégiai eszközként funkcionál, amely lehetővé teszi a veszteségek azonosítását a termelési folyamatok során. Ezt a módszert számos szakirodalom "értékáram térképezés" néven is ismerteti. A Toyota által alkalmazott anyag- és információáramlási diagram ennek egy variánsaként tekinthető (KOSZTOLÁNYI – SCHWAHOFFER, 2012b).

A VSM használatával a teljes anyag- és információáramlás folyamata, a beszállítástól a végfelhasználóig, átláthatóvá és vizsgálhatóvá válik. Ennek révén azok a veszteségek is megfigyelhetők, amelyek az egyedi folyamatok izolált vizsgálata esetén rejtve maradnának. A VSM lehetővé teszi a termelési rendszer alaposabb megismerését és elemzését, továbbá elősegíti a lean eszközök rendszerszerű alkalmazását. A folyamatok értékteremtő szempontból történő sorrendbe állítása révén megkönnyíti a fejlesztési projektek prioritásainak meghatározását és végrehajtási sorrendjének kialakítását. Emellett a VSM hozzájárul a termelési rendszerrel kapcsolatos kommunikáció egyszerűsítéséhez és hatékonyságának növeléséhez (KOSZTOLÁNYI – SCHWAHOFFER 2012b).

Az értékfolyamat térképezés hatékonyan alkalmazható nem csupán a gyártási és tervezési folyamatok analízisére, hanem a szolgáltatási folyamatok vizsgálatára is. Különösen hasznos

ez a módszer a gyakran ismétlődő, repetitív adminisztratív tevékenységek ábrázolásában, elemzésében és fejlesztésében (HINES – RICH 1997).

Kaizen:

A kaizen egy olyan komplex megközelítés, amely túlmutat egy egyszerű módszertanon vagy eszközrendszeren, mélyebb gondolkodásmódot és életszemléletet képvisel. Globálisan elismert menedzsmentfilozófiaként funkcionál, melynek középpontjában a kontinuális fejlesztés áll és széleskörű hatást gyakorol mind a gyakorlati problémamegoldás, mind a személyes hatékonyság terén. Ez a megközelítés számos különböző technikát foglal magában, amelyek a vállalati operációk, a munkahelyi környezet és a társadalmi élet javítását célozzák (IMAI 1997).

A kaizen filozófia eredete Japánban gyökerezik és a második világháború utáni időszakra nyúlik vissza. Manapság ez a megközelítés az üzleti eszköztár integráns részét képezi. A kifejezés maga két japán szóból ered: a „kai”, ami változást jelent és a „zen”, ami a javulást, így a pozitív irányú változást szimbolizálja. A kaizen központi elve az, hogy „minden nap hozzon magával valamilyen kis fejlesztést”. A kaizen által indukált változások bár apró léptékűek, hosszú távon jelentős és megfordíthatatlan hatást gyakorolnak (SHIEGO 1989). Fontos kiemelni, hogy a módszer a folyamatos, fokozatos fejlesztésre összpontosít a kedvező változások elérése érdekében, amelynek minden vállalati alkalmazottnak, a fizikai munkát végzőktől az ügyvezető igazgatóig, részese kell lennie. Ez a módszer a vállalati folyamatok fejlesztésében rendkívül hatékony lehet, de hangsúlyozandó, hogy maximális hatékonyságot csak akkor érhet el, ha a vállalat minden munkatársa részt vesz ebben a folyamatban (LIKÉR 2008).

Just In Time:

OHNO (1982) 1950-ben kifejlesztette az úgynevezett Just In Time, vagy JIT rendszert, ami egy innovatív áramlás-menedzsment technikának számít. A JIT, a TPS és a lean menedzsment egyik legrégebbi módszere. Ennek a rendszernek a lényege a termékek pontos mennyiségének, időben történő rendelkezésre állásának, előre definiált minőségi szabványoknak való megfelelésnek, valamint a termékek hatékony időben történő mozgatásának biztosítása (BOOKBINDER - ALI ÜLKÜ 2021). A módszer az alábbi alapelveken alapul:

- folyamatos anyagáramlás
- ütemezett gyártás
- szabványosított munkafolyamatok
- pull rendszer működtetése

Ezen elvek a vásárlói igényekre koncentrálva, a fogyasztó számára értéket teremtő faktorokra helyezik a hangsúlyt. Ezen értékek között kiemelkedő jelentőséggel bír a termelési idő minimalizálása, amely a JIT rendszer egyik primer célkitűzése. A módszer alapja, hogy a termelési folyamatban részt vevő összes tevékenység csupán néhány perccel vagy másodperccel megelőzze a következő lépést, ezzel elősegítve az egydarabos áramlást (WOMACK – JONES, 2003).

Kanban:

OHNO (1982) egy másik fontos felismerése az volt, hogy a túlzott készletszint fenntartása gyakran hiányállapotokhoz vezet bizonyos alkatrészek tekintetében. E probléma orvoslására

kifejlesztette a kanban rendszert, amely lehetővé teszi, hogy minden egyes termelési lépés csak annyi alkatrészt vegyen át az előző lépéstől, amennyire a következő lépésben szükség van és ez rendszeres időközönként történik (OHNO 1982). Ezt a logikát később továbbfejlesztették azzal az elvvel, hogy az egyes termelési lépések nem állíthatnak elő több alkatrészt, mint amennyire a rákövetkező folyamat igényli. A kanban módszernek köszönhetően a termelési rendszerek formalizálhatók és biztosítható az információáramlás szinkronizálása a termék gyártási folyamatának előrehaladásával (WOMACK – JONES 2003).

JIDOKA:

A Jidoka módszer a minőség folyamatba integrálásának koncepcióját jelöli a TPS és a lean menedzsmentben. A Jidoka két alapvető elvre épül (ROMERO et al. 2019):

1. A termelési folyamat részét képező gépeknek automatizált hibafelismerő és leállító mechanizmusokkal kell rendelkezniük, amelyek hibák észlelése esetén azonnal megállítják a termelési folyamatot. Ez biztosítja a beépített minőségellenőrzést és megakadályozza a hibák további felhalmozódását.
2. Az emberi erőforrások és gépekhez kötődő folyamatokat külön kell kezelniük. Ennek megvalósítása esetén költségcsökkentés érhető el, mivel az emberi munkaerő-igény minimalizálódik a gépi folyamatokban. Az ideális cél, hogy a gépesített folyamatokhoz kapcsolódó emberi munkaerő-szükségletet a lehető legkisebbre csökkentsék (KOSZTOLÁNYI – SCHWAHOFFER 2012a).

Heijunka:

A Heijunka a termelési és terhelési folyamatok kiegyensúlyozásának módszerét jelöli, amelyet széles körben a JIT rendszer előfeltételként azonosítanak a szakirodalomban. A Heijunka alkalmazásával a készletmennyiségek csökkenthetők és optimalizálhatók, ami kedvező hatást gyakorol a termelési időkre is (KORYTKOWSKI et al. 2013). A gyártási folyamat során a Heijunka biztosítja a termelt mennyiség egyenletes elosztását, lehetővé téve a legrövidebb időintervallum alatt történő maximálisan egyenletes termelési volumen elérését. E folyamat kulcseleme az alacsony átállási idő biztosítása. A módszer fókuszában a fogyasztói igények és a vásárló számára értéket képviselő tényezők állnak (KOSZTOLÁNYI – SCHWAHOFFER 2012a).

5S:

Az 5S rendszer a lean menedzsment egyik kulcsfontosságú eleme, amely a minőségi és hatékony munkakörnyezet kialakítását és annak folyamatos javítását célozza meg. Ennek középpontjában a veszteségek eliminálására irányuló tevékenységek és folyamatok helyezkednek el (MOHAN SHARMA – LATA 2018).

Az 5S módszer öt alapvető komponense az alábbiak:

1. Seiri: Azoknak a tárgyaknak és eszközöknek az eliminálása a munkakörnyezetből, amelyek nem elengedhetetlenek a műveletekhez. A cél a lényeges elemek kizárólagos megtartása.
2. Seiton: A műveleti tevékenységekhez kapcsolódó eszközök és tárgyak szisztematikus szelektálása, valamint helyüknek meghatározása. Ez magában foglalja a jelölések és címkézések implementálását is.
3. Seiso: A munkaterület és az eszközök alapos tisztán tartása, tisztítása és rendezettsége.

4. Seiketsu: A munkafolyamatokkal kapcsolatos szabványok kialakítása, amelyeket a teljes szervezeten belül alkalmaznak és fenntartanak.
5. Shitsuke: A létrehozott munkakörnyezet folyamatos fenntartása és fejlesztése a műveletek hatékonyságának és a folyamatok termelékenységének növelése érdekében.

Az 5S rendszer sikeres implementációját követően a fő cél a módszer hosszútávú megtartása és kontinuuális fejlesztése. Számos vállalat és tudományos kutatás hozzájárult az 5S módszer további finomításához és annak alkalmazási körének kiszélesítéséhez (LEMING-LEE 2019).

3.5. Lean Controlling

A következőkben azon technikák kerülnek bemutatásra, amelyek a lean menedzsment és a lean folyamatok monitorozására alkalmazhatók. Ezek a módszerek gyakran önálló lean eszközként is funkcionálhatnak.

3.5.1. Értékáram alapú költségszámítás (Value Stream Costing)

A hagyományos költségszámítási módszerek, mint például a folyamatorientált költségszámítás, komplexitásuk következtében alternatív költségkalkulációs technikák kidolgozását eredményezték, melyek releváns információforrásként szolgálnak. A „lean számvitel” koncepciója több megjelent publikációban került bemutatásra (MASKELL 2000). Ennek definíciója szerint a lean számvitel célja olyan hasznos információk biztosítása azok számára, akik a lean gyártási folyamatokat végrehajtják és karbantartják (RUIZ-DE-ARBULO-LOPEZ et al. 2013).

A VSC (Value Stream Costing, Értékáram Kalkuláció) az értékteremtő folyamatokhoz kapcsolódó tevékenységek optimális költségstruktúráját határozza meg. A költségek kalkulálásához szükséges az értékteremtő tevékenységek folyamatainak részletes feltérképezése, amit gyakran a VSM (Value Stream Mapping, Értékfolyamat Térképezés) módszer alkalmazásával végeznek. A VSC költségszámítási módszerének különlegessége abban rejlik, hogy nem szükséges a termékköltségek külön meghatározása, mivel a költségek közvetlenül az értékáramhoz kapcsolódnak. Ezért olyan számviteli rendszer kialakítása szükséges, amely kifejezetten az értékáramokra koncentrál, teljesítménymérési funkciókat lát el és képes bemutatni a hagyományos önköltségszámítás korlátait (HOKSTOK 2013).

A VSC koncepciójának alapjait WOMACK – JONES (2003) tanulmányaikban találjuk meg, ahol a szerzők azt javasolják, hogy a költségek aggregálása az értékáramok mentén történjen, a közvetlen és közvetett költségek közötti hagyományos megkülönböztetés elhagyásával. Ebben a rendszerben a munkaerő, a termékek és a szolgáltatások kizárólag egy adott értékáramhoz kapcsolódnak. Ideális helyzetben az erőforrásokat közvetlenül egy meghatározott értékfolyamathoz rendelik, de ha ez nem megvalósítható, akkor erőforrás-allokációra van szükség. Fontos kiemelni a folyamatok teljesítményének folyamatos mérését és ellenőrzését, valamint, hogy a VSC lényegében a vállalati erőforrások értékfolyamatok mentén történő figyelemmel kísérésére összpontosít, ellentétben az egyes termékek iránti fókuszálással (WARD et al. 2003).

3.5.2. Box Scores

Az eredeti Box Score rendszer a baseball sportágban alkalmazott statisztikai összefoglaló módszer, amely a játékosok és csapatok teljesítményét, valamint a mérkőzések során bekövetkező minden releváns eseményt tartalmazza, amennyiben az a játékszabályok keretei között megengedett (COURNEYA – CHELLADURAI 1991).

A gyártási teljesítmény mutatók és a pénzügyi jelentések közötti összefüggés megteremthető olyan teljesítményindikátorok alkalmazásával, amelyek elősegítik a szervezet folyamatos fejlődését. CUNNINGHAM – FIUME (2003) értelmezése szerint ezek a teljesítménymutatók a szervezet stratégiájának támogatására szolgálnak; ezeknek a mutatóknak számukban korlátozottnak, nem pénzügyi jellegűnek, valamint egyszerűnek és könnyen értelmezhetőnek kell lenniük.

MASKELL – KENNEDY (2007) szerint a box score a lean számvitel egyik legfontosabb vizuális irányítási és teljesítményértékelési eszköze, amely heti rendszerességgel integrálja az értékáram működési, kapacitás- és pénzügyi mutatóit egy egységes jelentésbe. A módszer lehetővé teszi a terv–tény eltérések folyamatos nyomon követését, az értékáram teljesítményének objektív értékelését, valamint a fejlesztést igénylő területek gyors azonosítását. Az átlátható és könnyen értelmezhető információk elősegítik a megalapozott vezetői döntéshozatalt, támogatják a folyamatos fejlesztési kezdeményezések priorizálását, és hozzájárulnak a lean szervezetek értékteremtő folyamatainak hatékonyabb működtetéséhez.

3.5.3. KPI-tree

A KPI-tree egy olyan irányítási modell, amelyet elsősorban az ipari szektorban tevékenykedő multinacionális vállalatok implementálnak és fejlesztenek tovább. Ez a modell a különféle KPI (Key Performance Indicator, Kulcs Teljesítmény Mutató) indikátorokat célkitűzésekkel és kapcsolódó korrelációkkal összefüggésben rendszerezi, logikailag összekapcsolt struktúrában (ANTE et al. 2018). A különböző mért KPI mutatószámokat a szakirodalom és a vállalati gyakorlat egyaránt meghatározza. A Big Data és az Ipar 4.0 által generált adatok új lehetőségeket teremtenek a KPI-ok innovatív megalkotására, valamint a meglévő KPI-ok pontosabb, akár percen belüli adatgyűjtésére. A KPI-ok alkalmazása lehetőséget biztosít a napi szintű terv–tény összehasonlításokra, az ezeken alapuló objektív elemzésekre, valamint a lean menedzsment és egyéb vállalatirányítási módszerek teljesítményének mérésére is (SCHNELLBACH – REINHART 2015).

A KPI-tree, mint lean irányítási technika, a lean specifikus KPI-ok meghatározásából ered. Ezek a kulcs teljesítmény mutatók a lean folyamatok és technikák hatékonyságát quantifikálják. A lean KPI-okból strukturált KPI-tree használatával kialakítható egy integrált lean irányítási rendszer. Ugyanakkor ANTE et al. (2018) kutatásukban felhívják a figyelmet arra, hogy a lean teljesítmény mérését nem kizárólag a lean KPI-ok és KPI-tree segítségével lehet végrehajtani és kiértékelni (ANTE et al. 2018).

3.5.4. Célköltség

A célköltségszámítás egy áralapú költségvetési módszertan, amely a fogyasztói fizetési hajlandóságtól kiindulva határozza meg a termék célárát. Ezt követően a célköltséget, mint a termék hosszú távú költség szintjét állapítják meg, amely lehetőséget ad az előzetesen meghatározott nyereség elérésére (RAMAN 2000). Ezáltal a célköltség meghatározása úgy történik, hogy a célárból levonják az előirányzott profitot. Ez a költségszámítási megközelítés lényegesen eltér a hagyományos módszerektől, különösen abban, hogy a fogyasztói igényeket és a piaci fizetési hajlandóságot követően határozzák meg a termék árát. A költségkalkuláció ebben az esetben visszafelé halad, azzal a céllal, hogy a kívánt profit megvalósuljon. A célköltséget a termék előállításának minden fázisában és az értéklánc minden szereplője számára meghatározzák. A célköltségszámítás így egy stratégiai szemléletet alkalmaz a profit tervezésében, nem csupán egy egyszerű költségcsökkentési módszerként értelmezhető (ANSARI et al. 2007). ANSARI – BELL (1997) kutatása is alátámasztja ezt, amely a célköltségszámítást mint a profit tervezés és költségkezelés integrált rendszerét, árvezérelt,

fogyasztóorientált, tervezésközpontú és keresztfunkcionális jelleggel jellemezi. A célköltségszámítás ezen alapelveket követve egy olyan menedzsment eszköz, amely a fogyasztói igények és a piaci fizetési hajlandóság figyelembevételével állapítja meg a termék költségét úgy, hogy az a kívánt tulajdonságokat és a meghatározott profit elérését is biztosítsa (ANSARI – BELL 1997).

A célköltségszámítás elsődleges jellegzetessége, hogy egy összetett költségkezelési és profittervezési rendszerként funkcionál, amely integrálja a fogyasztói preferenciákat és a piaci árakon alapuló költségkontrollt a szervezet különféle funkcionális egységeivel. E módszer egyik meghatározó aspektusa az, hogy lehetővé teszi az elkerülhető és csökkenthető költségek azonosítását és minimalizálását, ami hatékonyabb megközelítésnek bizonyul, mint a már piacra került termékek tényleges költségeinek utólagos csökkentése (EVERAERT et al. 2006). A jelenkor termékportfóliójának magas szintű diverzifikációjával összhangban a termékfejlesztési és tervezési fázisok költségmenedzsment szempontból egyre nagyobb jelentőséggel bírnak. A célköltségszámítás során a költségkezelési fókusz a termelési szakaszról a tervezési és fejlesztési szakaszokra tevődik át, ezáltal egyszerűsítve és költséghatékonyabbá téve a költségkontrollt. Ezenfelül hozzájárul a vállalat jövedelmezőségének folyamatos fenntartásához, lehetőséget adva az alacsony fedezetű vagy fejlesztési szakaszban veszteséges termékek korai kiszűrésére (COOPER – CHEW 1996).

A célköltségszámítás, amely ma számos iparágban alkalmazott módszer, eredetileg a japán autóiparban, különösen a Toyotánál került bevezetésre. Habár a célköltségszámítás különböző komponensei már korábban is léteztek, a rendszerszintű alkalmazásukat először a Toyota hajtotta végre az 1960-as és 1990-es évek közötti időszakban. E folyamat során az egyes elemeket összehangoltan integrálták, átalakítva a módszertan egy egyszerű költségcsökkentő gyakorlatból egy komplex, stratégiai alapú nyereségtervezési modellé (COOPER 1992).

A célköltségszámítás implementációja számos komplexitással bír. A legnagyobb kihívások közé tartozik az eljárás megértésének hiánya, a szervezeten belüli keresztfunkcionális kommunikációs akadályok, valamint a módszertan alkalmazásával szembeni ellenállás vagy aggodalom. A termelési folyamatok részletes és összetett jellege szintén jelentős kihívást jelent. Ezenfelül kiemелendő az információs rendszerek és az ellátási lánc résztvevőinek integrációjának hiányosságai, amelyek befolyásolhatják a számviteli folyamatok hatékonyságát és korlátozhatják a költségcsökkentési intézkedések megosztását az ellátási lánc különböző szintjein (HELMS 2005).

3.5.5. Lean Index

A szakirodalomban ismert lean index egy széles körben alkalmazott eszköz a szervezetek lean működési szintjének kvantifikálására. Ez a lean index alapvetően nem tekinthető a controlling vagy lean számviteli módszerek részének. Többnyire a vállalatgazdálkodás és az ellátási lánc menedzsment területéhez kapcsolódik. A lean index általában egy numerikus értéként vagy egy szubjektíven létrehozott kategóriaként jelenik meg, amely meghatározza a szervezet lean működésének mértékét (OLEGHE – SALONITIS 2018). A controlling területe nem nyújt megfelelő teret ennek a módszernek a hatékony alkalmazásához. Ennek oka, hogy a lean index nem felel meg a controlling területén alkalmazott alapvető követelményeknek (célorientáltság, szűk keresztmetszet, jövőorientáltság, költségorientáltság, döntésorientáltság) (ZÉMAN – TÓTH 2017). Ugyanakkor megfogalmazható, hogy a lean index alkalmazása egy interdiszciplináris területet képez a controlling, a vállalatgazdaságtan és az ellátási lánc menedzsment között. GÁSPÁR (2022) megállapítása szerint a lean index inkább az angolszász menedzsment elméletekhez kapcsolódik, ahol a kontroll tevékenység egy elkülönült funkcióként jelenik meg.

3.6. Számviteli elemzés

A számviteli beszámolók elsődleges célja, hogy hiteles és valós képet nyújtsanak a gazdálkodó szervezetek vagyoni, pénzügyi és jövedelmi helyzetéről. A magyar számviteli szabályozás több beszámolótípust különböztet meg, amelyek a vállalkozások méretétől, tevékenységétől és jogállásától függően alkalmazhatók. Ezek közül a legfontosabbak az egyszerűsített beszámolók, az éves beszámoló és az összevont (konszolidált) beszámoló (KEREZSI et al. 2023). A számviteli elemzés alapját a vállalkozások által közzétett pénzügyi beszámolók képezik, amelyek a jelen kutatás szempontjából kiemelt jelentőségűek, mivel a kidolgozott modell kizárólag nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatokra épül. Ennek megfelelően a fejezet először a beszámolók rendszerét, majd az éves beszámoló fő elemeit ismerteti.

3.6.1. A számviteli beszámolók rendszere

A számviteli beszámolók elsődleges célja, hogy hiteles és megbízható képet nyújtsanak a gazdálkodó szervezetek vagyoni, pénzügyi és jövedelmi helyzetéről. A beszámolók egységes szerkezetben teszik lehetővé a vállalkozások gazdálkodásának átlátható bemutatását, ezáltal alapvető információforrásként szolgálnak a tulajdonosok, a befektetők, a hitelezők, valamint egyéb érintett felek számára. A magyar számviteli szabályozás a vállalkozások méretétől, tevékenységének jellegétől és szervezeti sajátosságaitól függően több beszámolótípust különböztet meg, amelyek részletezettségükben és alkalmazási feltételeikben eltérnek egymástól (2000. évi C. törvény a számvitelről; KEREZSI et al. 2023).

A hazai szabályozás alapján a vállalkozások egyszerűsített beszámolót, egyszerűsített éves beszámolót, mikrogazdálkodói egyszerűsített éves beszámolót, éves beszámolót, illetve összevont (konszolidált) éves beszámolót készíthetnek. Az egyes beszámolótípusok alkalmazhatóságát elsősorban a vállalkozás mérete, könyvvezetési rendszere, valamint szervezeti felépítése határozza meg. Az egyszerűsített beszámolási formák elsődleges célja az adminisztratív terhek csökkentése, miközben továbbra is biztosítják a vállalkozás vagyoni, pénzügyi és jövedelmi helyzetének bemutatását. Az éves beszámoló ennél részletesebb információkat nyújt a vállalkozás gazdálkodásáról, míg az összevont (konszolidált) éves beszámoló a vállalatcsoport egészének pénzügyi helyzetét és teljesítményét mutatja be egységes gazdasági egységként.

Nemzetközi környezetben a vállalatok pénzügyi beszámolóit jellemzően az International Financial Reporting Standards (IFRS), illetve az Amerikai Egyesült Államokban a United States Generally Accepted Accounting Principles (US GAAP) előírásai szerint készülnek. Bár a két számviteli rendszer között az alkalmazott elszámolási szabályokban és értékelési elvekben különbségek figyelhetők meg, mindkettő célja a vállalkozások vagyoni, pénzügyi és jövedelmi helyzetének megbízható bemutatása. Ennek megfelelően mindkét számviteli keretrendszer alkalmas a pénzügyi elemzések alapjául szolgáló mutatószámok képzésére (FASB 2010; IASB 2018).

Bár az egyes beszámolótípusok szerkezete és részletezettsége eltérő, közös jellemzőjük, hogy mérleget és eredménykimutatást tartalmaznak, amelyek a vállalkozások vagyoni, pénzügyi és jövedelmi helyzetének alapvető információforrásai. E kimutatások alapján számos pénzügyi mutató képezhető, amelyek alkalmasak a vállalatok likviditásának, jövedelmezőségének, tőkeszerkezetének, működési hatékonyságának és egyéb gazdasági jellemzőinek elemzésére. Mivel a nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatok döntő része e kimutatásokból származik, a jelen kutatás szempontjából a beszámolótípusok közötti részletes jogszabályi eltérések másodlagos jelentőségűek. Ennek megfelelően a továbbiakban az éves beszámoló

szerkezete, valamint a mérlegből és az eredménykimutatásból származtatható pénzügyi mutatók kerülnek részletesebb ismertetésre.

3.6.2. Éves beszámoló

Az éves beszámoló egy fundamentális pénzügyi dokumentum, melyet a kettős könyvvitel rendszerét alkalmazó gazdálkodó szervezeteknek kötelezően el kell készíteniük, céljukkal az adott gazdasági entitás pénzügyi helyzetének és működésének rögzítése egy meghatározott üzleti év folyamán. Ez az eljárás minden kettős könyvvitel alapján működő vállalat számára előírt, kivéve azokat az eseteket, amikor a vállalkozás jogosultságot élvez az egyszerűsített beszámoló készítésére. Ezenfelül a vállalatoknak üzleti jelentést is kell készíteniük, ami nem képezi hivatalosan az éves beszámoló részét, mégis a szükséges dokumentációk közé sorolható és tágabb kontextusban értelmezi a pénzügyi adatokat. Ez magában foglalja a vállalat üzleti modelljét, stratégiáját, kutatási és fejlesztési aktivitásait, piaci helyzetét és jövőbeli kilátásait. Ez a dokumentáció kiegészíti a beszámolóban található számadataikat szöveges leírással, lehetővé téve alaposabb elemzést és a stratégiai döntéshozatali folyamatok támogatását (C. Törvény a számvitelről 2009 19.§).

Az éves beszámoló három alapvető elemet foglal magába: a mérleget, ami részletesen és pontosan ábrázolja a vállalat eszközeit és forrásait az üzleti év végén; az eredménykimutatást, amely bemutatja az adott periódus nyereségét vagy veszteségét a bevételek és kiadások aggregált számításával; valamint a kiegészítő mellékletet, amely kiterjed a mérleg és az eredménykimutatás tételeinek további részleteire, továbbá tartalmazza a vállalat működésével kapcsolatos kiegészítő információkat és magyarázatokat (C. Törvény a számvitelről 2009 19.§).

Az éves beszámoló első elemeze a mérleg, amely egy pénzügyi kimutatás, amely egy gazdálkodó szervezet vagy vállalat pénzügyi állapotát tükrözi egy meghatározott időpontban. Ez a dokumentáció két fő kategóriából épül fel: az eszközök (aktívák) és a források (passzívák) részről. Az eszköz, vagyis az aktívák, olyan elemeket foglalnak magukba, amelyek értéket képviselnek a vállalat számára, mint például a készpénz, követelések, készletek, ingatlanok, gépek és egyéb materiális és immateriális eszközök. A források, vagyis a passzívák, azt mutatják be, hogy a vállalat milyen források felhasználásával finanszírozza vagyonát. Ide sorolhatóak a kötelezettségek, mint a hitelek, szállítói tartozások és egyéb rövid- és hosszútávú kötelezettségek, valamint a saját tőke, beleértve a befektetett tőkét és a felhalmozott nyereségeket. A mérleg egyik kulcsfontosságú jellemzője, hogy mindig egyensúlyban van, azaz a vállalat eszközeiknek összege egyenlő a források összegével, amit a számviteli egyensúly alapelveként fogalmaz meg: eszköz = források. Ez a jelentés kulcsfontosságú információforrást biztosít a vállalat vezetősége, befektetői, hitelezői és más érdekelt felek számára a vállalat pénzügyi helyzetének megértéséhez és az alapján történő döntéshozatalhoz (IMRE 2015).

Eszközök:

- A. Befektetett eszközök: Ezek tartós használatra szánt, hosszú távú vagyon elemek, beleértve az immateriális javakat, tárgyi eszközöket és pénzügyi befektetéseket. Ezeknek az eszközöknek az értéke az idő múlásával csökken, amit az éves értékcsökkenési leírással (amortizációval) vesznek figyelembe. A befektetett eszközök közvetlenül vagy közvetve járulnak hozzá a vállalat hosszú távú operatív tevékenységéhez és nyereségtermelő képességéhez (C. Törvény a számvitelről 2009 24.§).
- B. Forgóeszközök: Ezek olyan rövid távú eszközök, amelyek egy éven belül felhasználhatóak a vállalat napi tevékenységében. Ide értendők a készletek,

követelések, értékpapírok és készpénz. A forgóeszközök kulcsfontosságúak a vállalat likviditásának fenntartásában és a rövid távú kötelezettségek kezelésében (C. Törvény a számvitelről 2009 23.§).

- C. Aktív időbeli elhatárolások: Ez a kategória azokat a költségeket foglalja magában, amelyeket előzetesen fizettek ki, de a költségelszámolás egy későbbi időszakra esedékes. Példaként szolgálhat az éves bérleti díj előre fizetése, amelynek egy része az aktív időbeli elhatárolások között szerepel a mérlegben az érintett időszak elteltéig. Az időbeli elhatárolások a könyvviteli pontosság és a költségek helyes időszaki elszámolásának megvalósítását segítik elő (C. Törvény a számvitelről 2009 32.§).

Források:

- D. Saját tőke: Ez a kategória magában foglalja a vállalati tulajdonosok által befektetett tőkét és a vállalati tevékenység során generált felhalmozott nyereséget. Ide tartoznak a jegyzett tőke, a jegyzett, de még be nem fizetett tőke, a tőketartalék, az eredménytartalék, a lekötött tartalék, az értékelési tartalék és a mérleg szerinti eredmény. Ez a kategória azon összegeket mutatja, amelyeket a vállalat a tulajdonosoktól származtat és amelyek nem képezik a hitelezők felé való kötelezettségeket. A tőke és tartalékok változásai a vállalat nyereségességének és a tulajdonosok által a vállalatba reinvestált, illetve onnan kivont nyereségnek tükröződését jelentik (C. Törvény a számvitelről 2009 35.§).
- E. Céltartalékok: Ezek specifikus tartalékok, amelyeket a vállalatok jövőbeli ismert vagy várható kiadások és kötelezettségek fedezetére hoznak létre. Példaként említhető a garanciális javításokra, jogi ügyekre vagy környezetvédelmi kötelezettségekre kialakított tartalék. Ezek a tartalékok a vállalatnak lehetőséget adnak a jövőbeli pénzügyi kötelezettségek előkészítésére (C. Törvény a számvitelről 2009 41.§).
- F. Kötelezettségek: Ez a kategória a hátrasorolt hosszú és rövid lejáratú kötelezettségeket foglalja magában. A hátrasorolt kötelezettségek olyan adósságok, amelyek a fizetési rangsorban más, prioritást élvező kötelezettségek után kerülnek kielégítésre. A rövid lejáratú kötelezettségek az egy éven belül esedékes adósságokat jelentik, mint például a szállítói számlák és a rövid távú hitelek, míg a hosszú lejáratú kötelezettségek a több éves futamidejű kötelezettségeket, mint a banki kölcsönök és kötvények. Ezek az összegek azt mutatják, hogy a vállalat mennyire támaszkodik külső finanszírozási forrásokra (C. Törvény a számvitelről 2009 42.§).
- G. Passzív időbeli elhatárolások: Ezek a tételecsoportok a jövőbeni időszakokra esedékes, de még ki nem fizetett kötelezettségeket tartalmazzák. Például, ha a vállalat a hónap végén kap egy számlát, de csak a következő hónapban teljesíti azt, az összeg passzív időbeli elhatárolásként szerepel a mérlegben. Ezek az elhatárolások biztosítják a vállalat számára a könyvelési időszakokon átívelő költségek pontos elszámolását (C. Törvény a számvitelről 2009 44.§).

A mérleg mellett az éves beszámoló másik meghatározó eleme az eredménykimutatás, amely egy adott időszak, jellemzően egy üzleti év, gazdasági eseményeinek pénzügyi eredményét

foglalja össze. Az eredménykimutatás a vállalkozás bevételeinek és ráfordításainak összevetésével meghatározza az adott időszak nyereségét vagy veszteségét, ezáltal átfogó képet ad a vállalat jövedelemtermelő képességéről (ORMOS, 2018).

Az eredménykimutatás kétféle formában készíthető: forgalmi költség eljárással vagy összköltség eljárással. A forgalmi költség eljárás az értékesítésből származó bevételeket az értékesítéshez közvetlenül kapcsolódó költségekkel veti össze, így elsősorban a vállalat üzleti tevékenységének pénzügyi hatékonyságát tükrözi. Ezzel szemben az összköltség eljárás a tárgyidőszakban felmerült valamennyi költséget a teljes időszaki bevételekkel állítja szembe, ezáltal átfogóbb képet nyújt a vállalkozás gazdálkodásáról és költségszerkezetéről. Mindkét eljárás ugyanazon gazdasági események eredményét mutatja be, azonban eltérő csoportosításban és szemléletmódban (2000. évi C. törvény a számvitelről, 71. §).

Az éves beszámoló harmadik eleme a kiegészítő melléklet, amely a mérleg és az eredménykimutatás adatait további információkkal egészíti ki, elősegítve a vállalat pénzügyi helyzetének és gazdálkodásának átfogó értelmezését. A kiegészítő melléklet tartalmazza többek között az alkalmazott számviteli politikát, az értékelési eljárásokat, az egyes mérlegtételek részletes magyarázatát, valamint a beszámoló értelmezéséhez szükséges egyéb információkat. Ezáltal hozzájárul a pénzügyi kimutatások átláthatóságához és megbízható értelmezéséhez (2000. évi C. törvény a számvitelről, 88. §).

3.6.3. Mérlegelemzés mutatószámai

A vállalati pénzügyi beszámolókból származtatható mutatószámok alapvető szerepet töltenek be a vállalatok vagyoni, pénzügyi és jövedelmi helyzetének elemzésében. E mutatók lehetővé teszik a pénzügyi teljesítmény objektív értékelését, valamint az egyes vállalatok közötti összehasonlítást. A pénzügyi mutatók alapvetően két nagy csoportba sorolhatók: a mérleg, illetve az eredménykimutatás adataiból képzett mutatókra. Az 1. táblázat a mérleg- és eredménykimutatás-elemzés során leggyakrabban alkalmazott pénzügyi mutatókat foglalja össze, amelyek a vállalatok gazdasági helyzetének és teljesítményének részletes értékelését teszik lehetővé. A pénzügyi mutatók értelmezését ugyanakkor a beszámolók szerkezetének elemzésére szolgáló klasszikus számviteli módszerek is támogatják, amelyek közül a legfontosabb a vertikális és a horizontális elemzés.

A vertikális elemzés egy számviteli technika, amely a mérleg egy adott oldalának - legyen az az eszközök vagy a források - aprólékos vizsgálatára fókuszál. E módszer során a mérleg egyes oldalain szereplő tételsorokat százalékos arányban fejtjük ki, amely lehetővé teszi a különféle csoportok vagy tételsorok relatív jelentőségének megértését az adott oldalon. Például, az eszközök oldalán elemzés tárgyát képezhetik a különböző eszközcsoportok, mint a tárgyi eszközök vagy a készletek, aránya az összes eszközértékhez viszonyítva. Hasonlóképpen, a passzív oldalon a saját tőke, a hosszú lejáratú kötelezettségek és más tételsorok arányának vizsgálata lehetséges a teljes forrásérték kontextusában.

A horizontális elemzés, amely a vertikális elemzéstől eltérő számviteli vizsgálati módszertan, egy integrált pénzügyi elemzési technika, melyben a mérleg mindkét oldalának adatsorait elemzik. Ez a folyamat a mérleg különféle sorainak és tételeinek összehasonlítását végzi, lehetővé téve a változások, trendek és mintázatok felismerését az időbeli dimenzió mentén. Az elemzés során az egyes mérleg tételek és sorok abszolút és százalékos változásait elemezzük, összevetve azokat a múltbeli időszakok adataival vagy előzetesen meghatározott benchmarkokkal.

1. táblázat: A vállalati mérlegelemzés mutatórendszere

Mutatószám neve:	Számítása	Típusa
Vagyoni helyzet elemzése		
Tőkeerősség	$\text{Tőkeerősség} = \frac{\text{saját tőke}}{\text{források összesen}}$	Vertikális
Kötelezettségek részaránya:	$\text{Kötelezettségek részaránya} = \frac{(\text{kötelezettségek} / \text{források összesen}) \times 100}{100}$	Vertikális
Céltartalék aránya:	$\text{Céltartalék aránya} = \frac{(\text{céltartalékok} / \text{források összesen}) \times 100}{100}$	Vertikális
Befektetett eszközök fedezete:	$\text{Befektetett eszközök fedezete}_1 = \frac{(\text{saját tőke} / \text{befektetett eszközök}) \times 100}{100}$	Horizontális
	$\text{Befektetett eszközök fedezete}_{2(H)} = \frac{(\text{saját tőke} + \text{hosszú lejáratú kötelezettségek}) / \text{befektetett eszközök}}{100}$	Horizontális
Saját tőke növekedésének mértéke:	$\text{Saját tőke növekedésének mértéke} = \frac{(\text{mérleg sz. eredmény} / \text{jegyzett tőke}) \times 100}{100}$	Vertikális
Saját tőke gyarapodása	$\text{Saját tőke gyarapodása} = \frac{(\text{mérleg szerinti eredmény} / \text{saját tőke}) \times 100}{100}$	Vertikális
Tőkenövekmény:	$\text{Tőkenövekmény} = \frac{\text{saját tőke.} / \text{jegyzett tőke}}{100}$	Vertikális
Forgótőke:	$\text{Forgótőke} = \text{forgóeszközök} - \text{rövid lejáratú kötelezettségek}$	Horizontális
Forgótőke aránya:	$\text{Forgótőke aránya} = \frac{\text{forgótőke}}{\text{saját tőke}}$	Horizontális
Tőkemultiplikátor	$\text{Tőkemultiplikátor} = \frac{\text{eszközök összesen}}{\text{saját tőke}}$	Horizontális
Pénzügyi tőkeáttétel ₁ (Idegen tőke aránya):	$\text{Pénzügyi tőkeáttétel}_1 = \frac{\text{Hosszú lejáratú kötelezettség}}{(\text{Hosszú lejáratú kötelezettség} + \text{Saját tőke})}$	Vertikális
Pénzügyi tőkeáttétel ₂ (Tőkefeszültség):	$\text{Pénzügyi tőkeáttétel}_2 = \frac{\text{Hosszú lejáratú kötelezettség}}{\text{Saját tőke}}$	Vertikális

Likviditás elemzése:		
Likviditási ráta:	$\text{Likviditási ráta} = \text{forgóeszközök} / \text{rövid lejáratú kötelezettségek}$	Horizontális
Likviditási gyorsráta	$\text{Likviditási gyorsráta} = \text{forgóeszközök} - \text{készletek} / \text{rövid lejáratú köt.}$	Horizontális
Készpénz likviditás:	$\text{Készpénz likviditás} = \text{Pénzeszközök} / \text{rövid lejáratú köt.}$	Horizontális
Adósság elemzése:		
Adósságállomány aránya:	$\text{Adósságállomány aránya} = \text{hosszú lejáratú kötelezettségek} / \text{hosszú lejáratú kötelezettségek} + \text{saját tőke}$	Vertikális
Adósságállomány:	$\text{Adósságállomány} = \text{hosszú lejáratú} + \text{hátrasorolt kötelezettségek}$	Vertikális
Saját tőke aránya:	$\text{Saját tőke aránya} = \text{saját tőke} / \text{hosszú lejáratú kötelezettségek} + \text{saját tőke}$	Vertikális
Adósság állomány fedezettsége:	$\text{Adósság állomány fedezettsége} = \text{saját tőke} / \text{hosszú lejáratú kötelezettségek}$	Vertikális
Adósság szolgálati fedezete:	$\text{Adósság szolgálati fedezete} = (\text{mérleg szerinti eredmény} + \text{értékcsökkenési leírás}) / \text{hosszú lejáratú kötelezettségek éven belül esedékes része}$	Horizontális
Tárgyi Eszközök elemzése:		
Használhatósági fok (%):	$\text{Használhatósági fok (\%)} = \text{Tárgyi eszközök. nettó értéke} / \text{tárgyi eszközök. bruttó értéke}$	Vertikális
Elhasználódottsági (leírtsági) fok:	$\text{Elhasználódottsági (leírtsági) fok} = 100 - \text{használhatósági fok}$	Vertikális
Tárgyi eszközök megújítási mértéke:	$\text{Tárgyi eszközök megújítási mértéke} = (\text{tárgyév során aktivált érték} / \text{tárgyi eszközök záró bruttó értéke}) \times 100$	Vertikális

Forrás: Saját szerkesztés, HORVÁTH (2011) alapján

Eredménykimutatás mutatószámai:

A 2. táblázatban összegyűjtöttem az eredménykimutatáshoz kapcsolódó mutatószámokat. Az eredménykimutatás alapján végzett pénzügyi elemzés segítségével azonosíthatók a lehetséges pénzügyi kihívások, valamint a vállalat működésének erősségei és gyengeségei, amelyek alapján célirányos fejlesztési és optimalizálási stratégiák alkalmazhatók.

2. táblázat: A vállalati jövedelmezőség mutatószámai

Mutatószám neve:	Számítása
Árbevétel-arányos eredmény:	$\text{Árbevétel-arányos eredmény} = \frac{\text{Adózott eredmény}}{\text{Nettó árbevétel}}$
Árbevétel-arányos cash flow:	$\text{Árbevétel-arányos cash flow} = \frac{\text{Bruttó cash flow}}{\text{Nettó árbevétel}}$
Saját-tőke-arányos jövedelem (ROE):	$\text{Saját-tőke-arányos jövedelem (ROE)} = \frac{\text{Adózott eredmény}}{\text{Saját tőke}}$
Eszközarányos eredmény (ROA):	$\text{Eszközarányos eredmény (ROA)} = \frac{\text{Adózott eredmény}}{\text{Összes eszköz}}$
Forgóeszköz-arányos eredmény:	$\text{Forgóeszköz-arányos eredmény} = \frac{\text{Adózott eredmény}}{\text{Átlagos forgóeszköz}}$
Befektetett eszköz-arányos eredmény:	$\text{Befektetett eszköz-arányos eredmény} = \frac{\text{Adózott eredmény}}{\text{Befektetett eszköz}}$
Bérrányos jövedelmezőség:	$\text{Bérrányos jövedelmezőség} = \frac{\text{Adózott eredmény}}{\text{Bérek költség}}$
Egy részvényre jutó adózott eredmény EPS:	$\text{Egy részvényre jutó adózott eredmény EPS} = \frac{\text{Adózott eredmény}}{\text{Részvények száma}}$

Forrás: Saját szerkesztés, HORVÁTH (2011) alapján

3.7. Lean teljesítményértékelés

3.7.1. A lean vállalat fogalma és elméleti kerete

Ahhoz, hogy tudományos igényességgel határozhatjuk meg, mit tekintünk lean működésű vállalatnak, kiindulópontként célszerű az OHNO (1982) nevéhez köthető 7 veszteségtípus elvére támaszkodni. Ez az elmélet elsősorban a szekunder, gyártási szektor működési sajátosságait ragadja meg, ahol a hatékonyságnövelés és a veszteségcsökkentés kiemelt jelentőséggel bír. Mindezek mellett azonban a lean szemlélet adaptációja egyre nagyobb hangsúlyt kap a szolgáltató szektorban is, ahol a veszteségtípusok, megfelelő interpretációval, szintén azonosíthatók. A megközelítés hét olyan kulcsfontosságú működési területet azonosít, ahol a lean filozófia elvei érvényesíthetők, és ahol cél a pazarlás minimalizálása. Az alábbiakban ezek a veszteségforrások, valamint az ezekhez kapcsolódó lean módszertani elvek kerülnek bemutatásra:

1. Túltermelés (Overproduction): Olyan termékek előállítása, amelyek meghaladják a vevői igényt, vagy amelyeket túl korán gyártanak le, felesleges erőforrásokat kötve le.
2. Felesleges mozgás (Excess Motion): Olyan felesleges vagy nem optimalizált mozgások a gyártási folyamatokban, amelyek nem járulnak hozzá a termék értékéhez.
3. Várakozás (Waiting): A munkaerő, anyagok vagy gépek késlekedése a következő folyamatlépésre várva, ami idővesztést eredményez.
4. Túlzott feldolgozás (Over-processing): Felesleges munkafolyamatok vagy túlbonyolított eljárások, amelyek nem növelik a termék értékét.
5. Készletezés (Inventory): Felesleges készletek felhalmozása, amelyek növelik a költségeket és a veszteségeket, valamint kockázatot jelentenek a termék elavulására.
6. Felesleges szállítás (Transportation): Felesleges szállítási folyamatok, amelyek költségnövekedést és idővesztést eredményeznek.
7. Selejt/hibás termékek (Defects): Hibás termékek előállítása, amelyeket újra kell dolgozni vagy selejtezni, ezáltal további költségeket és erőforráspazarlást okozva.

Amikor egy vállalatot lean vállalatként definiálunk, olyan szervezetre utalunk, amely szisztematikusan és folyamatosan törekszik a fent említett hét veszteségforrás minimalizálására. Ezáltal a vállalat nemcsak működési hatékonyságát növeli, hanem optimalizálja a rendelkezésre álló erőforrások felhasználását, csökkenti a költségeket, és végső soron fokozza a vevői értéket. Ez élesen elkülönül a hagyományos értelemben vett vállalati hatékonyságtól, amely gyakran a költségek csökkentésére, a termelékenység növelésére és a profit maximalizálására fókuszál (CHIKÁN 2008). Ezzel szemben a lean megközelítés elsősorban a folyamatok optimalizálására és a veszteségek csökkentésére helyezi a hangsúlyt, és ennek érdekében olyan konkrét, napi működést érintő gyakorlati módszerekre és eszközökre koncentrálnak, mint például a Just-In-Time (JIT) gyártás, a Kaizen, vagy a Kanban rendszer (WOMACK – JONES 2003). Az egyes lean módszerek és a hét veszteségtípus közötti kapcsolatokat a 3. táblázat foglalja össze.

3. táblázat: A lean eszközeinek és a veszteségtípusoknak a rendszeralapú összekapcsolása

Módszer	Túltermelés	Készletezés	Felesleges mozgás	Felesleges szállítás	Várakozás	Túlzott feldolgozás	Selejt/hibás termékek
Just In Time	X	X	X	X			
Kaizen						X	X
Jidoka						X	X
Heijunka	X	X			X		
Six Sigma						X	X
5S			X	X	X		

Forrás: Saját szerkesztés

Jól látható, hogy az egyes lean módszerek konkrét vállalati veszteségforrásokat céloznak meg annak érdekében, hogy az operatív működés a lehető legmagasabb hatékonysági szint mellett valósuljon meg. Ez a holisztikus megközelítés, amely OHNO (1982) közreműködésével, a TPS alapjaira építve elsősorban a japán autógyártásban jelent meg, élesen elkülönül az egyéb, klasszikus menedzsment- és termelési módszerektől, mint például Frederick Winslow Taylor nevével fémjelzett taylorizmus vagy Henry Ford által kifejlesztett tömegtermelés. Míg ezek a

módszerek elsősorban a termelékenység növelésére és a költségek csökkentésére fókuszáltak, ezzel közvetetten hozzájárulva a profitmaximalizáláshoz, addig a 7 veszteség elvére épülő lean szemlélet egy komplex, a napi működésre fókuszáló módszertannak tekinthető, amely nem csupán a hatékonyság növelésére és a költségek csökkentésére irányul, hanem a folyamatok átfogó optimalizálására is. Bár a lean filozófia egyes alapelvei, elemei látszólag hasonlóságot mutathatnak olyan modern módszerekkel, mint az Egyesült Államokból származó agilis módszertan, Business Process Reengineering (BPR) vagy a klasszikus Six Sigma, fontos kiemelni, hogy ezek a módszerek különböző szemléletmódokat és célokat képviselnek. Míg a lean filozófia elsősorban a pazarlás csökkentésére és a folyamatos fejlesztésre összpontosít egy holisztikus megközelítés keretében, az agilis módszertan a rugalmasságot és a gyors alkalmazkodást helyezi előtérbe, a BPR a radikális újratervezésre törekszik, míg a Six Sigma a hibák minimalizálására és a folyamatok szigorú statisztikai ellenőrzésére összpontosít.

Az egyes modern menedzsmentmódszerek vélhetően közvetlen és közvetett módon is hatással voltak egymásra. A lean azonban a kezdetektől fogva jól definiált, önálló filozófiaként és módszertani keretként jelent meg, és a mai napig megőrizte koherens, rendszerszerű jellegét. Miközben számos vállalat beemelte elemeit más megközelítések mellé, a lean nem vált egy általános érvényű, ugyanakkor módszertanilag kevésbé körülhatárolható szemléletté. Továbbra is világosan körülhatárolható célrendszerrel, eszköztárral és működési logikával rendelkezik, így napjainkban is releváns és alkalmazható keretet biztosít a vállalati működés optimalizálásához és a folyamatos fejlesztés gyakorlati megvalósításához. (PRANAV 2020). Összefoglalásként elmondható, hogy amikor egy vállalatot lean szervezetként határozzuk meg, az egyszerre jelenti a hét veszteségforrás szisztematikus azonosítására és csökkentésére irányuló törekvést, valamint az ehhez szükséges konkrét lean módszerek és eszközök tudatos és szervezetszerű alkalmazását. A lean vállalat tehát nem azonos a pusztán hatékony vállalat fogalmával, és nem is egyszerűsíthető le egy-egy konkrét lean eszköz vagy megközelítés alkalmazására. Emellett nem használható szinonimaként más, látszólag hasonló menedzsmentmegközelítések helyett sem, mivel eltérő filozófiai alapokon nyugszik és sajátos célrendszerrel rendelkezik. Sokkal inkább egy olyan szervezeti működésmódot jelent, amely különféle módszerek egyidejű, szisztematikus és célorientált alkalmazásán alapul a veszteségek csökkentése, a folyamatok optimalizálása és a vevői érték folyamatos növelése érdekében.

A lean vállalat fogalma nemcsak operatív, hanem közgazdasági és szervezetelméleti szempontból is megalapozható. Az erőforrás alapú vállalatelmélet (Resource Based View, RBV) szerint a tartós versenyelőny olyan vállalati erőforrásokból és képességekből származik, amelyek értékesek, ritkák, nehezen másolhatók és hosszú távon is fenntarthatók (BARNEY 1991). A lean menedzsmenthez kapcsolódó szervezeti képességek, mint a folyamatos fejlesztés, a veszteségek szisztematikus csökkentése, a szabványosított folyamatok vagy a szervezeti tanulás, ilyen stratégiai erőforrásként értelmezhetők. Ennek megfelelően elméletileg is indokolható, hogy a lean működés nem csupán az operatív folyamatok hatékonyságát javítja, hanem hosszabb távon a vállalat pénzügyi teljesítményében is kimutatható eredményezhet.

A pénzügyi és számviteli mutatók alkalmazását a megbízó ügynök elmélet (Agency Theory) is alátámasztja. Az elmélet szerint a tulajdonosok és a menedzsment közötti információs aszimmetria miatt kiemelt jelentőségű az objektív, számszerűsíthető teljesítménymutatók alkalmazása, amelyek hozzájárulnak a vállalat működésének átláthatóbb értékeléséhez és az ellenőrzési funkciók erősítéséhez (JENSEN – MECKLING 1976). Ezzel összhangban a jelen kutatás is olyan nyilvánosan elérhető pénzügyi és számviteli KPI-okra épül, amelyek külső szereplők számára is objektív információt szolgáltatnak a vállalat működéséről. A fenti megközelítést a jelzéselmélet (Signalling Theory) szintén alátámasztja. Az elmélet szerint a

vállalatok pénzügyi kimutatásai és gazdálkodási mutatói fontos jelzéseket közvetítenek a külső érintettek felé a vállalat működésének minőségéről és várható teljesítményéről (SPENCE 1973). Amennyiben a lean menedzsment valóban hozzájárul a működési hatékonyság javításához, annak hatása idővel a nyilvánosan elérhető pénzügyi és számviteli adatokban is megjelenhet. Ez egyben elméleti alapot biztosít annak vizsgálatához, hogy a vállalatok lean teljesítménye objektív, külső forrásból származó pénzügyi információk felhasználásával is értékelhető.

3.7.2. Lean teljesítmény mérése pénzügyi és számviteli mutatókkal

A lean termelés és a vállalati teljesítmény közötti kapcsolatot az 1980-as évek óta vizsgálják, amióta az amerikai vállalatok először kezdték el alkalmazni a lean módszertant (YOUNG – SELTO 1991). Az 1990-es évek kutatásai arra rávilágították arra, hogy a lean bevezetése nemcsak az operatív teljesítményt javítja, hanem a pénzügyi teljesítményt is. Ugyanakkor ezeknek az empirikus vizsgálatoknak az eredményei részben vitathatóak, mivel többnyire leegyszerűsített modellekre épülnek, amelyek nem feltétlenül veszik figyelembe az ipárgspecifikus tényezőket. Továbbá a legtöbb tanulmány nem számol az endogenitás torzító hatásaival sem, így nem állapítható meg egyértelműen, hogy a javuló teljesítmény valóban a lean módszerek bevezetésének köszönhető-e, vagy más tényezők hatására következett be (HUSON – NANDA 1995).

Az első igazán jelentős kutatásban INMAN – Mehra (1992) 550 amerikai gyártóvállalat adatait elemezve arra a következtetésre jutottak, hogy a JIT rendszer bevezetése szignifikáns hatással van a pénzügyi teljesítményre. Javulást tapasztaltak a ROI mutatóban, emellett a szolgáltatások költségei és a teljes költségszint is csökkent. Hasonló eredményekre jutottak HUSON – NANDA (1995), akik 55 vállalatot vizsgálva kimutatták, hogy a JIT rendszert alkalmazó cégek csökkentették a munkaerő-ráfordítást, növelték a készletforgást, és javították a nyereségességet. BALAKRISHNAN et al. (1996) ugyanakkor 46 ipari vállalat adatai alapján arra jutottak, hogy a JIT bevezetése nem eredményezett szignifikáns változást a ROA mutatóban. Ezt az eredményt BIGGART (1997) is megerősítette saját kutatásában.

CALLEN et al. (2000) 100 kanadai gyártóvállalat adatai alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a JIT rendszerben történő gyártás nemcsak a költségek csökkenését, hanem a nyereségesség növekedését is elősegíti. Az általuk megfigyelt kapcsolatot más kutatók is megerősítették. Például KINNEY – WEMPE (2002) széleskörű irodalmi áttekintésük során hasonló eredményekre jutottak, rámutatva arra, hogy a JIT alkalmazása javítja a pénzügyi teljesítményt, különösen az olyan kulcsmutatók terén, mint az eszközarányos megtérülés (ROA), a profitmargó és az eszközforgás (ATO).

Jól látható tehát, hogy a lean menedzsment és a pénzügyi teljesítmény közötti kapcsolatot vizsgáló korai kutatások elsősorban az eszközhatékonysági és jövedelmezőségi mutatókra fókuszáltak, gyakran esettanulmányokra és szűk körű iparági megfigyelésekre építve. Ezek a vizsgálatok többnyire vegyes eredményeket hoztak, következtetéseik pedig csak korlátozott mértékben voltak általánosíthatók. A kutatásokat tovább nehezítette, hogy a korszak technológiai és számítási kapacitásai nem tették lehetővé nagymintás, kvantitatív elemzések elvégzését. Emellett az empirikus bizonyítékok is szórványosan álltak rendelkezésre, így a kutatók többnyire elméleti modellekre, kvalitatív megközelítésekre vagy szekunder forrásokra voltak kénytelenek támaszkodni. Mindez ahhoz vezetett, hogy a lean alapelveinek rendszerszintű, statisztikai alapon történő vizsgálata ugyan már korábban is megjelent, de csak a 2000-es évek technológiai fejlődésével és az adatelérhetőség bővülésével vált érdemben hatékonyabbá és empirikusan megalapozottabbá.

A lean rendszerek készletgazdálkodásra gyakorolt hatását emeli ki BIGGART – GARGEYA (2002) tanulmánya is, akik amerikai vállalatokat elemezve megállapították, hogy a JIT bevezetése jelentős mértékben csökkentette a készlet/árbevétel arányt, különösen az alapanyagkészletek szintjén volt kimutatható a változás. Ez az eredmény arra utal, hogy a lean és a JIT rendszerek nemcsak a költségek csökkentésében, hanem a készletgazdálkodás optimalizálásában is hatékony eszköznek bizonyulnak. Az elméleti következtetéseket gyakorlati adatok is megerősítik: FULLERTON et al. (2003) egy 253 vállalatból álló mintán végzett empirikus vizsgálatukban azt találták, hogy a JIT alkalmazása statisztikailag szignifikáns javulást eredményezett több pénzügyi mutató, különösen a ROS, ROA és CFL esetében.

CHEN et al. (2005) nagymintás empirikus vizsgálatukban, amely 7433 amerikai vállalat adataira épült, arra a következtetésre jutottak, hogy a készletek csökkentése nemcsak a működési hatékonyság növeléséhez járul hozzá, hanem a részvénytőkepiaci megítélést is kedvezően befolyásolja. Ez arra utal, hogy a lean szemlélet alkalmazása nem kizárólag a belső erőforrás-felhasználás és költséghatékonyság optimalizálására van hatással, hanem a vállalat piaci értékeltségét is képes pozitívan alakítani. Ugyanakkor ez az összefüggés a szakirodalomban mindeddig viszonylag kevés hangsúlyt kapott, különösen a kvantitatív empirikus vizsgálatok körében. Chenék megállapításait alátámasztja BOYD et al. (2006) kutatása is, amely szerint a JIT rendszer alkalmazása statisztikailag igazolható javulást eredményezett több pénzügyi mutató, például az EBITDA és a nettó eredmény, valamint a munkaerő-hatékonyság tekintetében.

A lean hatásait specifikus ágazatokban is alátámasztották. CUMBO et al. (2006) a faipari vállalatok körében vizsgálták a lean rendszer bevezetésének következményeit, és egyaránt jelentős javulást tapasztaltak a profitmargó, árbevétel, ROI és beszerzési költségek tekintetében. Ezek az eredmények rávilágítanak arra, hogy a lean implementációja szektorsemleges módon is hatékony lehet, ugyanakkor az iparági sajátosságok figyelembevételét sem hagyhatjuk figyelmen kívül. Ez különös jelentőséggel bír annak fényében, hogy a lean szemlélet pénzügyi teljesítményre gyakorolt hatását a szakirodalom jellemzően a klasszikus gyártóipar kontextusában vizsgálja, miközben az említett eset arra utal, hogy ez a hatás más ágazatokban is kimutatható lehet.

Hasonló következtetésre jutott SWAMIDASS (2007) is, aki nagymintás vizsgálatában megállapította, hogy az alacsonyabb készletszinttel rendelkező vállalatok jellemzően jobb pénzügyi teljesítményt mutatnak. Eredményei jól illeszkednek BHASIN (2008, 2011) modellalapú és vállalati adatokon alapuló kutatásaihoz, amelyek azt mutatják, hogy a lean bevezetése kedvezően hat a pénzügyi teljesítményre, különösen a ROCE és az EPS mutatók esetében. Fontos azonban megjegyezni, hogy a pozitív hatások nem minden esetben igazolhatók: JAYARAM et al. (2008) szerint a lean gyártásnak nem volt egyértelmű, statisztikailag szignifikáns hatása az általuk vizsgált vállalati teljesítménymutatókra, míg CANNON (2008) csupán minimális javulást tudott kimutatni. A JIT bevezetésének hatásai más kontextusban is vizsgálatra kerültek. KOUMANAKOS (2008) görög vállalatokon végzett kutatásában mérsékelte, de pozitív kapcsolatot talált a JIT alkalmazása és a nyereségesség között. Ezzel szemben CAPKUN et al. (2009) kifejezetten erős kapcsolatot azonosítottak a JIT bevezetése, valamint az EBIT és a bruttó nyereség mutatók javulása között. Érdekes szempontot hoz be EROGLU – HOFER (2011) tanulmánya, amely iparági eltérésekre hívja fel a figyelmet: szerintük a JIT hatása nem minden szektorban mutatható ki azonos mértékben, ami arra utal, hogy a környezeti és piaci sajátosságok jelentősen befolyásolhatják az eredményességet.

Az idő előrehaladtával a lean menedzsmenttel kapcsolatos empirikus kutatások földrajzi eloszlása is egyre diverzifikáltabb képet mutat, ami jól szemlélteti a módszertan nemzetközi alkalmazhatóságát és az eltérő gazdasági kontextusokban való értelmezésének lehetőségeit. AGUS – HAJINOOR (2012) malajziai gyártóvállalatokon végzett kutatása szignifikáns pozitív hatást mutatott ki a lean alkalmazása és a profit, piaci részesedés, ROA és ROS mutatók között. Hasonló eredményekre jutott CAMACHO-MIÑANO et al. (2012) is átfogó irodalmi áttekintésük során. Elemzésük középpontjában többek között az árbevétel, ROA, ROI, ITO, valamint különböző költségalapú mutatók álltak, amelyek kapcsán szintén számos pozitív összefüggést azonosítottak a lean implementációja és a pénzügyi teljesítmény javulása között.

Fontos kiemelni, hogy bár a 2010-es évekre már számottevő kutatás állt rendelkezésre a témában, a lean menedzsment pénzügyi teljesítményre gyakorolt hatását nem minden vizsgálat támasztotta alá egyértelműen. Ennek következtében a szakirodalomban egyre összetettebb és vegyesebb kép kezdett kirajzolódni. Ugyanakkor több tanulmány következetesen pozitív összefüggést mutat ki bizonyos mutatók tekintetében. KLINGENBERG (2013) az autóipari beszállító vállalatok körében nem találtak következetes kapcsolatot a lean módszerek és a kulcsmutatók között. Ennek ellenére REBELO et al. (2014), valamint FULLERTON et al. (2014) újabb empirikus adatokkal igazolták a lean és JIT rendszerek kedvező hatását az árbevételre, piaci részesedésre és nyereségességre. Eredményeik megerősítést nyertek több irodalmi áttekintés során is, például KOEIJER et al. (2014), valamint PAKDIL – LEONARD (2014) munkájában.

A 2010-es évek második felében megjelent tanulmányok tovább erősítették azt az empirikus megállapítást, miszerint a lean menedzsment rendszerek bevezetése kedvező hatással lehet a vállalatok pénzügyi teljesítményére. AFONSO – CABRITA (2015), valamint ALHURAISH et al. (2016) kutatásai statisztikailag szignifikáns pozitív összefüggéseket azonosítottak a lean implementációja és olyan pénzügyi mutatók javulása között, mint a ROA, ROI, ROS, valamint a profitnövekedés és a költségcsökkenés. Ezt a tendenciát megerősíti KROES – MANIKAS (2018) nagymintás empirikus elemzése is, amelyben a szerzők kimutatták, hogy a lean gyakorlati alkalmazása nemcsak a megtérülési mutatók, különösen a ROA, javulásával áll kapcsolatban, hanem pozitív hatást gyakorolt a részvényhozamokra is. Ez arra utal, hogy a lean gyakorlatok a vállalatok piaci értékének alakulásában is szerepet játszhatnak, ezzel megerősítve CHEN et al. (2005) erre vonatkozó korábbi megállapítását.

A legfrissebb vizsgálatok tovább árnyalják a szakirodalmi képet, ugyanakkor megerősítik a lean rendszerek pénzügyi teljesítményre gyakorolt pozitív hatásával kapcsolatos empirikus megállapításokat. SWARNAKAR et al. (2020), NARAYANAN et al. (2021), valamint MANIKAS et al. (2021) és SARWAR et al. (2022) különböző iparágakban, például az autóiparban, egészségügyben vagy a légkondicionáló-gyártásban, vizsgálták a lean hatásait. Kutatásaik szerint a lean bevezetése javította a vállalatok piaci részesedését, jövedelmezőségét, ROA mutatóját és csökkentette a tőkeköltségeket, ami a módszertan gyakorlati relevanciáját is megerősíti. NANDIALATH et al. (2023) szintén pozitív kapcsolatot figyeltek meg a vállalati lean szint és a ROA között, ráadásul nemlineáris összefüggés formájában, amelyet egy újonnan kidolgozott mutatóval (NELI) és gépi tanulási módszerrel (KRLS) igazoltak.

BAIDOC – BACALI (2024) tanulmányukban kimutatták, hogy a lean módszerek és az Ipar 4.0 technológiák teljes körű integrációja a román autóipari szektorban szignifikáns javulást eredményezett a vállalati pénzügyi teljesítményben, különösen a ROA mutató tekintetében. Ezzel szemben MILEWSKA – MILEWSKI (2025) kutatása a lean menedzsment válsághelyzetekben történő alkalmazását vizsgálta, a módszer hatását olyan pénzügyi teljesítménymutatók, mint a COGS, az árbevétel és a profit, alapján értékelve. Eredményeik

alapján bizonyos vállalatok esetében valóban kimutatható volt a lean pozitív hatása, ugyanakkor az összkép továbbra is heterogén maradt. Mindez arra utal, hogy a lean hatékonysága elsősorban a gyakorlati megvalósítás módjától és a vállalatot érintő környezeti tényezőktől függ, és nem minden esetben jár együtt a pénzügyi teljesítmény javulásával.

Jól látható tehát, hogy a szakirodalom alapján a lean menedzsment és a kapcsolódó módszerek bevezetése számos esetben kedvezően hat a vállalati pénzügyi teljesítményre, ugyanakkor az eredmények nem minden esetben egyértelműek. Több kutatás is hangsúlyozza, hogy a lean hatékonysága nagymértékben függ az iparági sajátosságoktól, a gyakorlati megvalósítás módjától, valamint attól, hogy a rendszer mennyire illeszkedik a vállalat konkrét működési környezetéhez. Bár számos tanulmány pozitív kapcsolatot azonosított, akadnak olyan kutatások is, amelyek nem találtak szignifikáns összefüggést. Az utóbbi évek vizsgálatai ugyanakkor egyre inkább rámutatnak arra, hogy a lean rendszerek és a modern technológiák, különösen az Ipar 4.0 megoldások, integrációja tovább erősítheti a pénzügyi előnyöket. A lean menedzsment pénzügyi hatásait vizsgáló empirikus kutatásokban alkalmazott főbb KPI-kat és az azok alapján levont következtetéseket a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat: A szakirodalmi áttekintés során vizsgált mutatók és a lean pénzügyi hatásaira vonatkozó következtetések

Évszám	Szerző	Releváns KPI	Eredmény
1992	Inman – Mehra	ROI, teljes költség	Pozitív pénzügyi hatás
1995	Huson – Nanda	Árbevétel, egy alkalmazottra jutó árbevétel, ITO, egységköltségek, üzemi nyereség, EPS	Pozitív pénzügyi hatás
1996	Balakrishnan et al.	ROA, ITO	Nincs szignifikáns hatás
1997	Biggart	ROA	Nincs szignifikáns hatás
2000	Callen et al.	Profitmarzs, fedezeti hányad, teljes költség	Pozitív pénzügyi hatás
2002	Kinney – Wempe	ROA, profitmarzs, ATO	Pozitív pénzügyi hatás
2002	Biggart – Gargeya	Készlet/árbevétel arány (teljes, alapanyag, félkész, késztermék)	Pozitív pénzügyi hatás
2003	Fullerton et al.	ROS, ROA, CFL	Pozitív pénzügyi hatás
2005	Chen et al.	Készlet/eszköz arány, készletforgási idő, Tobin Q, P/B mutató, részvényhozam	Pozitív pénzügyi hatás
2006	Boyd et al.	Nettó árbevétel, bruttó nyereség, EBITDA, EBT, nettó eredmény, ATO, ROA, ITO, munkaerő-hatékonyság, CROA	Pozitív pénzügyi hatás
2006	Cumbo et al.	profitmarzs, árbevétel	Pozitív pénzügyi hatás

2006	Ray et al.	profitmarzs, árbevétel, ROI, beszerzési költség	Pozitív pénzügyi hatás
2007	Swamidass	Készlet/árbevétel arány	Pozitív pénzügyi hatás
2008	Bhasin	Adózott eredmény, ROCE, likviditási mutató, EPS	Pozitív pénzügyi hatás
2008	Jayaram et al.	Adózás előtti ROA, ROI, ROS	Nincs szignifikáns hatás
2008	Cannon	ROA, ROI, Tobin Q, MVA	Nincs szignifikáns hatás
2008	Koumanakos	Bruttó profitmarzs, nettó üzemi profitmarzs	Pozitív pénzügyi hatás
2009	Capkun et al.	EBIT, bruttó nyereség	Pozitív pénzügyi hatás
2011	Bhasin	Nyereség, EPS, likviditási mutató, ROCE	Pozitív pénzügyi hatás
2011	Eroglu – Hofer	Eszközállomány, árbevétel, összes készlet, növekedési ráta, ROS, ROA, ITO	Pozitív pénzügyi hatás
2012	Agus – Hajinoor	Profit, piaci részesedés, ROA, ROS	Pozitív pénzügyi hatás
2012	Camacho–Miñano et al.	Árbevétel, nettó profit, ROA, ROS, ROI, ITO, teljes költség	Pozitív pénzügyi hatás
2013	Klingenberg et al.	ITO, I/C, ROA, ROE, BEP, ATO, profitmarzs	Nem konzisztens hatás
2014	Rebelo et al.	Profitmarzs, árbevétel	Pozitív pénzügyi hatás
2014	Fullerton et al.	Nettó árbevétel, ROA, jövedelmezőség, piaci részesedés	Pozitív pénzügyi hatás
2014	Koeijer et al.	Árbevétel, ROI	Pozitív pénzügyi hatás
2014	Pakdil – Leonard	Nettó nyereség	Pozitív pénzügyi hatás
2015	Afonso – Cabrita	Profit, ROA, ROI, ROS	Pozitív pénzügyi hatás
2016	Alhuraish et al.	Profit, költség	Pozitív pénzügyi hatás
2018	Kroes – Manikas	ROA, váratlan részvényhozam	Pozitív pénzügyi hatás
2020	Swarnakar et al.	Piaci részesedés, jövedelmezőség, tőkeköltség	Pozitív pénzügyi hatás
2021	Narayanan et al.	ROA, bevétel, költség	Pozitív pénzügyi hatás
2021	Manikas et al.	ROA	Pozitív pénzügyi hatás

2022	Sarwar et al.	ROI, egységnyi bérköltség	Pozitív pénzügyi hatás
2023	Nandialath et al.	ROA	Pozitív pénzügyi hatás
2024	Baidoc – Bacali	ROA	Pozitív pénzügyi hatás
2025	Milewska – Milewski	COGS, árbevétel, profit	Nem konzisztens hatás

Forrás: Saját szerkesztés

A szakirodalom áttekintés alapján továbbá az is megállapítható, hogy a lean menedzsment és a vállalati pénzügyi teljesítmény kapcsolatát vizsgáló kutatások száma az elmúlt három évtizedben folyamatosan növekedett. A korai empirikus vizsgálatok elsősorban hagyományos pénzügyi és számviteli mutatókra, például a készletforgási sebességre, a jövedelmezőségi mutatókra és a megtérülési rátákra koncentráltak, míg a későbbi kutatások egyre összetettebb KPI rendszereket, többváltozós statisztikai modelleket, gépi tanulási algoritmusokat és döntéstámogató módszereket alkalmaztak. Ez arra utal, hogy a lean teljesítmény értékelése az egyszerű pénzügyi mutatók alkalmazásától fokozatosan a komplex, multidimenziós modellek irányába mozdult el. Ezt a fejlődést nagymértékben elősegítette a számítástechnikai kapacitások növekedése, valamint a fejlettebb statisztikai, gépi tanulási és döntéstámogató módszerek szélesebb körű elterjedése.

Az empirikus eredmények ugyanakkor nem tekinthetők teljes mértékben konzisztensnek. Az egyes kutatások eltérő következtetései részben a vizsgált iparágak különbségeiből, az alkalmazott KPI készletek eltérő összetételéből, a különböző mintanagyságokból, valamint a lean működés eltérő operacionalizálásából adódhatnak. Emellett az endogenitás lehetősége sem hagyható figyelmen kívül, mivel nem zárható ki, hogy a magasabb pénzügyi teljesítmény önmagában is elősegíti a lean módszerek sikeresebb alkalmazását, így az ok okozati kapcsolat bizonyos esetekben kétirányú lehet. Mindez indokolja olyan objektív és reprodukálható értékelési modellek fejlesztését, amelyek egységes módszertani keretben képesek kezelni ezeket a különbségeket.

Az elmúlt években a fuzzy logikára épülő modellek alkalmazása is egyre hangsúlyosabbá vált a lean szakirodalomban. A legújabb kutatásokban alkalmazott fuzzy modellek elsősorban a lean bevezetésének kritikus sikertényezőit, a szervezeti akadályokat, a digitalizációt támogató lean képességeket, valamint a kockázatok és veszteségek értékelését vizsgálják (SILVA et al. 2026; ALMAKAYEEL et al. 2026; IBRAHIM 2026; KHEIRKHAH et al. 2026). Ezek a kutatások jelentősen hozzájárultak a fuzzy alapú lean döntéstámogatási módszertan fejlődéséhez, ugyanakkor az alkalmazott modellek túlnyomórészt szakértői értékelésekre, kérdőíves felmérésekre vagy egyedi esettanulmányokra épülnek. Ennek megfelelően a lean teljesítményt elsősorban a vállalati működés belső jellemzői és szakértői megítélések alapján értékelik, nem pedig a nyilvánosan elérhető pénzügyi és számviteli adatok objektív elemzésén keresztül.

Megállapítható tehát, hogy a lean teljesítményértékelés kutatása két, egymástól módszertanában és szemléletmódjában is elkülönülő irányban fejlődött. Ez a kettősség egyben magyarázatot ad arra is, hogy a szakirodalomban miért nem alakult ki mindmáig egységes, általánosan alkalmazható lean teljesítményértékelési keretrendszer. Míg a hagyományos, KPI-alapú megközelítések elsősorban a pénzügyi és számviteli mutatók objektív statisztikai elemzésére épülnek, addig a fuzzy alapú modellek a lean működéshez kapcsolódó, nehezebben számszerűsíthető tényezők értékelésére helyezik a hangsúlyt. A szakirodalom alapján ugyanakkor e két megközelítés integrációja továbbra is korlátozott, mivel egyidejűleg igényli a

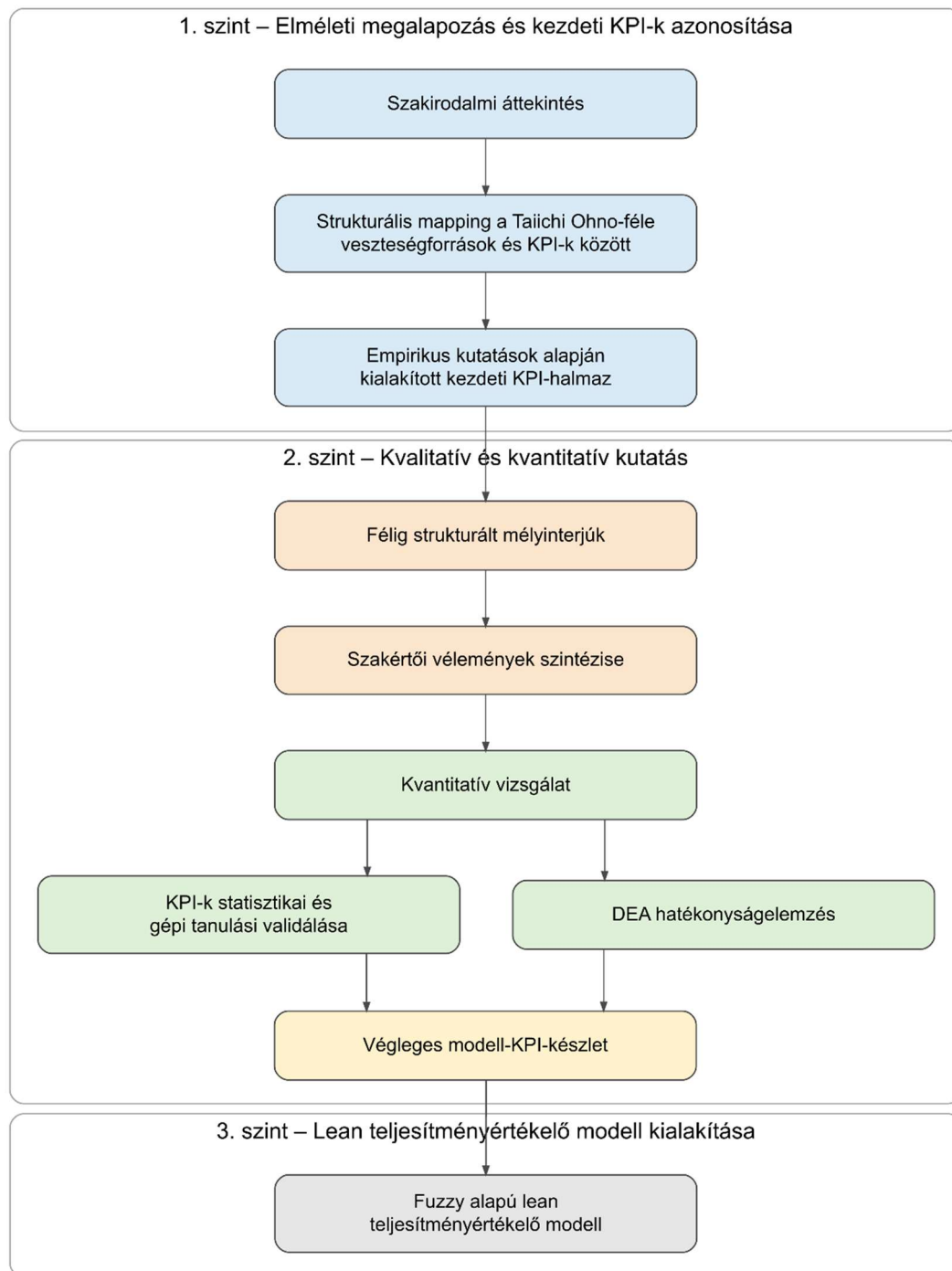
hagyományos pénzügyi és statisztikai elemzések objektivitását, valamint a lean sajátosságaiból fakadó, gyakran szubjektív vagy nehezen operacionalizálható tényezők számszerűsíthető kezelését. Ennek következtében a lean teljesítmény komplex és átfogó értékelésének módszertani kérdései továbbra sem tekinthetők teljes körűen megoldottnak.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. Kvantitatív módszertan

Kutatásom során arra törekedtem, hogy holisztikus szemléletet követve a kvalitatív és kvantitatív kutatási módszertant egyaránt integráljam. Ez a többdimenziós megközelítés nem csupán a kutatási kérdés komplexitása miatt bizonyult indokoltnak, hanem módszertani szempontból is megalapozott döntés volt. A kvantitatív kutatás alkalmazása lehetővé teszi a jelenségek objektív, statisztikai alapú vizsgálatát, az oksági kapcsolatok feltárását, valamint az általánosítható következtetések levonását (CRESWELL 2014). A kvalitatív megközelítés ezzel szemben lehetőséget biztosít a vállalati gyakorlat, a controllingrendszerek és a lean módszerek közötti összefüggések mélyebb feltárására, valamint olyan összefüggések azonosítására, amelyek kizárólag számszerű adatok alapján nehezebben ragadhatók meg. A két megközelítés együttes alkalmazása ezáltal lehetőséget teremt az elméleti, gyakorlati és empirikus szempontok egymásra épülő érvényesítésére. A lean menedzsment és a controlling rendszerek kapcsolatának vizsgálata szempontjából különösen fontos volt egy olyan struktúrált, számszerűsíthető értékelési keret kialakítása, amely képes integrálni a pénzügyi és számviteli mutatókat a vállalati hatékonyság mérésébe. Ennek megfelelően a kutatás módszertani felépítése az elméleti megalapozástól és a potenciális mutatók azonosításától azok többoldalú validálásán keresztül a végső teljesítményértékelő modell kialakításáig halad. A kutatás teljes módszertani felépítését és az egyes kutatási szakaszok egymásra épülését az 1. ábra szemlélteti.

A kutatási folyamat három, egymásra épülő módszertani szintből áll. Az első szint az elméleti megalapozást és a potenciálisan releváns KPI-k azonosítását szolgálja. A szakirodalmi áttekintés, a Taiichi Ohno-féle veszteségforrások és a pénzügyi-számviteli mutatók közötti strukturális kapcsolat feltárása, valamint a korábbi empirikus eredmények szintetizálása biztosítja, hogy a kezdeti KPI-halmaz elméletileg megalapozott módon kerüljön kialakításra. Ez azért lényeges, mert a későbbi empirikus vizsgálatokhoz olyan mutatókra van szükség, amelyek lean teljesítménnyel való kapcsolata elméletileg is indokolható, és kiválasztásuk nem pusztán statisztikai relevancián alapul. A második szint az így azonosított mutatók kvalitatív és kvantitatív validálását foglalja magában. A félig strukturált szakértői mélyinterjúk a vállalati controlling- és teljesítményértékelési gyakorlat, az alkalmazott lean módszerek, valamint az ezekhez kapcsolódó KPI-k közötti összefüggések feltárását szolgálják, ezzel támogatva a modell szempontjából releváns mutatók körének pontosítását, míg a statisztikai és gépi tanulási módszerek azok empirikus elkülönítő képességét értékelik. Ezt egészíti ki a DEA, amely input-output szemléletben, a relatív működési hatékonyság oldaláról vizsgálja a lean teljesítményt. Ennek módszertani jelentősége, hogy az egyes KPI-k elkülönítő képességének vizsgálatán túl azok együttes hatékonysági összefüggéseit is értékelhetővé teszi, vagyis azt, hogy a vállalatok milyen hatékonyan alakítják át erőforrásaikat gazdasági teljesítménnyé. A különböző módszerek eredményei alapján határozható meg a végleges modell-KPI-készlet. A harmadik szint erre építve a validált KPI-k integrálását és a lean teljesítményértékelő modell kialakítását valósítja meg. A fuzzy logika lehetővé teszi a lean teljesítmény fokozatos, nem bináris jellegének kezelését és a különálló KPI-k egyetlen aggregált teljesítményértékbe történő integrálását. Erre azért van szükség, mert a végső cél nem az egyes mutatók önálló értékelése, hanem azok egységes lean teljesítménymodellben történő szintetizálása.



1. ábra: A kutatás módszertani felépítése és a modellfejlesztés folyamata

Forrás: Saját szerkesztés

Noha a lean szemlélethez kapcsolódó szakirodalom a kvantitatív vizsgálatok szintjén viszonylag gazdagnak tekinthető, ezek többsége elsősorban részterületekre, elszigetelt indikátorokra vagy specifikus iparági kontextusokra fókuszál. Hiányoznak ugyanakkor azok az átfogó, rendszerszintű elemzések, amelyek többféle teljesítménymutatót integrálva képesek értelmezni a lean gyakorlat és a vállalati eredményesség közötti kapcsolatot (SHAH – WARD 2007). A kvantitatív kutatás célja tehát nem csupán az ismert módszerek és modellek alkalmazása volt, hanem egy olyan többdimenziós, elméletileg és empirikusan is megalapozott rendszer kialakítása, amely lehetővé teszi a lean szemlélet eredményességének mérését

pénzügyi-számviteli adatok tükrében. A kvantitatív módszertan előnye, hogy standardizált, reprodukálható eljárásokon keresztül biztosítja az eredmények megbízhatóságát és érvényességét (BABBE 2020). Emellett lehetőséget nyújt a hipotézisek tesztelésére, a változók közötti szignifikáns összefüggések kimutatására, valamint prediktív modellek építésére, amelyek révén pontosabb előrejelzések és döntéstámogatási lehetőségek válnak elérhetővé (HAIR et al. 2010). A kvantitatív elemzés során tehát olyan mérhető dimenziók mentén értelmeztem a lean működést, amelyek hozzájárulnak a gyakorlatban is alkalmazható, teljesítményértékelő modell megalapozásához.

A kutatás során alkalmazott kvantitatív módszerek, köztük a logisztikus regresszió, a gépi tanulási algoritmusok és a Data Envelopment Analysis, nemcsak a vállalatok közötti teljesítménykülönbségek feltárását szolgálták, hanem lehetővé tették a kvalitatív eredmények statisztikai megerősítését is. A módszertani eszköztárat egy fuzzy logikai modellel is kiegészítettem, amely különösen alkalmas volt a lean teljesítmény értékelésére olyan kontextusban, ahol a vizsgált változók hatása nem élesen elválasztható, hanem fokozatos átmeneteket és bizonytalanságot tükröz. A fuzzy megközelítés segítségével lehetőség nyílt az olyan összetett vállalati jellemzők finomabb értelmezésére is, amelyek nehezen illeszthetők a hagyományos statisztikai logikába. A különböző kvantitatív módszerek és a kvalitatív eredmények párhuzamos alkalmazása nemcsak a vizsgálati eredmények triangulációját biztosította, hanem hozzájárult a kutatás tudományos megalapozottságához és gyakorlati relevanciájához is (JICK 1979).

A kvantitatív módszertan szerepe nem merült ki az adatok elemzésében, hanem aktívan hozzájárult a kutatás elméleti modelljének validálásához, a hipotézisek teszteléséhez és a vizsgálati eredmények tudományos megalapozásához. A különböző kvantitatív eszközök, ideértve a statisztikai, gépi tanulási és fuzzy logikai megközelítéseket, lehetőséget teremtettek a lean teljesítmény többdimenziós értelmezésére, valamint az összefüggések egzakt módon történő feltárására. A strukturált, adatalapú megközelítés különösen indokoltá vált olyan környezetben, ahol a lean szemléletű működés eredményessége nem pusztán folyamatok szintjén, hanem pénzügyi és számviteli teljesítményben is tetten érhető, és ezáltal mérhetővé és összehasonlíthatóvá válik.

4.1.1. Irodalmi áttekintés a KPI-ok meghatározására

Annak érdekében, hogy minél pontosabb és célirányosabb modellt tudjak kialakítani, a kutatás első lépéseként metaanalízis jellegű irodalmi áttekintést végeztem. A vizsgálat során olyan tanulmányokat gyűjtöttem össze és elemeztem, amelyek elsődlegesen a lean módszertanok pénzügyi és számviteli teljesítményre gyakorolt hatását vizsgálták. A releváns publikációk felkutatása elsősorban a Scopus, a Web of Science és a Google Scholar adatbázisokban, a „lean performance”, „lean manufacturing”, „financial performance”, „financial ratios”, „accounting metrics”, „key performance indicators (KPI)” és „lean accounting” kulcsszavak, illetve azok kombinációinak alkalmazásával történt. Az áttekintés során összesen 37 nemzetközi publikáció eredményeit dolgoztam fel, amelyek az 1992 és 2025 közötti időszakot ölelték fel, így 33 éves időtávot fednek le. Az elemzés során rendszerezem és értékelem a pénzügyi-számviteli KPI-okat, majd kiválasztom azokat, amelyek a lean módszertanok alkalmazásával leggyakrabban összefüggést mutatnak.

Fontos kiemelni, hogy a szakirodalomban a pénzügyi és lean teljesítmény közötti kapcsolat mérése jellemzően előre meghatározott mutatók mentén történt, azonban nagyon ritkán fordult elő, hogy a vizsgált mutatókat tényezőkre bontva, részletesen próbálták volna összekapcsolni a lean alapját képező, OHNO (1982) által meghatározott veszteségforrásokkal. Az egyes KPI-ok értékelése után tehát nem csupán a szakirodalomban leggyakrabban használt, releváns

mutatókat válogatom össze, hanem azokat tényezőkre bontva, a számviteli és pénzügyi jelentéstartalmuk alapján rendelem hozzá az egyes, OHNO (1982) által megfogalmazott veszteségforrásokhoz. Ezzel egy olyan új és egységes mutatószámhalmazt hozok létre, amely nemcsak az empirikus kutatások alapján releváns a lean teljesítmény mérésében, hanem a lean módszerek alkalmazása révén az operatív működésből eredő pénzügyi és számviteli hatásokkal is alátámasztott.

Az irodalmi áttekintés legfőbb célja, a releváns szakirodalom feldolgozásán és a korábbi kutatási eredmények értékelésén túl az, hogy megalapozza a későbbi matematikai és statisztikai modellek kidolgozását. A tanulmányok elemzése során kirajzolódó összefüggések és a gyakran vizsgált mutatók rendszerezése lehetőséget teremt arra, hogy a továbbiakban egy célzott, empirikus adatokon alapuló modellalkotás történjen. A kialakított KPI-halmazt szintetizáltam a kvalitatív mélyinterjúk során feltárt, vállalati gyakorlatból származó mutatókkal, így biztosítva a modell elméleti megalapozottságát és gyakorlati relevanciáját. Ennek eredményeként olyan kvantitatív eszköztár építhető fel, amely képes pontosan megragadni a lean módszertanok pénzügyi és számviteli hatásait, és lehetővé teszi, hogy a vállalatok lean teljesítményét megbízható és objektív módon vessük össze egymással.

4.1.2. Statisztikai és DEA modellalkotás

A releváns KPI-ok kiválasztását és azok lean alapelvekhez való kapcsolását követően különböző statisztikai vizsgálatokat végeztem annak érdekében, hogy egy adott mintán belül validáljam az irodalmi áttekintés során relevánsnak tekintett mutatók robusztusságát és megbízhatóságát. Mivel a lean filozófia és a kapcsolódó módszerek leginkább a szekunder szektorra, azon belül is kifejezetten a gyártási szektor különböző alszektoraiba jellemzők, ezért a modellalkotás során az autógyártó szektor vállalatira koncentráltam. Érdekes megjegyezni, hogy a témához szorosan kapcsolódó empirikus kutatások is főként a szekunder, gyártói szektorra, gyakran konkrétan az autópárra, koncentrálnak, amely tovább erősíti az elemzési fókusz relevanciáját, és alátámasztja a vizsgált szektor kiválasztásának indokoltságát a lean teljesítményértékelési modell kialakítása során.

Az iparág-specifikus mérési megközelítésnek egyaránt vannak előnyei és hátrányai, ugyanakkor jelen kutatás esetében elsősorban a lean módszertanok sajátos jellege, például a készletmenedzsment, valamint a globális ellátási láncok működésével kapcsolatos folyamatok, indokolják az iparági fókusz alkalmazását. Az azonos szektorban működő vállalatok jellemzően hasonló működési feltételek, piaci kihívások és iparági normák mentén tevékenykednek, ami lehetővé teszi az összehasonlítások nagyobb pontosságát és relevanciáját. Ezen felül az egyes iparágakban eltérő, specifikus teljesítménymutatók és KPI-ok tekinthetők relevánsnak, amelyek érzékenyebben tükrözik a lean elvek gyakorlati érvényesülését. Továbbá, ha az adatgyűjtés és az adatfeldolgozás egy jól körülhatárolt szektorra összpontosul, az vizsgálati szempontból célirányosabbá és hatékonyabbá válik, amely megalapozottabb, megbízhatóbb és precízebb modellezést tesz lehetővé.

Az elemzés alapjául tőzsdén jegyzett vállalatok pénzügyi beszámolóit szolgálnak, mivel ezek strukturált, összehasonlítható, auditált adatokat biztosítanak a vállalatok pénzügyi teljesítményéről. A beszámolók letöltéséhez a Financial Modeling Prep (FMP) weboldal adatbázisát vettem igénybe, amely egy megbízható és széles körben használt forrás a pénzügyi és tőkepiaci elemzésekhez. Az FMP adatbázisa valós idejű és historikus részvényárfolyam-adatok mellett átfogó információt nyújt a vállalati pénzügyi kimutatásokról, valamint a legfontosabb tőzsdeindexek alakulásáról is. Külön értéket jelent az adatbázis szempontjából, hogy az elmúlt harminc évre visszamenőleg is biztosít hozzáférést a vállalatok éves és negyedéves beszámolóihoz, így lehetőséget nyújt hosszú távú idősoros elemzések elvégzésére

is. A beszámolók az adott tőzsdei szabályozási környezet függvényében jellemzően US GAAP vagy IFRS sztenderdek szerint készültek, ami biztosítja az adatok nemzetközileg elfogadott keretrendszeren belüli összehasonlíthatóságát. A modellezési folyamat során mind a mérlegben, mind az eredménykimutatásban található pénzügyi mutatókat felhasználom, annak érdekében, hogy komplex és megalapozott képet alkothassak a vállalatok gazdálkodásáról, valamint azok lehetséges kapcsolódásairól a lean menedzsment alapelveihez.

Az alkalmazott modellek esetében a mintavétel során visszamenőlegesen egészen az 1994-es pénzügyi beszámolóig terjedő adatokat használok fel. Ezzel a módszerrel célom az, hogy kiküszöböljem az elemzések során gyakran előforduló időtávból fakadó torzításokat, melyek egyrészt a túl rövid vizsgálati periódus miatt fellépő statisztikai instabilitásból, másrészt a túl hosszú időszakra visszatekintő adatsorok esetén jelentkező makrogazdasági változások és iparági átglyűrűző hatások (ún. spillover effects) miatt jelentkezhetnek. A vizsgálatba bevont időszak így közel három évtizedet ölel fel, és mintegy 120 negyedéves pénzügyi beszámolót tartalmaz, figyelembe véve azt is, hogy a 2024-es pénzügyi év lezárása a dolgozatban alkalmazott modellek véglegesítésének időpontjában még nem történt meg. Különösen fontos, hogy ez az időszak magában foglalja a 2020-as Covid-19 járvány okozta gazdasági sokk és helyreállítás hatásait. A járvány jelentős zavart idézett elő a lean filozófia egyik alappilléret jelentő globális ellátási láncokban, ami közvetlenül érintette a lean gyártási folyamatokat követő vállalatokat is. Emellett az időszakban több jelentős válság is történt, mint például az 1997-1998-as ázsiai pénzügyi válság, a 2000-es évek eleji dot-com lufi kipukkanása, valamint a 2007-2008-as globális pénzügyi válság, amely világszerte gazdasági recesszióhoz vezetett. Az ezt követő európai adósságválság (2010-2014) tovább fokozta az instabilitást, majd a Covid-19 világjárvány és a 2022-ben kezdődő orosz-ukrán háború újabb gazdasági kihívásokat hozott, mint például az energiaválság és az inflációs válság. Kijelenthető tehát a vizsgált időszak igen heterogén; egyaránt foglal magában gazdasági konjunktúrát, stagnációt és recessziót is. Ez a változatosság elősegítheti, hogy az egysíkú, túlzottan feszes vagy laza piaci körülmények ne okozzanak torzítást a vállalati lean és pénzügyi teljesítmény közötti regresszió mérésében.

A teljesítményértékelő modell megalkotásához első lépésként olyan autógyártó vállalatok csoportját azonosítom, amelyek több évtizedes tapasztalattal rendelkeznek a lean módszerek alkalmazásában, amit a szakirodalmi kutatások és esettanulmányok is alátámasztanak. Ezek a vállalatok úttörő szerepet játszottak a lean módszerek bevezetésében az autógyártás területén. A modellezés során tehát ezen vállalatok szolgálnak viszonyítási pontként, amelyekhez képest a többi autógyártó vállalat teljesítményét hasonlítjuk. Közös jellemzőjük, hogy bizonyítottan több évtizede alkalmazzák a lean módszereket. Ezek a vállalatok 1 értékű bináris változót kapnak ($\text{lean} = 1$) a modellben, jelezve, hogy ők szolgálnak benchmarkként. A vizsgálathoz kijelölt lean benchmarkvállalatokat és az esetükben dokumentált lean módszereket az 5. táblázat foglalja össze.

5. táblázat: A vizsgálathoz kijelölt lean benchmark vállalatok és az általuk alkalmazott lean módszerek

Vállalat	Ticker	Lean bevezetése	Alkalmazott lean módszerek
Toyota Motor Corporation	7203.T	1930-40-es évek	Kaizen, Just-in-Time (JIT), Jidoka, Heijunka, 5S (PRANAV 2020)
Ford Motor Company	F	80-as évek vége	Just-in-Time (JIT), Kaizen, Six Sigma (PRANAV 2020) (BAYOU – KORVIN 2008)
General Motors Company	GM	80-as évek vége	Just-in-Time (JIT), Kaizen, Six Sigma (BAYOU – KORVIN 2008)
Honda Motor Corporation	7267.T	80-as évek eleje	Kaizen, Just-in-Time (JIT), Jidoka (BAYOU – KORVIN 2008)
Subaru Corporation	7270.T	80-as évek vége	Kaizen, Just-in-Time (JIT), Jidoka (LEVINSON 2013)
Nissan Motor Corporation	7201.T	80-as évek vége	Kaizen, Just-in-Time (JIT), Jidoka (WICKENS 2017)
Mitsubishi Motors Corporation	7211.T	80-as évek vége	Kaizen, Just-in-Time (JIT) (BRUNO – JORDAN 2002)
Mazda Motor Corporation	7261.T	90-es évek eleje	Kaizen, Just-in-Time (JIT) (BABSON 1993)
Hyundai Motor Company	005389.KS	90-es évek vége	Kaizen, Just-in-Time (JIT), Six Sigma (LEE – JO 2007)

Forrás: Saját szerkesztés

A lean módszereket alkalmazó autógyártók csoportjával szemben létrehozott kontrollcsoport olyan vállalatokat foglal magában, amelyekről sem lean összehasonlító esettanulmányokban, sem vállalati közleményekben nincs egyértelmű bizonyíték arra, hogy az OHNO (1982) által meghatározott 7 veszteség elvébe illeszthető lean módszereket alkalmaznának. Ezzel nem zárjuk ki annak lehetőségét, hogy ezek a vállalatok alkalmaznak bizonyos lean elemeket, azonban azt indirekt módon feltételezzük, hogy a vállalati értékláncban a napi működést elsősorban nem a lean filozófia határozza meg. A kontrollcsoport igen heterogén, magában foglal prémium és alsóbb szegmensekhez tartozó autógyártókat, valamint újabb és régebbi piaci szereplőket is.

A csoportban szerepelnek fiatalabb, főként elektromos autók gyártására specializálódott vállalatok is, mint például a Tesla és a BYD. A kutatás célja annak vizsgálata, hogy a deklaráltan évtizedek óta lean módszereket alkalmazó vállalatokhoz képest a függetlenül összeállított minta mutat-e szignifikáns eltéréseket a szakirodalomban alkalmazott KPI-ok alapján. A kontrollcsoport kialakítása nem azon a feltételezésen alapul, hogy a benne szereplő vállalatok bizonyítottan nem alkalmaznak lean módszereket, hanem azon, hogy esetükben a szakirodalom és a nyilvánosan elérhető források alapján nem áll rendelkezésre olyan

egyértelmű és hosszú távon dokumentált bizonyíték, amely indokolná benchmarkvállalatként történő kezelésüket. Ennek megfelelően a kontrollcsoportba olyan vállalatok is bekerülhettek (például a Renault vagy a BMW), amelyek esetében egyes lean eszközök vagy módszerek alkalmazása nem zárható ki, azonban a szakirodalom nem sorolja őket a Toyota, Honda vagy Nissan vállalatokhoz hasonló, több évtizede dokumentált lean benchmarkok közé. Ennek megfelelően nem kerül megállapításra, hogy e vállalatok leannek vagy nem leannek tekinthetők, csupán az, hogy empirikus kutatási eredmények hiányában nem igazolható több évtizedes, dokumentált lean gyakorlatuk. Ezek a vállalatok 0 értékű bináris változót kapnak (lean = 0), jelezve, hogy kontrollcsoportként szolgálnak a lean benchmark vállalatokkal történő összehasonlításhoz. A vizsgálathoz kijelölt kontrollcsoport vállalatait a 6. táblázat mutatja be.

6. táblázat: A vizsgálathoz kijelölt kontrollcsoport vállalatai

Vállalat	Ticker
Stellantis N.V.	STLA
Ferrari N.V.	RACE
BYD Company Limited	BYDDF
Tesla Inc.	TSLA
Renault SA	RNO.PA
Mercedes-Benz Group AG	MBG.DE
BMW	BMW.DE
Volvo Car AB	VOLCAR-B.ST

Forrás: Saját szerkesztés

Bár a vizsgálat vállalati szinten 17 autógyártóra épül, ez tudatos módszertani döntés volt, mivel a kutatás célja nem egy általános vállalati osztályozó modell kialakítása, hanem egy benchmark-alapú lean teljesítményértékelő modell fejlesztése, amely igazoltan több évtizedes lean tapasztalattal rendelkező autógyártó vállalatok és egy független kontrollcsoport összehasonlítására épül. A vizsgálati minta bővítése további, a lean módszerek alkalmazása szempontjából kevésbé egyértelmű vállalatok bevonásával ugyan növelhette volna a mintaméretet, ugyanakkor a minta heterogenitásának növekedésével és a benchmark-, valamint kontrollcsoport közötti elkülöníthetőség csökkenésével is járhatott volna. A közel három évtizedet felölelő negyedéves pénzügyi beszámolók ugyan nagyszámú megfigyelést biztosítanak a modellezéshez, azonban a korlátozott vállalatszám az eredmények általánosíthatósága szempontjából továbbra is a kutatás egyik korlátjának tekinthető.

A KPI-ok kiválasztása nem adatvezérelt változókeresési eljárással történt, hanem a szakirodalmi áttekintés és a szakértői interjúk eredményeire épült, amelyet ezt követően empirikus validáció követett. A modellek robusztusságát és általánosító képességét a hagyományos modellilleszkedési és prediktív teljesítménymutatók mellett kiegészítő Leave-One-Out (LOO) validációval is ellenőrzöm. Fontos ugyanakkor kiemelni, hogy a benchmark-alapú modell felállítását követően annak alkalmazása már nem korlátozódik a 17 vállalatra, hanem a teljes, 30 autógyártót tartalmazó mintán történik, így a fejlesztett modell validálása és gyakorlati alkalmazása is szélesebb vállalati körön valósul meg.

A lean teljesítmény méréséhez logisztikus regressziós modellt, gépi tanulási módszereket és Data Envelopment Analysis (DEA) modellt is fogok alkalmazni. A logisztikus regressziós modellben a függő (bináris) változó a vállalat lean státusza, vagyis annak meghatározása, hogy az adott vállalat a lean módszereket alkalmazó csoportba vagy a kontrollcsoportba tartozik-e. A független változók (prediktorok) a kiválasztott pénzügyi és számviteli mutatók közül kerülnek ki. Ennek megfelelően a vállalati beszámolók adatbázisba rendezése után előzetesen kategorizálni fogom a vállalatokat lean és nem lean csoportokra. Ez lehetővé teszi, hogy a regressziós modell meghatározza, milyen mértékben és mely mutatók határozzák meg leginkább a lean csoportjellegét. A Random Forest és Support Vector Machine (SVM) módszerekben ugyanezt a megközelítést alkalmazom.

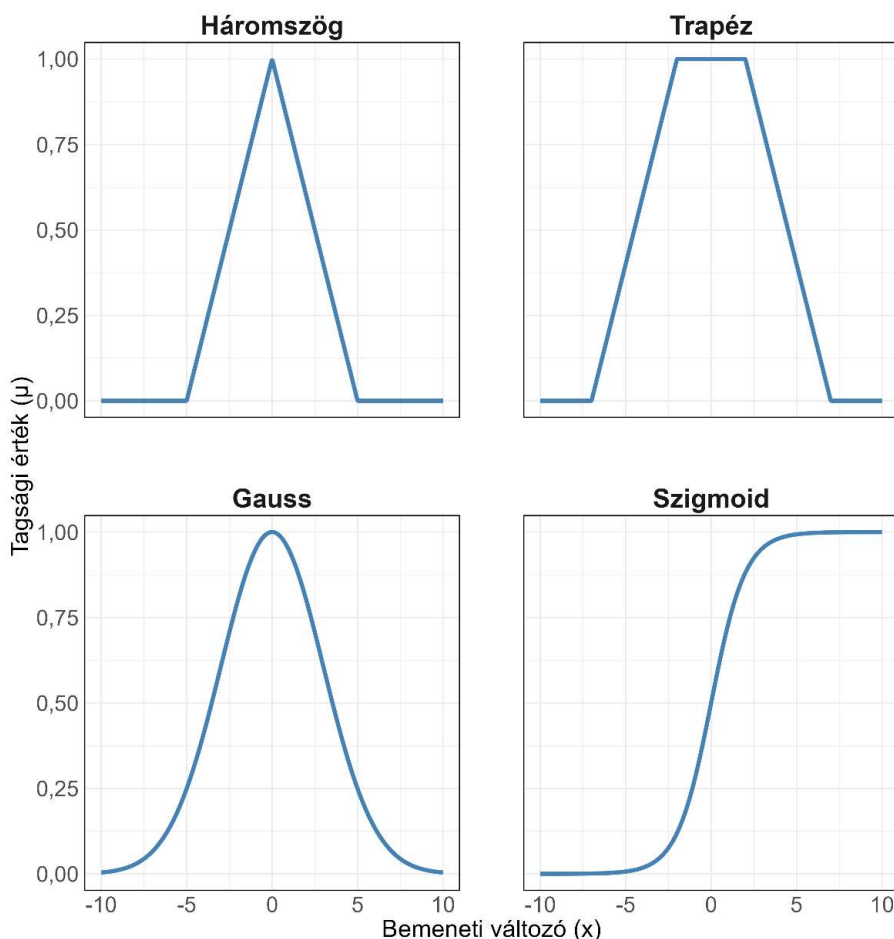
A Data Envelopment Analysis (DEA) alkalmazását az indokolta, hogy a lean működés eredményessége nem írható le egyetlen pénzügyi mutató alapján, hanem több, egymással összefüggő input- és outputváltozó együttes figyelembevételét igényli. A DEA nemparaméteres hatékonyságelemzési módszer, amely lehetővé teszi homogén döntési egységek relatív technikai hatékonyságának összehasonlítását anélkül, hogy előzetesen feltételezni kellene a termelési függvény alakját. Ez különösen előnyös jelen kutatásban, mivel a vállalatok pénzügyi és számviteli mutatói között komplex, nemlineáris kapcsolatok is fennállhatnak, amelyek hagyományos regressziós módszerekkel csak korlátozottan ragadhatók meg. A DEA alkalmazása ezért alkalmas eszközt biztosított arra, hogy a vizsgált vállalatok relatív hatékonyságát több dimenzió együttes figyelembevételével értékeljem, és ezáltal kiegészítsem az alkalmazott gépi tanulási modellek eredményeit. A DEA módszer alkalmazása során a kiválasztott KPI-okat tényezőkre bontottam, majd elvégeztem egy átfogó DEA modellezést, melyben a mutatók mögöttes komponenseit külön elemzés tárgyává tettem. Ez a megközelítés lehetővé tette, hogy a DEA modell részletesebben vizsgálja az egyes tényezők közötti összefüggéseket, ezáltal pontosabb és árnyaltabb képet adjon a vállalati teljesítmény és hatékonyság mozgatórugóiról. A KPI-ok közvetlen alkalmazásával szemben a tényezőkre bontott elemzés hozzájárult a rejtett hatékonysági lehetőségek feltárásához, és megalapozottabb optimalizálási irányokat tett lehetővé. A DEA modell által generált vállalati szintű hatékonysági mutatókat ezt követően korrelációelemzésnek vetettem alá annak érdekében, hogy feltárjam, kimutatható-e kapcsolat a magasabb hatékonysági értékek és a lean módszerek alkalmazása között.

A statisztikai modellalkotás eredményeként továbbá lehetőség nyílt arra, hogy a gépi tanulási módszerek eredményei alapján, egy súlyozott átlagon alapuló megközelítést alkalmazva, létrehozzak egy normatív teljesítményértékelő modellt. Ebben a modellben a gépi tanulás által azonosított és statisztikailag validált KPI-ok felhasználásával olyan értékelési keretrendszert alakítottam ki, amely statisztikai eszközrendszer alkalmazása nélkül is képes a vállalati teljesítmény normatív szempontú, strukturált és egységes értékelésére. Ez a megközelítés kiegészítő eszközként szolgál a gépi tanulási eredmények interpretációjához, és lehetőséget nyújt azok nem-statisztikai, értelmező keretbe helyezésére. Mindez hozzájárul az értékelési rendszer transzparenciájához és gyakorlati alkalmazhatóságához, anélkül hogy a modell önálló döntéstámogató rendszerként működne.

4.1.3. Fuzzy modellalkotás

A kutatás célja egy olyan teljesítményértékelő modell kidolgozása volt, amely a vállalati lean működés pénzügyi és számviteli jellemzőit komplex módon képes értékelni. E cél megvalósításaként egy fuzzy logikán alapuló modellt alakítottam ki, amely a kutatás fő eredményeként, valamint a teljesítmény értékelésének központi eszközeként szolgál. A fuzzy logika különösen alkalmas olyan esetekben, ahol a vizsgált mutatók határértékei nem

határozhatók meg élesen, illetve ahol az értékelés során nyelvi kategóriák, fokozatok vagy szubjektív megítélések is megjelennek. A fuzzy alapú megközelítés lehetőséget biztosít arra, hogy a kulcsmutatók értékelése fokozatos, rugalmas keretrendszerben történjen, szemben a klasszikus statisztikai vagy gépi tanulási eljárások merevebb logikájával. Az elmosódott halmazokon alapuló fuzzy logika jól illeszkedik a rendszerjellegű gazdasági folyamatokhoz. Ezt az elméleti keretrendszert először ZADEH (1965) mutatta be. A fuzzy rendszerek alkalmazhatóságát vállalati teljesítménymérésben több újabb tanulmány is megerősíti (BASAR, 2020). A modellalkotás során vizsgált négy tagsági függvénytípus általános alakját a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: Modellalkotás során tesztelt fuzzy tagsági függvények általános alakjai

Forrás: Saját szerkesztés

A modell kialakítása során a bemeneti változókhoz, a korábbi kvantitatív elemzések alapján kiválasztott és validált KPI-okhoz, négyféle tagsági függvénytípussal építettem fel különböző fuzzy logikai modelleket: háromszög (triangular), trapéz (trapezoidal), Gauss (Gaussian) és szigmoid tagsági függvényekkel. Ezek a tagsági függvények a fuzzy rendszerek alapvető építőelemei. A háromszög tagsági függvények egyszerű szerkezete és jól értelmezhető paraméterezhetősége miatt széles körben alkalmazott megoldás (ROSS 2010). A trapéz tagsági függvények ezt a formát általánosítják, lehetővé téve, hogy egy értéktartományon belül azonos tagsági értéket rendeljenek egy változóhoz (KLIR – YUAN 1995). A Gauss tagsági függvények folytonos, sima lefutású eloszlással jellemezhetők, és különösen jól modellezik azokat a folyamatokat, amelyeknél az átmenetek nem élesek, hanem fokozatosak (DUBOIS – PRADE 1997). A szigmoid tagsági függvények különösen alkalmasak az olyan jelenségek

modellezésére, ahol az alacsony és magas tagsági értékek között egy fokozatos, aszimptotikusan közelítő átmenet tapasztalható (QIU – JENSEN 2004).

A fuzzy logikai rendszer célja az volt, hogy a számított Lean pontszám a lehető legnagyobb mértékben tükrözze a vállalatok DEA módszerrel számított hatékonyságát, miközben megőrzi a bemeneti változók közötti strukturális összefüggéseket. Ennek érdekében minden modellváltozathoz külön célfüggvényt definiáltam, amely a Lean Score és a DEA hatékonysági mutató közötti negatív Pearson-korreláció minimalizálására törekedett. A paraméterek optimalizálását a Particle Swarm Optimization (PSO) algoritmussal hajtottam végre, az R programnyelv psoptim() függvényének alkalmazásával. Az öt kulcsmutató mindegyikéhez három tagsági szintet rendeltem (alacsony, közepes, magas), és a tagsági függvény típusától függően eltérő számú paramétert definiáltam. A három modellváltozat teljesítményét először a Lean Score és a DEA hatékonysági mutató korrelációja, majd a Lean Score entrópiája és szórása alapján hasonlítottam össze, és a kvantitatív eredmények alapján a legjobban teljesítő modell került kiválasztásra. A dolgozatban használt „Lean Score” elnevezés a jelen kutatás keretében kifejlesztett, fuzzy logikán alapuló összesített lean teljesítménymutató megnevezése, és nem azonos a szakirodalomban előforduló, hasonló elnevezésű értékelési módszerekkel.

4.2. Kvalitatív módszertan

Kutatásom során az ismertetett kvantitatív módszerek mellett kvalitatív megközelítésen alapuló esettanulmányos módszert is alkalmaztam, amely jól illeszkedik a szervezeti folyamatok mélyebb megértését célzó vizsgálatokhoz. Az esettanulmányokat félig strukturált mélyinterjúk segítségével valósítottam meg, amelyek lehetőséget biztosítottak a vállalati lean gyakorlatok, valamint a controlling és számviteli rendszerek részletes feltárására. A kutatás célja nem az általánosíthatóság, hanem az egyes esetek mélyebb megértése, valamint az ezekből levonható tanulságok rendszerezése volt. A kvalitatív esettanulmányos módszertan jól bevált megközelítés a szervezeti kutatások terén, amit számos szerző is megerősít (BRYMAN 1992, STAKE 1994, YIN 1994). EISENHARDT (1989) és YIN (1994) különösen hangsúlyozzák az esettanulmányok szerepét az elméletalkotásban, míg STAKE (1994) az esettanulmány elemzésének fókuszát a konkrét eset alapos megértésére helyezi. A kvalitatív esetvizsgálatok célja tehát nem pusztán a leírás, hanem egy adott kontextusba ágyazott működésmód értelmezése.

STAKE (1994) szerint az esettanulmány egy határokkal rendelkező rendszer, amely lehet egy vállalat, egy csoport vagy akár egy egyén is. A kutatási cél határozza meg az eset típusát: önértékű (intrinsic), ha maga az eset áll a középpontban; instrumentális, ha az eset egy jelenség megértését segíti elő; vagy kollektív, ha több eset együttes vizsgálatával általánosabb következtetések levonására törekszünk. A kutatásomban alkalmazott esettanulmányos megközelítés elsősorban instrumentális jellegű, mivel célom nem egy adott vállalat önmagában történő vizsgálata, hanem az, hogy a lean szemlélet és a controlling rendszerek kapcsolatán keresztül értelmezhető következtetéseket vonjak le, melyek hozzájárulhatnak egy általánosítható modell megalapozásához. A félig strukturált interjúk előnye, hogy a kutatott szervezetek sajátosságait figyelembe véve lehetővé tették a rugalmas, de célzott adatgyűjtést, ami elengedhetetlen volt a kvalitatív elemzéshez.

4.2.1. Vizsgálati egység és mintaválasztás

Az esettanulmány-alapú kvalitatív kutatás során az „eset” fogalmának meghatározása alapvető jelentőséggel bír, mivel ez teszi lehetővé a vizsgálati egység világos körülhatárolását (BABBIE 2012). A mintaválasztás ebben az értelemben az elemzés lehetséges egységei közötti célirányos kiválasztást, illetve a vizsgált szervezeti kontextusok meghatározását jelenti. Kutatásomban

nem egyetlen vállalatot vizsgáltam mélyrehatóan, hanem négy különböző autóiipari vállalat controlling gyakorlatát és lean teljesítményértékelési megközelítését elemeztem összehasonlító módon. Az „eset” tehát a vizsgálat során minden egyes vállalatnál az alkalmazott pénzügyi-számviteli és controlling rendszerként, illetve annak szervezeti struktúrában betöltött szerepeként értelmeződik.

A kvalitatív és kvantitatív kutatási módszerek közötti egyik lényeges eltérés éppen a mintaválasztási logikában rejlik. Míg a kvantitatív kutatás során a reprezentativitás érdekében jellemzően véletlenszerű és előre rögzített, nagy elemszámú mintákból dolgoznak, addig a kvalitatív kutatásban a mintaválasztás teoretikusan megalapozott és célorientált (MILES – HUBERMAN 1994, STAKE 1994). A kvalitatív megközelítésben a minta kis elemszámú, a kutatás során dinamikusan formálódik, és erősen függ az adott vizsgálati kontextustól. Ennek megfelelően a kutatásom során vizsgált négy vállalat kiválasztása nem statisztikai szempontok szerint történt, hanem annak érdekében, hogy különböző autóiipari működési modelleken keresztül vizsgáljam a lean elvek pénzügyi-számviteli értékelhetőségét.

A kvalitatív kutatások esetében a mintába kerülő esetek meghatározása nem előre rögzített módon történik. Az elméleti szempontok jellemzően csupán az első egy-két eset kijelölésében játszanak szerepet, míg a későbbi esetek kiválasztása már a kutatási célokhoz, valamint az elsődleges elemzési eredményekhez igazodik (GELEI 2002). A minta kiválasztása során, különösen az interpretatív és kvalitatív kutatásokban, KVALE (1996) értelmezése szerint támaszkodhat saját intuíciójára, tapasztalati tudására és szakmai megérzéseire is.

4.2.2. Adatgyűjtés kvalitatív interjúk alapján

A kvalitatív esettanulmányok sajátossága, hogy az adatgyűjtés folyamata rugalmasan és fokozatosan, iteratív módon zajlik. Az újabb és újabb adatok bevonása a kutatás előrehaladtával történik, addig a pontig, amíg az információk már nem járulnak hozzá érdemben a vizsgált jelenség mélyebb megértéséhez, ezt nevezzük elméleti telítettségnek, azaz teoretikus szaturációnak (GLASER – STRAUSS 1967). Kutatásom során az adatgyűjtés elsődleges módszereként félig strukturált mélyinterjúkat alkalmaztam, mivel ezek lehetőséget biztosítanak az értelmező (interpretatív) kutatási megközelítéshez szükséges mélységű válaszok feltárására. Empirikus vizsgálatom során félig strukturált mélyinterjúkat alkalmaztam, amelyek lehetőséget adtak arra, hogy az előre meghatározott kérdéskörök mentén haladva, ugyanakkor az interjúalanyok egyedi tapasztalataira is nyitottan vezethessem a beszélgetéseket. Az alkalmazott interjúvázlat rugalmas keretet biztosított, így a beszélgetések során lehetőség nyílt a váratlanul felmerülő, de kutatás szempontjából releváns témák részletesebb feltárására is. Az interjúk elsődleges célja az volt, hogy mélyebb betekintést nyerjek az érintett szervezetek controlling- és pénzügyi-számviteli rendszereibe, valamint feltárjam azokat a lean módszerekhez kapcsolódó kulcsfontosságú teljesítménymutatókat, amelyek később a kvantitatív modellépítés alapjául szolgálhatnak.

A kutatás során négy vállalat szolgált esettanulmányként, amelyek az autóiipar különböző szegmenseit képviselik, és évek óta alkalmaznak lean alapelveken nyugvó működési gyakorlatokat. A mintavétel célirányos volt: minden esetben olyan szervezetek kerültek bevonásra, ahol a controlling rendszer már részben vagy egészében integrálta a lean szemléletet, illetve ahol rendelkezésre álltak pénzügyi-számviteli és operatív mutatók a lean teljesítmény értékeléséhez. A szervezetek tevékenységi köre széleskörű, ami lehetőséget biztosított a különböző működési modellek és KPI-struktúrák összevetésére. Az adatgyűjtés során összesen 15 interjú készült, többek között controlling vezetőkkal, controllerekkel, pénzügyi menedzserekkel és elemzőkkel. A vizsgált időszak 2024. júniusától szeptemberéig tartott, amely alatt minden vállalat esetében lehetőség nyílt helyszíni interjúk lebonyolítására. A félig

strukturált mélyinterjúk során érintett fő tématerületek a következők voltak: controlling folyamatok, riportálási rendszerek, lean módszerek és azok operatív hatása, valamint a pénzügyi-számviteli KPI-ok mérhetősége és ezek alkalmazhatósága a lean teljesítmény értékelésében.

A kvalitatív eredmények a későbbi kvantitatív modell fejlesztéséhez szolgálnak alapul. Az azonosított mutatók, folyamatok és logikai összefüggések szintézise során kialakításra kerül egy olyan értékelési keretrendszer, amely képes a lean teljesítménymérés támogatására nyilvánosan elérhető pénzügyi és számviteli adatok alapján. Ezzel a kutatás nemcsak elméleti, hanem gyakorlati értékkel is bírhat a vállalatok számára a stratégiai tervezés és teljesítménymenedzsment szempontjából. Az interjúk alapadatait, az alanyok szerepkörét és a vizsgált vállalatok főbb jellemzőit az 7. táblázat foglalja össze:

7. táblázat: Interjú alapadatok összefoglalása

	Esettanulmány megnevezése	Interjú alanyok	Tevékenységi körök	Esettanulmány időpontja
1	Ázsiai autógyártó vállalat controlling rendszerének feltérképezése, különös figyelmet fordítva az operatív működésre, a hatékonyságra és a nyereségességre vonatkozó pénzügyi KPI-ok használatára	2 controlling vezető, 2 controller	Szervezeti controlling irányítása. A KPI-k folyamatos monitorozása és elemzése a pénzügyi teljesítmény javítása érdekében.	2024. július - 2024. szeptember
2	Ázsiai autóalkatrész-gyártó vállalat controlling rendszerének feltérképezése, különös figyelmet fordítva az operatív működésre, a hatékonyságra és a nyereségességre vonatkozó pénzügyi KPI-ok használatára	2 controlling vezető, 3 controller	Szervezet stratégia tervezése és követése. A KPI-ok részletes elemzése és rendszeres jelentések készítése a vezetőség számára a pénzügyi állapot és hatékonyság értékeléséhez.	2024. június - 2024. augusztus
3	Német autógyártó vállalat controlling rendszerének feltérképezése, különös figyelmet fordítva az operatív működésre, a hatékonyságra és a nyereségességre vonatkozó pénzügyi KPI-ok használatára	2 controlling vezető, 2 controller	Szervezeti stratégia követése. KPI-ok elemzése, controlling tevékenység végzése.	2024. június - 2024. augusztus
4	Német autógyártó vállalat controlling rendszerének feltérképezése, különös figyelmet fordítva az operatív működésre, a hatékonyságra és a nyereségességre vonatkozó pénzügyi KPI-ok használatára	2 pénzügyi menedzser, 2 pénzügyi elemző	A vállalati stratégiai tervek támogatása és azok teljesítményének folyamatos nyomon követése.	2024. július - 2024. szeptember

Forrás: Saját szerkesztés

A félig strukturált interjúk a tervezettek szerint az alábbi témaköröket érintették:

- Szervezetben működő controlling folyamatok és módszerek bemutatása
- Alkalmazott menedzsmentriporting és beszámolókészítési standardok bemutatása
- Alkalmazott lean eszközök és módszerek bemutatása
- Operatív működést, hatékonyságot és nyereségességet célzó pénzügyi KPI-ok bemutatása, melyek lean módszerekhez kapcsolódó területeket érinthetnek
- Lean teljesítmény értékelés módszertana

Célom, hogy mélyebb betekintést nyerjek a kiválasztott szervezetek controlling, pénzügyi és számviteli értékelésébe, valamint a lean módszerek által érintett területek KPI mérhetőségébe és pontosságába. Ezzel hozzá kívánok járulni a lean teljesítményértékelő modell alapjául szolgáló KPI-ok kiválasztásához, valamint a mélyebb összefüggések megértéséhez. Kutatásom kvalitatív eredményeit négy esettanulmányon keresztül mutatom be. Az esettanulmányok mind az autógyártási szektor szereplőit elemzik, ahol a lean vállalatirányítási filozófia és annak alkalmazott módszerei központi szerepet játszanak.

5. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

5.1. Kvantitatív eredmények

5.1.1. Modellalkotáshoz kiválasztott KPI-ok

Az irodalmi áttekintés eredményeként összesen 56 pénzügyi és számviteli mutatót azonosítottam. Fontos kiemelni, hogy ezen mutatók közül néhány szinonimának tekinthető, vagy legalábbis szoros kapcsolatban áll egymással (például a ROS és az üzemi nyereséghányad). A rendszerezés során azonban ezeket nem vontam össze, hanem külön kezeltem, mivel már a legkisebb értelmezésbeli eltérések is befolyásolhatják a kiválasztás végkimenetelét. Ezzel összefüggésben egy másik fontos tényező, hogy több vizsgált tanulmány nem ad pontos definíciót az általuk használt pénzügyi mutatókra vonatkozóan. Bizonyos esetekben világosan meghatározzák a használt fogalmakat (például nettó profit vagy nettó árbevétel), azonban sok más esetben ez elmarad, ami adatminőségi problémákhoz, valamint hibás vagy legalábbis megkérdőjelezhető következtetésekhöz vezethet. Ha egy tanulmány például nettó profit helyett csupán profitot említ, azt nem tekintettem azonosnak, mivel pontos definíció hiányában nem lehetünk biztosak abban, hogy ugyanarra a mutatóra utal. Ez nem csupán elméleti, hanem módszertani szempontból is problémás, hiszen az egyes eredményszintek, például a bruttó, üzemi vagy nettó profit, eltérő gazdasági tartalmat hordoznak, és különböző tényezők határozzák meg őket. Egy nettó profiton alapuló értékelés lényegesen eltérhet egy bruttó eredmény vizsgálatától, mivel míg a bruttó profit elsősorban az operatív hatékonyságot tükrözi, addig a nettó profitot már a pénzügyi struktúra, a finanszírozási döntések és az adózási környezet is jelentősen befolyásolja. Különösen a lean menedzsment hatásainak vizsgálatakor fontos ez a megkülönböztetés, mivel a lean elsősorban a működési folyamatokra és költségcsökkentésre gyakorol hatást, így a megfelelő eredményszint kiválasztása alapvetően befolyásolhatja az elemzés következtetéseit.

A tartalmi átfedések és a definíciós bizonytalanságok kezelésére a mutatókat két fő csoportba soroltam. Az első csoportba az abszolút mutatók tartoznak. Ide sorolható minden olyan mutató, amely egy adott pénzügyi tétel önálló értékét fejezi ki, jellemzően a mérleg vagy eredménykimutatás alapján (például eszközállomány, árbevétel). A második csoportba az összetett mutatók kerültek, amelyek olyan pénzügyi mutatók, amelyek két vagy több tétel kapcsolatán, hányadosán, vagy valamilyen komplex számításon alapulnak. Ezek közé tartoznak például az aránymutatók (pl. ROA, ROI), a növekedési ráták, illetve egyes származtatott pénzügyi mutatók is (pl. EBIT, CFL). A mutatók csoportosítása azért is volt szükséges, mert a pénzügyi mutatókat a vállalati teljesítmény nyomon követésére, összehasonlítására és értékelésére alkalmazzák, és a pénzügyi elemzések többsége jellemzően arányszámok és viszonyszámok időbeli változásaira épül. Az abszolút értékek, mint például a bruttó nyereség vagy a teljes költség, önmagukban korlátozottan alkalmasak a működés hatékonyságának megbízható értékelésére, mivel nem tükrözik közvetlenül a vállalat gazdálkodásának eredményességét, irányítási mechanizmusait vagy kontrollfolyamatait (GHALAYINI – NOBLE 1996). A mutatók rendszerbe foglalása tehát nemcsak az értelmezés egyértelműsítését szolgálja, hanem az elemzések megalapozottságát is növeli. A szakirodalmi áttekintés alapján azonosított KPI-k típus szerinti csoportosítását a 8. táblázat foglalja össze.

8. táblázat: A szakirodalom alapján kiválasztott KPI-ok csoportosítása típus szerint

Angol megnevezés	Magyar megnevezés	Csoport
COGS	Eladott áruk beszerzési értéke (ELÁBÉ)	Abszolút mutató
Cost	Költség	Abszolút mutató
EBIT	Kamatok és adók előtti eredmény	Abszolút mutató
EBITDA	Kamatok, adók és értékcsökkenés előtti eredmény	Abszolút mutató
EBT	Adózás előtti eredmény	Abszolút mutató
Gross profit	Bruttó nyereség	Abszolút mutató
Inventory days	Készletforgási napok	Abszolút mutató
Net Income	Nettó jövedelem	Abszolút mutató
Net Profit	Nettó nyereség	Abszolút mutató
Net Sales	Nettó árbevétel	Abszolút mutató
Procurement cost	Beszerzési költség	Abszolút mutató
Profit	Nyereség	Abszolút mutató
Revenue	Bevétel	Abszolút mutató
Sales	Árbevétel	Abszolút mutató
Service and cost	Szolgáltatások és költségek	Abszolút mutató
Total assets	Eszközök összesen	Abszolút mutató
Total costs	Teljes költség	Abszolút mutató
Total inventory	Teljes készletérték	Összetett mutató
ATO (Asset Turnover)	Eszközforgási ráta	Összetett mutató
BEP (Break-even point)	Fedezeti pont	Összetett mutató
CFL (Cash flow from operations)	Működési cash flow	Összetett mutató
Contribution margin	Fedezeti hányad / hozzájárulási hányad	Összetett mutató
CROA	Működési megtérülés az eszközökre	Összetett mutató

Current ratio	Likviditási ráta / Folyó likviditási mutató	Összetett mutató
Employees per sales	Egy árbevételre jutó alkalmazottak száma	Összetett mutató
EPS (Earnings per Share)	Egy részvényre jutó nyereség	Összetett mutató
Finished goods inventory to sales	Késztermékkészlet / árbevétel arány	Összetett mutató
Gross margin	Bruttó profitmarzs / Bruttó fedezeti hányad	Összetett mutató
Growth rate	Növekedési ráta	Összetett mutató
I/C (Inventory to Capital)	Készlet / tőke arány	Összetett mutató
Interest on Capital	Tőke költsége (kamat)	Összetett mutató
Inventory to asset ratio	Készlet / eszköz arány	Összetett mutató
Inventory to sales ratio	Készlet / árbevétel arány	Összetett mutató
ITO (Inventory Turnover)	Készletforgási sebesség	Összetett mutató
Labor cost per unit	Egységnyi munkaerőköltség	Összetett mutató
Labor Utilization	Munkaerő-kihasználtság	Összetett mutató
Market share	Piaci részesedés	Összetett mutató
Market-to-book ratio	Piaci / könyv szerinti érték arány	Összetett mutató
MVA (Market Value Added)	Piaci hozzáadott érték	Összetett mutató
Net operating margin	Nettó üzemi nyereséghányad	Összetett mutató
Operating margin	Üzemi nyereséghányad	Összetett mutató
Pre-tax return on assets	Adózás előtti eszközarányos megtérülés	Összetett mutató
Profit margin	Nyereséghányad	Összetett mutató
Profitability	Jövedelmezőség / Nyereségesség	Összetett mutató
Raw material inventory to sales ratio	Alapanyagkészlet / árbevétel arány	Összetett mutató
ROA (Return on Assets)	Eszközarányos megtérülés	Összetett mutató

ROCE (Return on Capital Employed)	Tőkefelhasználás megtérülése	Összetett mutató
ROE (Return on Equity)	Saját-tőke-arányos megtérülés	Összetett mutató
ROI (Return on Investment)	Befektetésarányos megtérülés	Összetett mutató
ROS (Return on Sales)	Árbevétel-arányos nyereség	Összetett mutató
Stock returns	Részvényhozam	Összetett mutató
Tobin's Q ratio	Tobin Q mutató	Összetett mutató
Total inventory to sales ratio	Teljes készlet / árbevétel arány	Összetett mutató
Unexpected stock returns	Váratlan részvényhozam	Összetett mutató
Unit costs	Egységköltségek	Összetett mutató
Work-in-process inventory to sales	Félkész termékkészlet / árbevétel arány	Összetett mutató

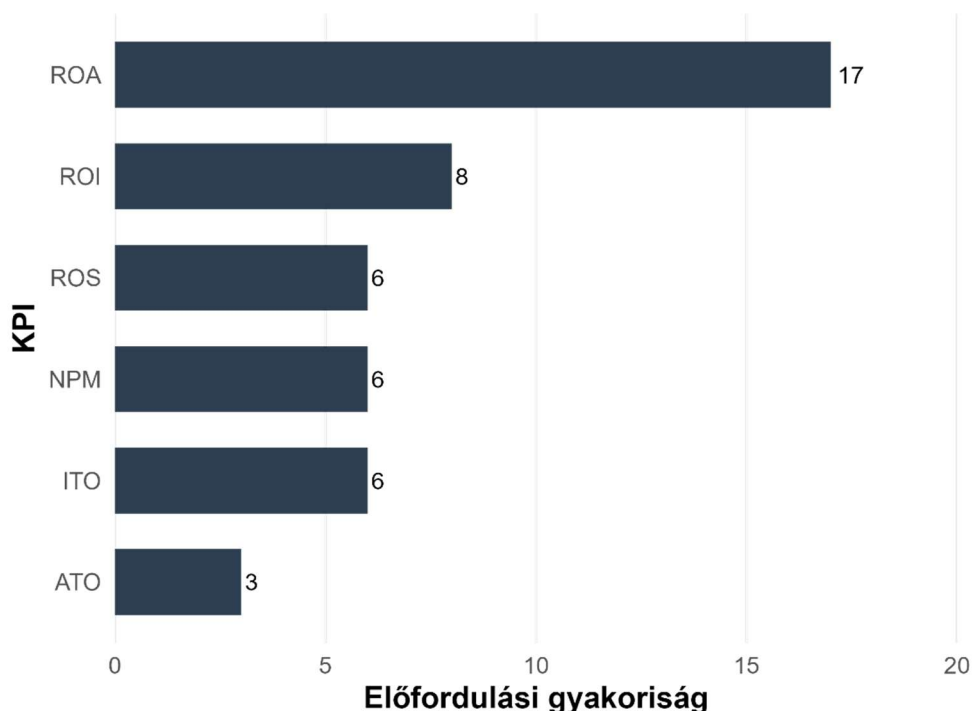
Forrás: Saját szerkesztés

A csoportosítást követően kizártam az abszolút mutatókat. Ennek oka elsősorban az, hogy az abszolút mutatók közvetlenül függenek a vizsgált vállalatok méretétől, árbevételétől és egyéb volumenjellegű tényezőktől (ALI 2020). Ennek következtében ezek a mutatók önmagukban nem képesek objektív, mérettől független összehasonlíthatóságot biztosítani a vállalatok teljesítményének elemzése során. Az abszolút értékek ráadásul olyan zajokat és torzításokat is magukban hordozhatnak, amelyek jelentősen megnehezítik a következtetések levonását, és csökkentik a modell prediktív képességét. Ezzel szemben az összetett, relatív mutatók alkalmazásával olyan normalizált indikátorokat kapunk, amelyek mérettől és iparágtól függetlenül alkalmasak arra, hogy reális képet adjanak a vállalatok gazdasági teljesítményéről és működési hatékonyságáról. Mindezek alapján az abszolút mutatók helyett az összetett, relatív mutatók alkalmazása megbízhatóbb, átláthatóbb és szakmai szempontból is indokoltabb döntésnek bizonyult a modellépítés során.

A vizsgált KPI-ok között számos olyan mutató is szerepel, amelyek nem kizárólag pénzügyi vagy számviteli jellegűek. Annak érdekében, hogy a kutatás kizárólag a szűken értelmezett, releváns pénzügyi és számviteli mutatókra fókuszáljon, kiszűrésre kerültek azok a mutatók, amelyek nem ebbe a kategóriába tartoznak. Ezek elsősorban olyan, főként tőkepiaci mutatók, amelyek egyszerre hordoznak tőkepiaci és jövedelmezőségi jellemzőket. Közös vonásuk, hogy számításuk során meghatározó szerepet játszik a piaci érték, amely vonatkozhat az adott részvény árfolyamára vagy a vállalat eszközállományára is (például EPS vagy Tobin Q mutató). Bár ezek a mutatók az empirikus eredmények alapján bizonyos esetekben alkalmasak lehetnek a lean teljesítmény mérésére, jelen kutatás célja egy olyan teljesítményértékelő modell kialakítása, amely nyilvánosan elérhető beszámolóadatokon alapul, ezáltal a tőkepiaci mutatók nem képezik részét az elemzésnek.

A kiválasztási folyamat utolsó lépéseként az egyes mutatók szakirodalmi gyakoriságát vizsgáltam meg, azaz azt, hogy hány különböző tanulmányban fordultak elő a lean menedzsment pénzügyi hatásainak empirikus értékelése során. Az elemzés során megállapítható volt, hogy több mutató is szerepelt legalább egy vagy két tanulmányban,

azonban ezek az alacsony előfordulási számok nem biztosítanak kellő alapot a mutatók megbízhatóságának vagy általánosíthatóságának megítéléséhez. Ezért a további szűrés során kizárólag azokat a pénzügyi és számviteli mutatókat vettem figyelembe, amelyeket legalább három egymástól független empirikus vizsgálatban is alkalmaztak. Ezzel a kritériummal biztosítani kívántam, hogy a kiválasztott mutatók olyan szakirodalmi háttérrel rendelkezzenek, amely többféle mintán és módszertanon keresztül igazolt relevanciára utal. Ez egyben hozzájárul ahhoz is, hogy a későbbi modellépítés során olyan mutatók kerüljenek felhasználásra, amelyek mögött már bizonyítottan léteznek tapasztalati adatok és tudományos érvek. Azonban fontos kiemelni, hogy a szűrés nem zárja ki az alacsonyabb gyakoriságú mutatók jövőbeli alkalmazását, csupán azt jelzi, hogy jelenleg ezek a leggyakrabban vizsgált, legstabilabb indikátorok a szakirodalomban. A fenti szűrési kritériumnak megfelelő, szakirodalomban leggyakrabban vizsgált KPI-kat és azok előfordulási gyakoriságát a 3. ábra szemlélteti.



3. ábra: A szakirodalom alapján leggyakrabban vizsgált KPI-ok (gyakoriság ≥ 3)

Forrás: Saját szerkesztés

A vizsgált kulcsfontosságú teljesítménymutatók közül a leggyakrabban alkalmazott mutató az ROA (eszközarányos megtérülés) volt, amely összesen 17 alkalommal szerepelt, először 1996-ban használták. Ezt követte a ROI (befektetésarányos megtérülés), amely 8 alkalommal, már 1992 óta szerepelt az elemzésekben. A ITO (készletforgási sebesség), az NPM (nettó profitmarzs) és a ROS (árbevétel-arányos eredmény) egyaránt 6 alkalommal jelentek meg, első vizsgálati éveik pedig sorrendben 1995, 2000 és 2003 voltak. A legkevesebb alkalommal, mindössze 3-szor alkalmazott mutató az ATO (eszközforgási sebesség) volt, melyet 2002-ben vizsgáltak először. A KPI-k alkalmazásának gyakorisága és első megjelenésük éve tükrözik a pénzügyi teljesítménymérés fejlődési trendjét, amelyben az összetettebb, relatív hatékonysági mutatók egyre nagyobb szerepet kaptak az idők során.

Fontos kiemelni, hogy a kiválasztott KPI-ok, hasonlóan a korábban bemutatott lean módszerekhez, összekapcsolhatók OHNO (1982) által megfogalmazott veszteségforrásokkal,

lehetővé téve, hogy pénzügyi és számviteli szempontból is mérhetővé váljon a lean teljesítmény. Jelenleg a szakirodalomban nem található olyan egységes modell, amely pénzügyi és számviteli mutatókra építve nyújtana módszertani alapot a vállalatok lean működésének értékelésére. E hiányosság pótlására törekszem azáltal, hogy a veszteségelmélet keretébe illesztem a releváns mutatókat, és így egy új, integrált keretrendszert alakítok ki a lean teljesítmény mérésére. A korábbi kutatások többnyire előre meghatározott mutatók mentén vizsgálták a lean és a pénzügyi teljesítmény közötti kapcsolatot, azonban ritkán történt kísérlet arra, hogy ezeket tényezőikre bontva, jelentéstartalmuk szerint kapcsolják össze a veszteségforrásokkal. Kutatásomban tehát nem csupán a szakirodalomban leggyakrabban alkalmazott mutatókat gyűjtöm össze, hanem azokat számviteli és pénzügyi jelentéstartalmuk alapján rendelem hozzá az egyes veszteségtípusokhoz. Ennek eredményeképpen egy olyan új és egységes mutatószámhalmaz jön létre, amely nemcsak elméleti és módszertani szempontból releváns, hanem empirikusan is alátámasztja a lean módszerek pénzügyi és számviteli hatásait a vállalati működésre. A kiválasztott KPI-k és az egyes lean veszteségforrások közötti közvetlen kapcsolatokat a 9. táblázat foglalja össze, amelyeket a következőkben mutatónként részletesen is bemutatok.

9. táblázat: A szakirodalom alapján kiválasztott KPI-ok közvetlen hozzárendelése a lean veszteségforrásokhoz

KPI	Túltermelés	Készletezés	Felesleges mozgás	Felesleges szállítás	Várakozás	Túlzott feldolgozás	Selejt/hibás termékek
ROA	X	X	X	X	X	X	X
ROS	X	X	X	X	X	X	X
ROI	X	X	X	X	X	X	X
NPM	X	X	X	X	X	X	X
ATO	X	X					
ITO	X	X		X			

Forrás: Saját szerkesztés

ROA

A ROA (Return on Assets, azaz eszközarányos megtérülés) a nettó profit és az összes eszköz hányadosa, amely az eszközök forgási arányából és a nettó profitmarzsból is levezethető (VAN HORNE – WACHOWICZ 2008). Mivel a nettó profitra az összes veszteségforrásból adódó költség hatással van, így kijelenthetjük, hogy az empirikus kutatásokkal összhangban a ROA valóban ideális mutató lehet a lean veszteségforrások méréséhez. Fontos azonban kiemelni, hogy magas fix gyártási költségek mellett előfordulhat, hogy a túltermelés kezdetben növeli a ROA értékét, de a következő évben csökkentheti azt. Ennek oka, hogy a kezdeti időszakban ellentétben a csökkenő eladások egyre növekvő készletszintet eredményeznek, amelyhez nem társul tényleges árbevétel, így a profit is csökken. Ez a helyzet csökkenti a ROA-t, mivel a növekvő készletek magasabb költségeket jelentenek, miközben a nyereség nem növekszik arányosan (GUPTA et al. 2010). Ez különösen fontos lehet a későbbi regressziós vizsgálatok során, mivel nehéz lehet különbséget tenni a szándékosan előállított túltermelés (amely a ROA szándékos torzítását célozza), a piaci kereslet változása és a tényleges hatékonysági problémák között. Összegezve tehát, azok a költségek, amelyek a vállalat készletgazdálkodásához kapcsolódnak (túltermelés, készletezés), közvetlenebb hatással vannak a ROA-ra, mivel

tényleges nyereségnövekedés nélkül növelik az eszközállományt. A selejt, hibás termékek és a felesleges szállítás pedig közvetlenül csökkentik a nettó nyereséget, ami szintén jelentősen befolyásolja a ROA-t.

ROS

A ROS (Return on Sales, magyarul árbevétel arányos eredmény) a működési eredmény és az árbevétel hányadosa, amely a DuPont módszer egyik meghatározó komponense (DATAR – RAJAN 2017). A működési eredményt érintő költségek miatt a ROS a ROA-hoz hasonlóan mind a hét veszteségforráshoz közvetlenül kapcsolódik. Mivel a működési eredmény és az árbevétel egyaránt az eredménykimutatás elemei, fontos megjegyezni, hogy a ROS csak a pénzügyi teljesítmény szempontjából képes mérni az egyes veszteségforrásokat. Az eszközállományt érintő változások hatásai azonban nem jelennek meg ebben a mutatóban. Továbbá érdemes kiemelni, hogy a ROS számlálójában a nettó profit helyett a működési eredmény szerepel, amely egy szűkebb eredménykategóriát jelent, és nem tartalmaz olyan tételeket, mint a kamat és az adó (VAN HORNE – WACHOWICZ 2008). Mivel ezek a tételek nem befolyásolják a mutató alakulását, feltételezhetjük, hogy a működési hatékonyságot célzó módszerek hatása valószínűleg nagyobb mértékben jelenik meg a mutatóban. Ugyanakkor azt is számításba kell venni, hogy az eszközállomány, különösen a készletek változása közvetlenül nem mérhető e mutató által.

ROI

A ROI (Return on Investment, magyarul befektetésarányos megtérülés) a nettó profit és a befektetett tőke hányadosa, amely alapvetően a vállalat nyereségességét méri (DATAR – RAJAN 2017). Mivel a nettó profitot befolyásoló költségek között megtalálhatók a hét lean veszteségforrásból származó tételek is, a ROI alkalmas lehet a lean teljesítmény mérésére. Fontos azonban megjegyezni, hogy az operatív működést támogató lean módszerek és maga a lean filozófia alkalmazása csak hosszú távon fejt ki hatást a számviteli értelemben vett befektetett tőkére, és ezzel együtt a vállalat értékére (ZHU – LIN 2017). Ebből adódóan várhatóan a mutató nevezőjében, vagyis a befektetett tőkében bekövetkező változások hosszabb idő alatt válnak szignifikánssá, míg a számlálóban, a nettó profitban, a rövidebb távon jelentkező költségcsökkentések is gyorsabban megmutatkoznak. A hatások eltérő idősíkokon való megjelenése mellett a tényezők volumene és volatilitása is különböző lehet, mivel a befektetett tőke jellemzően nagyságrendekkel magasabb értékű, mint a nettó profit, és változása ritkább, de nagyobb volumenű lehet, mint például a teljes eszközök esetében. Továbbá a befektetett tőke elsősorban a vállalat vagyonának összetételét és a finanszírozási döntéseket tükrözi, így várhatóan a nettó profit változása meghatározóbb lesz a teljesítmény mérésében (VAN HORNE – WACHOWICZ 2008).

NPM

Az NPM (Net Profit Margin, magyarul nettó profitmarzs) a nettó profit és az árbevétel hányadosa. Sok tekintetben hasonlít a ROS-ra, de míg a ROS a működési eredményt veszi figyelembe, addig az NPM a nettó profitot használja, amely magában foglal olyan egyéb, munkaszervezéshez és gyártáshoz nem kapcsolódó tételeket, mint a kamat és az adó (VAN HORNE – WACHOWICZ 2008). Ezek a tényezők közvetlenül nem befolyásolhatók a lean módszerekkel, mivel azok elsősorban a működési hatékonyságot célozzák meg. Ezért bár az NPM pénzügyi értelemben átfogóbb képet nyújt a vállalat nyereségességéről, nem biztos, hogy a lean teljesítményértékelés szempontjából a legmegfelelőbb mutató. Hasonlóan a ROS-hoz, az NPM is csak az eredménykimutatásban bekövetkezett változásokat tükrözi. Fontos megemlíteni, hogy a pénzügyi és lean teljesítmény kapcsán végzett vizsgálatokban gyakran

pontatlanul, csupán „Profit Margin” néven hivatkoznak a mutatóra, amely módszertanilag pontatlan, mivel számos esetben a konkrét háttér adatok hiányában nem határozható meg egyértelműen, hogy bruttó vagy nettó profitmarzsról van szó. Mivel a szakmai konszenzus alapján vélhetően a legtöbb vizsgálat a nettó profitmarzson alapult, a konzisztencia érdekében a továbbiakban a profitmarzs helyett az NPM mutatót alkalmazom.

ATO

Az ATO (Asset Turnover Ratio, magyarul eszközforgási mutató) az árbevétel és az eszközállomány hányadosa, amely megmutatja, hogy a vállalat mennyire hatékonyan használja fel eszközeit árbevétel generálására (VAN HORNE – WACHOWICZ 2008). Az ATO közvetlen kapcsolatban áll a túltermeléssel és a készletezéssel. A túltermelés növelheti az eszközök számát anélkül, hogy arányosan növelné az árbevételt, ezáltal csökkentve az ATO értékét, hasonlóan a ROA és a túltermelés kapcsolatához. Hasonló hatást gyakorolhat a készletezés is, mivel a készletek növekedése megnövelheti az eszközállományt, ami szintén csökkentheti az ATO-t, ha az árbevétel nem nő ugyanilyen ütemben. A felesleges mozgás, felesleges szállítás, várakozás, túlzott feldolgozás és selejt/hibás termékek közvetve befolyásolhatják az ATO-t, mivel hatással vannak az eszközök kihasználtságára és a működési hatékonyságra, de ezek a hatások gyakran más tényezőkkel együtt jelentkeznek, és nem mindig közvetlenek. A túlzott feldolgozás esetében az eszközök használata növekedhet, ami csökkentheti az ATO-t, de ennek hatása közvetett lehet, és nehezen különíthető el más tényezők hatásaitól. Ezek alapján kijelenthető, hogy az ATO kulcsfontosságú teljesítménymutató a vállalatok számára, különösen a gyártási szektorban, mivel az eszközök hatékonyabb használatán keresztül közvetve javítja a profitot (SÖYLEMEZ 2021).

ITO

Az ITO (Inventory Turnover Ratio, magyarul készletforgási mutató) az árbevétel és a készletek hányadosa. E mutató segítségével mérhető, hogy a vállalat mennyire hatékonyan kezeli készleteit a bevételek generálásában. Az ITO azt mutatja meg, hogy a készletek milyen gyorsan cserélődnek ki egy adott időszak alatt. Az ITO közvetlenül kapcsolódik a túltermeléshez, a készletezéshez és a felesleges mozgáshoz. Ha egy vállalat túl sok terméket gyárt, az jelentős készletek felhalmozódásához vezethet, ami alacsony ITO értéket eredményezhet. A túltermelés miatt a készletek nem forognak elég gyorsan, így a vállalatnak nagyobb költségekkel kell számolnia a készletezés és a tárolás terén. A magas ITO érték azt jelenti, hogy a vállalat gyorsan értékesíti készleteit, csökkentve ezzel a készletezéssel járó költségeket és a készletekben lekötött tőke mennyiségét. Alacsony ITO érték viszont azt jelzi, hogy a készletek nem forognak elég gyorsan, ami gyakran felesleges készletezést és a vele járó költségeket jelent (BREALEY et al. 2023). A nem optimalizált szállítási folyamatok is hozzájárulhatnak a készletek felhalmozódásához, ami befolyásolja az ITO értéket. Ha a szállítási folyamatok nem hatékonyak, az hosszabb ideig tart, amíg a készletek eljutnak a végső felhasználóhoz, ami csökkenti a készletforgalmat (CONSTABLE – WHYBARK 1978).

Jól látható, hogy egyes KPI-ok több veszteségforráshoz is kapcsolódnak, és gyakran két vagy több kategóriában is megjelennek. Ezen összefüggések figyelembevételével olyan mutatószámrendszer kialakítására töreksem, amely alkalmas a lean teljesítmény értékelésére, az OHNO (1982) által meghatározott hét veszteségforrás, valamint az ezekhez rendelt pénzügyi és számviteli indikátorok alapján. A későbbi modellalkotás során olyan további mutatókat is be fogok emelni a rendszerbe, amelyek a szakirodalomban eddig nem, vagy csak elhanyagolható mértékben szerepeltek, ugyanakkor a kvalitatív kutatás során végzett interjúkban is felbukkantak, és logikai, valamint számviteli szempontból is illeszkednek a felállított értékelési

struktúrába. Ezáltal a modell iteratív módon továbbfejleszthető, növelve annak pontosságát és a gyakorlati működéshez való illeszkedését.

5.1.2. Statisztikai modell eredményei

A kutatás második fő szakaszában a lean teljesítmény mérésére vonatkozó, releváns szakirodalmi források alapján kiválasztott kulcsteljesítménymutatók mentén több, különböző statisztikai megközelítést alkalmazó modellt dolgoztam ki. A cél az volt, hogy a szakirodalomban azonosított indikátorokat egy saját összeállítású, széles mintán vizsgálva validáljam, és ezáltal hozzájáruljak egy megbízhatóbb lean teljesítményértékelő keretrendszer kialakításához. A mintában szereplő autógyártó vállalatokról előzetesen ismert volt, hogy elsődlegesen alkalmaznak-e lean módszereket, így az elemzés során olyan bináris megközelítést alkalmaztam, amely lehetővé tette az egyes mutatók diszkriminációs képességének vizsgálatát. A módszertani megközelítés szándékosan iteratív volt: a modellezés nem egyetlen statikus változóhalmazon alapult, hanem a mutatók folyamatos újragondolásán, azok statisztikai és koncepcionális teljesítménye alapján. Fontos hangsúlyozni, hogy nem a várt eredmények modellhez történő igazításáról van szó, hanem egy adatvezérelt, fokozatos modellfejlesztési folyamatról, amelyben az indikátorok kiválasztása és finomítása objektív statisztikai szempontok és a kvalitatív háttér-információk alapján történt. Éppen ezért a kutatás során több, egymástól független statisztikai módszert is alkalmaztam, hogy a végső következtetések ne csupán egyetlen modell eredményére épüljenek, hanem módszertani szempontból is megalapozottabbak legyenek. Ez a bináris szemlélet lehetőséget nyújtott a KPI-kör szűkítésére, azaz a kevésbé informatív változók elhagyására, illetve újabb, szakirodalmi és kvalitatív (mélyinterjú) eredményekből származó mutatók beépítésére. Az iteratív fejlesztési folyamat végül lehetővé tette azoknak a KPI-oknak az azonosítását, amelyek a végső lean teljesítményértékelő modell alapját képezik.

Az adatalemzés első lépéseként az egyes vállalatok negyedéves mérleg- és eredménykimutatásadatait az RStudio környezetében dolgoztam fel. A különböző adatforrásokat egységes formátumba alakítottam, majd a rekordokat a dátum (date) és a vállalati azonosító (ticker) mezők mentén illesztettem össze. Ezt követően kiszámítottam a vizsgálathoz kiválasztott kulcsteljesítménymutatókat (KPI-okat), és bináris címkéket rendeltem az egyes vállalatokhoz: a lean megközelítés alapján előzetesen besorolt cégek értéke 1, míg a nem lean jellegű mutató vállalatoké 0 lett. Az adattisztítás során eltávolítottam azokat a megfigyeléseket, amelyek hiányzó értéket (NA), illetve végtelen értéket (Inf) tartalmaztak, például nullával való osztás következtében.

Logisztikus regressziós modellalkotás

A logisztikus regresszió alkalmazása ebben a kutatási szakaszban elsősorban a vizsgálat bináris természetéből adódóan indokolt: a cél annak meghatározása volt, hogy az egyes KPI-ok milyen mértékben járulnak hozzá egy vállalat lean jellege szerinti besorolásához (lean vagy nem lean). A logisztikus regresszió előnye, hogy lehetővé teszi a kategóriák közötti szisztematikus különbségek azonosítását, miközben képes kezelni több, folyamatos skálán mért független változót is. Emellett az egyes változókhoz rendelt esélyhányadosok (odds ratio) révén interpretálható formában ad visszajelzést arról, hogy az adott KPI milyen irányban és milyen erősséggel befolyásolja a lean kategóriába tartozás valószínűségét (HOSMER et al. 2023). Ez különösen hasznos az indikátorok relevanciájának értékelésében, és hozzájárul ahhoz, hogy a modell ne csak statisztikailag megalapozott, hanem gyakorlati szempontból is értelmezhető legyen. Mivel a logisztikus regresszió érzékeny az inputváltozók minőségére és strukturális összefüggéseire, a módszer jól illeszkedett az iteratív modellfejlesztési megközelítéshez, ahol a mutatók kiválasztása és újrakalibrálása többször is megtörtént a statisztikai teljesítmény

alapján. Az első logisztikus regressziós modellben alkalmazott prediktorváltozókat és azok számítási módját a 10. táblázat foglalja össze.

10. táblázat: Az 1. logisztikus regressziós modell prediktorai és számítási képletei

KPI	Számviteli képlet	Modell képlet
ROA (Return on Assets)	Net Income / ((Total Assets previous + Total Assets current) / 2) * 100	netIncome / ((totalAssets previous + totalAssets current) / 2)
ROS (Return on Sales)	Operating Income / Net Sales * 100	operatingIncome / revenue
ROI (Return on Investment)	Net Income / Total Investment Cost * 100	netIncome / (longTermInvestments + longTermDebt)
NPM (Net Profit Margin)	Net Income / Net Sales * 100	netIncome / revenue
ATO (Asset Turnover)	Net Sales / Total Assets	revenue / totalAssets
ITO (Inventory Turnover)	Cost of Goods Sold / Inventory	COGS / inventory

Forrás: Saját szerkesztés

Az elemzést az RStudio környezetben, a glm() függvény segítségével végeztem (bináris logisztikus regresszió, family = binomial), ahol a konvergencia biztosítása érdekében a maximális iterációk számát maxit = 1000 értékre állítottam. Az elemzéshez használt első formula a következő volt:

$$\text{logit}(E[\text{Lean}_i]) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{ROA}_i + \beta_2 \cdot \text{ROS}_i + \beta_3 \cdot \text{ROI}_i + \beta_4 \cdot \text{NPM}_i + \beta_5 \cdot \text{ATO}_i + \beta_6 \cdot \text{ITO}_i$$

Ahol,

- $\text{logit}(E[\text{Lean}_i])$: a logit-transzformált várható érték
- β_0 : a modell konstans tagja
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$: a modell paraméterei (koefficiensek)
- $\text{ROA}_i, \text{ROS}_i, \text{ROI}_i, \text{NPM}_i, \text{ATO}_i, \text{ITO}_i$: a független változók, ahol az indexek az egyes megfigyelésekre utalnak

Ez a modell egy logisztikus regressziós egyenlet formájában írja le a Lean (bináris kimeneti változó) feltételes valószínűségének logit-transzformált értékét, amelyet az egyes vállalati teljesítménymutatók, jelen esetben a ROA, ROS, ROI, NPM, ATO és ITO, lineáris kombinációjaként becsülünk. Másként fogalmazva, az egyenlet azt modellezi, hogy e mutatók milyen irányban és mértékben járulnak hozzá annak valószínűségéhez, hogy egy adott vállalat a lean megközelítés alkalmazójaként kategorizálható legyen. Az első logisztikus regressziós modell becsült paramétereit és azok statisztikai szignifikanciáját a 11. táblázat mutatja be.

11. táblázat: Az 1. logisztikus regressziós modell eredményei

Változó	Becsült együttható	Standard hiba	Z-érték	P-érték
Konstans	0,3978	0,1759	2,2610	0,0237
ROA	-5,9872	4,0693	-1,4710	0,1412
ROS	-0,2832	0,1583	-1,7890	0,0736
ROI	-0,0189	0,0338	-0,5580	0,5769
NPM	2,6562	1,1450	2,3200	0,0204
ATO	-4,1334	0,7327	-5,6410	< 0,001
ITO	0,4689	0,0823	5,6990	< 0,001

Forrás: Saját szerkesztés

A modell illeszkedését jellemző mutatók alapján a null deviancia értéke 1111,9 (df = 827), míg a reziduális deviancia 1041,9 (df = 821) lett. A modell Akaike-információs kritériuma (AIC) 1055,9. A konvergenciát 6 Fisher-iteráció után érte el a modell. A bináris logisztikus regresszióban a diszperziós paraméter értékét 1-nek tekintettük (alapértelmezett). A prediktorok értékelése alapján megállapítható, hogy a ROA és a ROI nem mutatnak statisztikailag szignifikáns hatást a modellben, vagyis sem az eszközarányos, sem a befektetésarányos megtérülés nem járul hozzá érdemben a vállalat lean kategóriába sorolásának valószínűségéhez. A ROS negatív kapcsolatot mutat a lean logit-transzformált valószínűségével, ami arra utal, hogy magasabb árbevétel-arányos eredmény esetén kisebb lehet a valószínűsége annak, hogy a vállalat lean módszereket alkalmaz. Ugyanakkor a ROS változó hatása az alkalmazott 5%-os szignifikanciaszint mellett nem tekinthető statisztikailag szignifikánsnak ($p = 0,0736$), bár 10%-os hibaszint mellett már határesetként értelmezhető. A NPM pozitív kapcsolatot mutat a lean valószínűségével, így magasabb nettó profitmarzs mellett nagyobb az esélye annak, hogy a vállalat a lean alkalmazók közé sorolható. Az ATO negatív hatása arra utal, hogy az eszközök gyorsabb forgása csökkenti a lean megközelítés alkalmazásának esélyét, míg az ITO pozitívan befolyásolja a logit-értéket, vagyis a készletek gyorsabb forgása nagyobb valószínűséggel jellemzi a lean vállalatokat.

Az 5%-os szignifikanciaszint mellett statisztikailag szignifikáns prediktoroknak a NPM, az ATO és az ITO tekinthetők, míg a ROA, ROS és ROI esetében nem mutatható ki egyértelmű statisztikai összefüggés. A modell teljesítményének értékeléséhez a predikciókat a tesztadaton végeztem el, ahol a logisztikus regresszió által becsült valószínűségi értékeket 0,5-ös küszöbérték alapján bináris osztályokká alakítottam. Az így kapott 51,97%-os pontosság, figyelembe véve az adathalmaz és a modell komplexitását, kedvező kezdeti eredménynek tekinthető. Ez arra utal, hogy a modell a körülményekhez képest viszonylag hatékonyan képes megkülönböztetni a lean változó kategóriáit, ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy ez az eredmény önmagában még nem elegendő a gyakorlati alkalmazhatóság teljes körű megítéléséhez.

Szintén figyelemre méltó eredmény, hogy az eszköz- és készletgazdálkodással kapcsolatos KPI-ok mutatták a legerősebb statisztikai kapcsolatot a lean besorolással. Ez nem meglepő,

hiszen a lean módszerek kiemelten jelen vannak az eszközgazdálkodási és készletkezelési folyamatokban. A készletekkel kapcsolatos további összefüggések feltárása érdekében három új, a szakirodalomban ritkábban tárgyalt, ugyanakkor az esettanulmányok alapján gyakorlati szempontból releváns hatékonysági mutatót is bevonok a vizsgálatba: a DIO (Days Inventory Outstanding), az ISR (Inventory to Sales Ratio) és az átlagos készletérték. Fontos azonban megjegyezni, hogy a több, egymáshoz hasonló KPI együttes alkalmazása növeli a multikollinearitás kockázatát, így a végső modell kialakítása során valószínűleg egyes prediktorok eltávolítására is szükség lesz. A hét veszteség elvére építve ezen mutatókat csakúgy, mint a korábbi KPI-ok esetében, a megfelelő veszteségforrásokhoz rendelem hozzá. Az újonnan bevont mutatók és a lean veszteségforrások közötti kapcsolatokat a 12. táblázat foglalja össze.

DIO

A DIO (Days Inventory Outstanding), magyarul a „készletek forgási ideje” vagy „állományi napok száma”, a készletfelhasználás hatékonyságát méri, megmutatva, hogy egy adott időszakban hány napra van szükség a készletek értékesítéséhez. Kiszámítása az ITO reciproka alapján történik, éves szinten: $DIO = 365 / ITO$ (Brealey et al., 2023). A mutató szoros kapcsolatban áll a túltermeléssel, készletezéssel és a felesleges szállítással. A túltermelés, az igényeknél nagyobb mennyiség előállítása, megnöveli a DIO-t, mivel a készletek hosszabb ideig maradnak a vállalatnál, növelve ezzel a tárolási és készletfenntartási költségeket, valamint a tőkelekötést. A felesleges szállítási folyamatok szintén hozzájárulhatnak a DIO emelkedéséhez, mivel a nem optimális logisztika miatt a készletek hosszabb ideig maradnak raktáron (ALJAAIDI – BAGAIS 2020).

ISR

Az ISR (Inventory Sales Ratio, magyarul készletértékesítési arány) a készletek értékesítésének hatékonyságát méri az árbevételhez viszonyítva. Ez a mutató segít megérteni, hogyan viszonyul a készletek értéke az árbevételhez, és hogyan befolyásolja a készletek kezelése a vállalat teljesítményét. Az ISR közvetlenül kapcsolódik a túltermeléshez és a készletezéshez. Ha egy vállalat túl sok terméket gyárt, az felesleges készletek felhalmozódásához vezethet, ami alacsony ISR értéket eredményezhet. A túltermelés miatt a készletek nem forognak elég gyorsan, ami további költségeket és problémákat okozhat a készletezés és a tárolás terén. Magas ISR érték azt jelzi, hogy a vállalat hatékonyan kezeli készleteit, gyorsan értékesíti őket, és így csökkenti a készletezéssel kapcsolatos költségeket és tőkelekötést. Alacsony ISR érték viszont arra utalhat, hogy a készletek nem mozognak elég gyorsan, ami magas készletfenntartási költségeket és tőkelekötést jelent (BIGGART – GARGEYA 2002).

Átlagos készlet

Az átlagos készlet (average inventory) az adott időszakra vonatkozóan az átlagos készletnagyságot méri, amely segít a készletgazdálkodás hatékonyságának értékelésében és a pénzügyi teljesítmény elemzésében. Az átlagos készlet kiszámításához a kezdő és záró-készlet átlaga szolgál alapul. Az átlagos készlet közvetlenül kapcsolódik a túltermeléshez, a készletezéshez, a felesleges szállításhoz és a túlzott feldolgozáshoz. A túltermelés miatt felhalmozódó felesleges készletek magasabb átlagos készletet és költségeket eredményezhetnek (BREALEY et al. 2023). Magas átlagos készlet azt jelzi, hogy a vállalat jelentős tőkét köt le a készletekben, ami növeli a készletezési költségeket és csökkenti a készletforgalmat (CHEN et al. 2005). A nem optimalizált szállítási folyamatok is hozzájárulhatnak az átlagos készlet növekedéséhez, mivel a nem hatékony szállítási folyamatok hosszabb tárolási időt eredményezhetnek (CONSTABLE – WHYBARK 1978). Továbbá, a túlzott feldolgozás

növelheti az átlagos készletet, mivel a felesleges feldolgozási lépések hosszabb tárolási időt eredményezhetnek, ami szintén hozzájárulhat a magasabb átlagos készlethez.

12. táblázat: A 2. regressziós modell mutatóinak hozzárendelése a hét veszteségforráshoz

KPI	Túltermelés	Készletezés	Felesleges mozgás	Felesleges szállítás	Várakozás	Túlzott feldolgozás	Selejt/hibás termékek
DIO	X	X		X			
ISR	X	X					
Átlagos készlet	X	X		X		X	

Forrás: Saját szerkesztés

A második modellt kibővítettem az újonnan bevezetett mutatókkal, így az új logisztikus regressziós modell az alábbiak szerint írható fel:

$$\begin{aligned} \text{logit}(E[\text{Lean}_i]) \\ = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{ROA}_i + \beta_2 \cdot \text{ROS}_i + \beta_3 \cdot \text{ROI}_i + \beta_4 \cdot \text{NPM}_i + \beta_5 \cdot \text{ATO}_i + \beta_6 \cdot \text{ITO}_i \\ + \beta_7 \cdot \text{DIO}_i + \beta_8 \cdot \text{ISR}_i + \beta_9 \cdot \text{Átlagos készlet} \end{aligned}$$

Ahol,

- $\text{logit}(E[\text{Lean}_i])$: a logit-transzformált várható érték
- β_0 : a modell konstans tagja
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$: a modell paraméterei (koefficiensek)
- $\text{ROA}_i, \text{ROS}_i, \text{ROI}_i, \text{NPM}_i, \text{ATO}_i, \text{ITO}_i, \text{DIO}_i, \text{ISR}_i, \text{Átlagos készlet}_i$: a független változók, ahol az indexek az egyes megfigyelésekre utalnak.

A kibővített, második logisztikus regressziós modell becsült eredményeit a 13. táblázat tartalmazza.

13. táblázat: A 2. logisztikus regressziós modell eredményei

Változó	Becsült együttható	Standard hiba	Z-érték	P-érték
Konstans	4,4760	1,8570	2,4110	0,0159
ROA	-33,5900	20,6400	-1,6270	0,1036
ROS	2,2980	2,4930	0,9220	0,3568
ROI	-0,1058	3,1750	-0,0330	0,9734
NPM	13,0400	7,9000	1,6510	0,0988
ATO	-27,6700	4,3310	-6,3890	< 0,001
ITO	1,2130	0,4302	2,8200	0,0048
DIO	-0,1314	0,0265	-4,9560	< 0,001
ISR	47,0000	10,0100	4,6960	< 0,001
Átlagos készlet	7.715e-11	1.705e-11	4,5250	< 0,001

Forrás: Saját szerkesztés

A modell null devianciája 1077,36 volt 802 szabadságfok mellett, míg a reziduális deviancia értéke 163,67-re csökkent 793 szabadságfok mellett, ami jelentős javulást jelez a modell illeszkedésében. Az Akaike-információs kritérium (AIC) értéke 183,67, amely a modell parszimoniáját és illeszkedését egyaránt figyelembe véve kedvező eredménynek tekinthető. A konvergenciát a modell 17 Fisher-iteráció után érte el, ami a paraméterek stabilitását és a modell számítási konzisztenciáját jelzi.

A második modell eredményei alapján megállapítható, hogy a konstans továbbra is statisztikailag szignifikáns. Mivel a ROI ebben az iterációban sem mutatott szignifikáns hatást, ezt a prediktort a további modellezés során várhatóan elhagyom. A ROS ugyan ebben a modellben nem bizonyult szignifikánsnak, ennek ellenére nem kerül kizárásra a későbbi elemzésekből. Ennek oka, hogy a ROS az egyetlen olyan KPI a modellben, amely tartalmazza az üzemi eredményt, amely a pénzügyi teljesítmény szempontjából releváns tényező lehet. Tekintettel arra, hogy a lean teljesítmény elsősorban a gyártási tevékenységekhez kötődik, feltételezhető, hogy annak hatása inkább az üzemi eredményben, semmint a nettó profitban vagy az árbevételben jelenik meg. A modell pontossága a módosítások hatására jelentős mértékben javult, jelen esetben elérte a 95,94%-ot. A második modell prediktorai közötti multikollinearitás mértékét a 14. táblázatban bemutatott VIF-értékek alapján vizsgáltam.

14. táblázat: A multikollinearitás mutatói (VIF-értékek) a 2. regressziós modell esetében

Változó	VIF érték
ROA	9,2977
ROS	2,0619
ROI	1,5405
NPM	10,0089
ATO	1,7425
ITO	4,1729
DIO	102,7330
ISR	90,5985
Átlagos készlet	1,7214

Forrás: Saját szerkesztés

A VIF-értékek alapján megállapítható, hogy a modell több prediktorváltozó között jelentős multikollinearitás áll fenn, amely összhangban van a korábbi feltételezéseimmel. A ROA, NPM, DIO és ISR változók között túl magas korreláció figyelhető meg, különösen a DIO és ISR esetében, ahol a kapcsolat extrém mértékű. Ennek fényében indokolt megvizsgálni, mely prediktorok megtartása célszerű a további modellekben. Bár a ROA és ROS jelen modellben nem bizonyultak szignifikánsnak, a szakirodalmi háttér alapján továbbra is érdemes lehet szerepeltetni őket, mivel korábbi kutatások többszörösen is kimutatták ezek kapcsolatát a lean teljesítménnyel. Ugyanakkor nem zárható ki annak lehetősége sem, hogy olyan mutatók is értékes információval szolgálhatnak, amelyek eddig kevés figyelmet kaptak a szakirodalomban. A multikollinearitás vizsgálat eredményei alapján indokolt a DIO és az NPM elhagyása, mivel ezek túlzott átfedést mutatnak más változókkal, ami rontja a modell stabilitását.

A multikollinearitás csökkentése és a modell információtartalmának növelése érdekében az átlagos készlet helyett egy összetettebb mutatót, az IAR-t (Inventory to Asset Ratio) alkalmazom. Ez a mutató egyrészt több esettanulmányban is visszatérő elemként szerepel, másrészt jól jelzi, hogyan aránylik a készletszint a teljes eszközállományhoz, így releváns hatékonysági indikátor lehet a modellben. Továbbá a meglévő jövedelmezőségi és eszközhatékonysági mutatók mellett új prediktorként bevezetem a COGS (Cost of Goods Sold) mutatót is. Bár a vizsgált szakirodalomban ez eddig csupán egy esetben szerepelt közvetlenül lean kontextusban, az esettanulmányok alapján többszörösen is releváns, így indokolt a modellbe való bevonása.

IAR

Az IAR (Inventory to Asset Ratio, magyarul: az eszközökhöz viszonyított készletek aránya) azt méri, hogy a vállalat eszközállományán belül mekkora arányt képviselnek a készletek, kiszámítása a készletek és az összes eszköz hányadosaként történik. A mutató közvetlenül kapcsolódik a túltermeléshez, készletezéshez és várakozáshoz: a feleslegesen gyártott vagy felhalmozott készletek növelik az IAR-értéket, ami a tőke nem hatékony lekötésére, a

készletfenntartás költségeinek növekedésére és a forgási sebesség csökkenésére utalhat. Emellett a magas IAR érték jelezheti, hogy a készletek hosszabb ideig várakoznak a vállalatban belüli folyamatokban, mielőtt értékesítésre kerülnek (CUATRECASAS-ARBÓS et al. 2015). Bár az IAR még kevésbé kutatott KPI a lean teljesítményértékelés terén, több esettanulmányban is releváns mutatóként szerepel, és más változókkal együtt alkalmazva új összefüggések feltárására lehet alkalmas.

COGS

A COGS (Cost of Goods Sold, magyarul: eladott áruk beszerzési értéke) azt mutatja meg, hogy a vállalat egy adott időszakban mekkora összeget fordított a termékek előállítására vagy beszerzésére, amelyeket értékesített. Kiszámítása a kezdő készlet és a beszerzések összegének összeadásával, majd a záró készlet levonásával történik. A COGS közvetlen kapcsolatban áll a túltermeléssel, a túlzott feldolgozással és a selejt/hibás termékekkel. A túltermelés növeli a termelési költségeket, mivel a szükségesnél több árucikk készül el, amelyek gyakran hosszabb ideig maradnak készleten, így növelve a költségeket (CHAN et al. 2021). A túlzott feldolgozás olyan többlet-műveleteket jelent, amelyek nem növelik a termék értékét, ugyanakkor hozzájárulnak a teljes költséghez, amit a COGS-ban kell elszámolni. A selejt vagy hibás termékek szintén emelik a COGS értékét, hiszen ezek javításra vagy újragyártásra szorulnak, miközben csökkentett áron vagy egyáltalán nem értékesíthetők (BRAGG 2005). Habár a COGS a lean teljesítményértékelés területén eddig kevésbé vizsgált KPI, több esettanulmányban is kulcsfontosságú mutatóként szerepel, így a modellben betöltött szerepe potenciálisan meghatározó lehet. Emellett a készletek változása közvetlen hatással van a COGS értékére, és közvetlenül kapcsolódik a Kaizen costing módszer keretében alkalmazott változó költségekhez is, mint például a közvetlen anyag- és munkaköltség (MONDEN – HAMADA 1991). Az IAR és a COGS lean veszteségforrásokhoz történő hozzárendelését a 15. táblázat foglalja össze, míg a harmadik logisztikus regressziós modellben alkalmazott teljes prediktorkészletet és a változók számítási módját a 16. táblázat mutatja be.

15. táblázat: A 3. regressziós modell mutatóinak hozzárendelése a hét veszteségforráshoz

KPI	Túltermelés	Készletezés	Felesleges mozgás	Felesleges szállítás	Várakozás	Túlzott feldolgozás	Selejt/hibás termékek
IAR	X	X			X		
COGS	X					X	X

Forrás: Saját szerkesztés

16. táblázat: Az 3. logisztikus regressziós modell prediktorai és számítási képletei

KPI	Számviteli képlet	Modell képlet
ROA (Return on Assets)	Net Income / ((Total Assets previous + Total Assets current) / 2) * 100	netIncome / ((totalAssets previous + totalAssets current) / 2)
ROS (Return on Sales)	Operating Income / Net Sales * 100	operatingIncome / revenue
ATO (Asset Turnover)	Net Sales / Total Assets	revenue / totalAssets
ITO (Inventory Turnover)	Cost of Goods Sold / Inventory	COGS / inventory
ISR (Inventory to Sales Ratio)	Average Inventory / Net Sales * 100	((inventory previous + inventory current) / 2) / revenue
IAR (Inventory to Asset Ratio)	Inventory / Total Assets * 100	inventory / totalAssets
COGS (Cost of Goods Sold)	Beginning Inventory + Purchases in Current Period - Ending Inventory	COGS

Forrás: Saját szerkesztés

A harmadik logisztikus regresszió modell képlete az alábbiak szerint írható fel:

$$\begin{aligned} \text{logit}(E[\text{Lean}_i]) \\ = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{ROA}_i + \beta_2 \cdot \text{ROS}_i + \beta_3 \cdot \text{ATO}_i + \beta_4 \cdot \text{ITO}_i + \beta_5 \cdot \text{ISR}_i + \beta_6 \\ \cdot \text{IAR}_i + \beta_7 \cdot \text{COGS}_i \end{aligned}$$

Ahol,

- $\text{logit}(E[\text{Lean}_i])$: a logit-transzformált várható érték
- β_0 : a modell konstans tagja
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7$: a modell paraméterei (koefficiensek)
- $\text{ROA}_i, \text{ROS}_i, \text{ATO}_i, \text{ITO}_i, \text{ISR}_i, \text{IAR}_i, \text{COGS}_i$: a független változók, ahol az indexek az egyes megfigyelésekre utalnak

17. táblázat: A 3. logisztikus regressziós modell eredményei

Változó	Becsült együttható	Standard hiba	Z-érték	P-érték
Konstans	9,0010	1,7420	5,1660	< 0,001
ROA	-7,9350	6,5660	-1,2090	0,2268
ROS	-2,1550	0,5821	-3,7020	0,0002
ATO	1,0080	5,5690	0,1810	0,8564
ITO	-1,0750	0,4424	-2,4310	0,0151
ISR	-4,4850	1,6810	-2,6680	0,0076
IAR	-112,8000	22,8300	-4,9400	< 0,001
COGS	9.799e-11	1.572e-11	6,2320	< 0,001

Forrás: Saját szerkesztés

A modell null devianciája 1128,83 volt 838 szabadságfok mellett, míg a reziduális deviancia 173,23-ra csökkent 831 szabadságfok mellett, ami a modell illeszkedésének jelentős javulását jelzi. Az Akaike-információs kritérium (AIC) értéke 189,23, amely a modell parszimóniáját és magyarázóerejét egyaránt figyelembe véve kedvező eredménynek tekinthető. A modell a konvergenciát 15 Fisher-iteráció után érte el. A harmadik modell eredményei alapján a ROA és ATO kivételével minden magyarázó változó statisztikailag szignifikáns hatást mutatott a válaszváltozóra. A szignifikáns prediktorok p-értékei 0,05 alattiak, így erős támogatást adnak a változók megtartására a modellben. Az újonnan bevezetett mutatók, különösen az IAR, COGS és ISR, látványosan javították a modell illeszkedését és prediktív teljesítményét. A residual deviance értéke (173,23) alacsony, és az AIC is kedvező irányba mozdult el, ami megerősíti a modellrobosztusságot. A konvergenciához 15 Fisher-iterációra volt szükség, ami az előző modellhez képest némileg komplexebb illeszkedési folyamatot jelez. A predikciók alapján számított igazságmátrix szerint a modell 343 helyes és mindössze 17 hibás besorolást eredményezett, ami 95,28%-os pontosságot jelent, ez az eddigi modellek közül a legjobb teljesítményt mutatja. A harmadik modell prediktorai közötti multikollinearitás ellenőrzésére számított VIF-értékeket a 18. táblázat tartalmazza.

18. táblázat: A multikollinearitás mutatói (VIF-értékek) a 3. regressziós modell esetében

Változó	VIF érték
ROA	1,6114
ROS	2,7313
ATO	5,0129
ITO	6,9364
ISR	4,5521
IAR	7,9907
COGS	2,2997

Forrás: Saját szerkesztés

A szignifikanciaszintek és a multikollinearitás vizsgálatának eredményei alapján meghatározható a végleges modellváltozat. Mivel a ROA ismételt tesztelés ellenére sem bizonyult statisztikailag szignifikánsnak, ez a változó kikerül a modellből. Az ATO szintén nem mutatott érdemi kapcsolatot a válaszváltozóval, ráadásul multikollinearitási problémát is jelez, így indokolt annak elhagyása is. E változók kizárásával az IAR várhatóan már nem fog problémás szintű korrelációt mutatni a fennmaradó prediktorokkal. A végső változók kiválasztásakor arra törekedtem, hogy a modell a lehető legtöbb, szakirodalom által is alátámasztott KPI-t tartalmazza, és a lean megközelítés szempontjából átfogó képet adjon a vállalat pénzügyi és vagyoni helyzetéről. Ez magában foglalja a készletek hatékonyságát (ITO, ISR), a jövedelmezőséget (ROS), valamint az eszközökhöz viszonyított készletek arányát (IAR) és az eladott áruk költségét (COGS). A végleges, negyedik logisztikus regressziós modell prediktorait és azok számítási módját a 19. táblázat foglalja össze.

19. táblázat: A 4. modell prediktorai és számítási képleteik

KPI	Számviteli képlet	Modell képlet
ROS (Return on Sales)	Operating Income / Net Sales * 100	operatingIncome / revenue
ITO (Inventory Turnover)	Cost of Goods Sold / Inventory	COGS / inventory
ISR (Inventory to Sales Ratio)	Average Inventory / Net Sales * 100	((inventory previous + inventory current) / 2) / revenue
IAR (Inventory to Asset Ratio)	Inventory / Total Assets * 100	inventory / totalAssets
COGS (Cost of Goods Sold)	Beginning Inventory + Purchases in Current Period - Ending Inventory	COGS

Forrás: Saját szerkesztés

A negyedik logisztikus regressziós modell egyenlete:

$$\text{logit}(E[\text{Lean}_i]) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{ROS}_i + \beta_2 \cdot \text{ITO}_i + \beta_3 \cdot \text{ISR}_i + \beta_4 \cdot \text{IAR}_i + \beta_5 \cdot \text{COGS}$$

Ahol,

- $\text{logit}(E[\text{Lean}_i])$: a logit-transzformált várható érték
- β_0 : a modell konstans tagja
- $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$: a modell paraméterei (koefficiensek)
- $\text{ROS}_i, \text{ITO}_i, \text{ISR}_i, \text{IAR}_i, \text{COGS}_i$: a független változók, ahol az indexek az egyes megfigyelésekre utalnak

A végleges logisztikus regressziós modell becsült paramétereit és statisztikai eredményeit a 20. táblázat mutatja be.

20. táblázat: A 4. logisztikus regressziós modell eredményei

Változó	Becsült együttható	Standard hiba	Z-érték	P-érték
Konstans	8,7900	1,6800	5,2330	< 0,0001
ROS	-2,2760	0,4986	-4,5650	< 0,0001
ITO	-1,0090	0,3257	-3,0990	0,0019
ISR	-4,2060	1,5040	-2,7970	0,0052
IAR	-111,7000	14,1400	-7,8970	< 0,0001
COGS	9,752e-11	1,512e-11	6,4500	< 0,0001

Forrás: Saját szerkesztés

A binomiális eloszláson alapuló modell diszperziós paraméterét 1-nek tekintettem. A modell null devianciája 1128,8 volt 838 szabadságfok mellett, míg a reziduális deviancia 173,7-re csökkent 833 szabadságfok mellett. Az Akaike-információs kritérium (AIC) értéke 185,7, ami a modell illeszkedésének és parszimóniájának együttes mutatójaként kedvező eredménynek tekinthető. A végleges modell prediktorai közötti multikollinearitás ellenőrzésének eredményeit a 21. táblázat foglalja össze.

21. táblázat: A multikollinearitás mutatói (VIF-értékek) a 4. regressziós modell esetében

Változó	VIF érték
ROS	2,3160
ITO	3,7233
ISR	3,7624
IAR	3,0214
COGS	2,1222

Forrás: Saját szerkesztés

Az összehasonlítás alapján jól látható, hogy az új modellben valamennyi prediktor statisztikailag szignifikáns. A modell által elért 95,56%-os pontosság kiemelkedően magas, és az 5%-os hibahatáron belül marad, ami megerősíti a modell megbízhatóságát. A végleges logisztikus regressziós modell tehát erős prediktív teljesítményt nyújt. Emellett a multikollinearitás a modellben már nem jelent problémát, így a változók közötti redundancia is megszűnt. Megállapítható tehát, hogy a modell kiválóan illeszkedik az adatokra, és jelentős előnyt kínál mind az előrejelzések, mind a döntéshozatali folyamatok támogatása szempontjából. Az irodalmi áttekintés és a kvalitatív mélyinterjúk eredményei stabil kiindulópontot biztosítottak a modell kialakításához, mivel a ROS (árbevétel-arányos eredmény) és az ITO (készletforgási mutató) statisztikailag szignifikáns prediktoroknak bizonyultak a lean teljesítmény előrejelzésében. A kvantitatív vizsgálat továbbá igazolta, hogy e két mutató mellett további három változó, az ISR (készlet-értékesítési arány), az IAR (készlet-eszköz arány) és a COGS (eladott áruk beszerzési értéke), szintén érdemi szerepet játszanak a lean státusz meghatározásában. Az említett öt változón alapuló logisztikus regressziós modell kiemelkedő pontossággal volt képes azonosítani a lean megközelítést alkalmazó vállalatokat.

Fontos megjegyezni, hogy a modellben alkalmazott öt kulcsmutató közül négy összetett, relatív mutató, míg egy, a COGS, abszolút értékű. A logisztikus regressziós modell, ellentétben a később alkalmazott, szélsőértékekre kevésbé érzékeny eljárásokkal, fokozottan kitett lehet az kiugró értékek torzító hatásának. Ugyanakkor az összetett változók esetében, mivel ezek relatív viszonyokat fejeznek ki, az egyenletillesztés során az extrém volatilitásból eredő szélsőértékek hatása mérséklődik. A COGS mint abszolút értékű mutató esetében ezzel szemben felmerült a szélsőértékek torzító hatásának lehetősége, ezért a modell stabilitásának és megbízhatóságának ellenőrzése érdekében kiegészítő elemzést végeztem, amely során a COGS természetes logaritmusra vett értékét alkalmaztam. A transzformált változóval lefuttatott modell eredményei a prediktorok statisztikai szignifikanciáját, valamint a modell stabilitását és magyarázóerejét tekintve nem mutattak érdemi eltérést, ami megerősítette, hogy az abszolút értékű mutató jelenléte nem eredményezett olyan torzulást, amely a modell megbízhatóságát vagy érvényességét veszélyeztette volna.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a kiválasztott mutatók segítségével a két vizsgált vállalatcsoport jól elkülöníthető egymástól. Ez arra utal, hogy a kontrollsoporthoz képest a benchmarkban szereplő cégek valószínűsíthetően hatékonyabban optimalizált működési folyamatokkal rendelkeznek. A logisztikus regressziós modell közel 100%-os pontossága azt jelzi, hogy ezek a mutatók megbízhatóan tükrözik a lean teljesítmény jellemzőit, és hatékonyan

segítik az olyan vállalatok azonosítását, amelyek ténylegesen alkalmazzák a lean módszereket. Figyelembe véve azonban, hogy egyetlen statisztikai modellre alapozott következtetések torzítást hordozhatnak, az eddigi eredmények érvényességét további két független statisztikai módszerrel is ellenőrzöm.

Random Forest alapú osztályozó modell kialakítása

A logisztikus regressziós modell kiértékelését követően a prediktív teljesítmény ellenőrzésére a Random Forest algoritmust is alkalmaztam. A logisztikus regresszió lineáris kapcsolatokat feltételező modelljével szemben a Random Forest módszer különösen hatékony a nem-lineáris összefüggések felismerésében és kezelésében (BREIMAN 2001). Emellett kevésbé érzékeny a túlillesztésre (overfitting), valamint zajos, valós környezetből származó adatok esetén is megbízható eredményeket nyújt. Robusztusságát tovább növeli, hogy beépített változószelekcióval rendelkezik: a modell kizárólag azokat a prediktorokat használja fel, amelyek a legnagyobb mértékben járulnak hozzá a döntési fák felépítéséhez, így elősegítve a releváns változók automatikus azonosítását (HASTIE 2009).

A Random Forest modell felépítéséhez a logisztikus regressziós elemzés során kiválasztott prediktorváltozókat alkalmaztam, ezzel biztosítva az eredmények összehasonlíthatóságát. Az algoritmus egy 500 döntési fából álló modell-együttest alkalmaz, amelyben minden egyes fa önálló predikciót generál, a modell végső becslése pedig ezen predikciók átlagolásával kerül meghatározásra. Az egyes elágazásoknál kizárólag egyetlen véletlenszerűen kiválasztott prediktor kerül kiértékelésre, amely csökkenti a fák közötti korrelációt, javítja a generalizációs képességet, és mérsékli a túlillesztés kockázatát (BREIMAN 2001). A bootstrap aggregálás módszere (bagging) tovább növeli a modell robusztusságát, különösen zajos vagy nemlineáris adatszerkezet esetén. Ez a megközelítés számítási szempontból is hatékony, és javítja a modell interpretálhatóságát: a döntési fák szerkezetéből levezethető, hogy mely változók milyen szerepet játszanak a predikciókban. A Random Forest természetéből fakadóan implicit módon változószelekciót is végez, mivel előnyben részesíti azokat a prediktorokat, amelyek nagyobb mértékben járulnak hozzá a döntési struktúrához. A változók fontosságának rangsorolása a modell egyik értékes mellékterméke, amely hasznos támpontot nyújt a döntéshozatalhoz és a további elemzésekhez (LIAW – WIENER 2002). A modell implementációját az R nyelvben, a randomForest csomag segítségével végeztem el, mely az alábbiak szerint írható fel:

$$\hat{Y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i(\text{ROS}, \text{ITO}, \text{ISR}, \text{IAR}, \text{COGS})$$

Ahol,

- $\hat{Y}$: a becsült kimeneti változó, amit a random forest modell előrejelz
- N: a döntési fák száma (500 ebben az esetben)
- f_i : az i-edik döntési fa kimeneti függvénye, amely a bemeneti változók alapján adja meg az előrejelzést
- ROS, ATO, ISR, IAR, COGS: a bemeneti változók

22. táblázat: Random Forest modell főbb paraméterei és teljesítménymutatói

Tulajdonság	Érték
Prediktorváltozók	ROS, ITO, ISR, IAR, COGS
Döntési fák száma	500
Vizsgált változók száma elágazásonként	1
Négyzetes reziduumok átlaga	0,0146
Magyarázott variancia (%)	93,91%

Forrás: Saját szerkesztés

A négyzetes maradványok átlaga (Mean of Squared Residuals) a modell esetében 0,0146, amely a becsült és a tényleges értékek közötti eltérések négyzetének átlagát fejezi ki. Ez az érték jól tükrözi a modell illeszkedésének minőségét: minél alacsonyabb, annál pontosabbak a predikciók. Az eredmény arra utal, hogy a modell jól követi az adatok mögötti struktúrát, és megbízható előrejelzéseket nyújt. A változók által magyarázott variancia (Explained Variance) 93,91%, ami azt mutatja, hogy a modell a Lean változó szóródásának közel 94%-át képes magyarázni. Ez a magas arány a modell erős prediktív képességét jelzi, és arra utal, hogy a kiválasztott prediktorváltozók relevánsak és informatívak a vizsgált összefüggés szempontjából. A Random Forest modell főbb beállításait és teljesítménymutatóit a 22. táblázat foglalja össze.

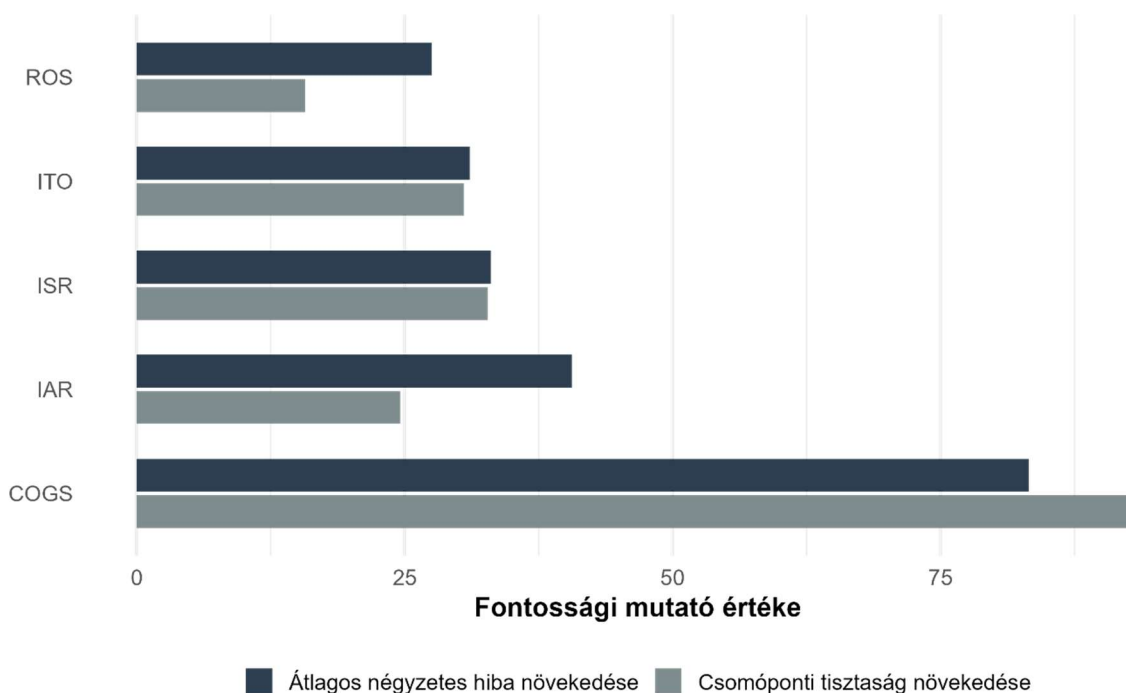
A Random Forest modellben a prediktorváltozók fontosságát két mutató segítségével értékeltem: az átlagos négyzetes hiba növekedése és a csomóponti tisztaság növekedése. Az átlagos négyzetes hiba növekedése azt mutatja meg, hogy milyen mértékben nő az átlagos négyzetes hiba, ha az adott változót kizárjuk a modellből. Ennek megfelelően minél magasabb ez az érték, annál nagyobb szerepet játszik az adott prediktor a modell teljesítményében. A csomóponti tisztaság növekedése érték azt jelzi, hogy az adott változó mennyiben járul hozzá a döntési fák elágazási pontjainak homogenitáshoz, vagyis a modell struktúrájának tisztaságához. A prediktorváltozók relatív fontosságát a két alkalmazott mutató alapján a 23. táblázat mutatja be.

23. táblázat: A prediktorváltozók fontossága a Random Forest modellben

Változó neve	Átlagos négyzetes hiba növekedése	Csomóponti tisztaság növekedése
ROS	27,5203	15,7295
ITO	31,0598	30,5058
ISR	33,0349	32,7569
IAR	40,5841	24,6115
COGS	83,2246	93,5192

Forrás: Saját szerkesztés

Az eredmények összhangban vannak a logisztikus regresszió során kapott becslésekkel: a Random Forest modellben is a COGS és az IAR bizonyultak a legfontosabb prediktorváltozóknak. A változók relatív fontosságát az 4. ábra szemlélteti. Ezek járulnak hozzá legnagyobb mértékben a modell pontosságához és a döntési fák szerkezetének tisztaságához. Ezzel szemben a ROS fontossági értékei alacsonyak, ami arra utal, hogy korlátozott szerepet játszik a predikcióban, ez a megállapítás a logisztikus regresszió eredményeivel is összhangban van.



4. ábra: A Random Forest modell változóinak relatív fontossága

Forrás: Saját szerkesztés

A predikciók alapján készült igazságmátrix szerint a Random Forest modell 98,33%-os pontossággal rendelkezik, ami hasonlóan magas érték, mint a logisztikus regresszió során kapott 95,56%-os pontosság. Az eredmények azt mutatják, hogy a Random Forest modell jól

illeszkedik az adatokhoz, és kiemelkedően nagy pontossággal képes előre jelezni a Lean változót. A prediktorváltozók fontossági elemzése is következetes mintázatot mutatott mindkét módszer esetében, különösen a COGS, IAR és ISR domináns szerepét emelve ki. Mindez azt jelzi, hogy a lean teljesítmény értékeléséhez kiválasztott mutatók két, módszertanilag eltérő megközelítés segítségével is alátámasztást nyertek, ami tovább erősíti az eredmények megbízhatóságát és érvényességét.

Predikciós modell építése SVM algoritmussal

A korábban bemutatott logisztikus regressziós és Random Forest alapú modellezési megközelítések mellett egy további gépi tanulási eljárást, a támogatott vektorgépet (Support Vector Machine, SVM) is alkalmaztam az elemzés során. Az SVM eredetileg lineáris osztályozási problémák megoldására lett kifejlesztve, célja pedig egy olyan döntési felület (határfelület) meghatározása, amely a bemeneti adatokat a lehető legnagyobb távolságra választja el egymástól a különböző osztályok között (CORTES – VAPNIK 1995). Az SVM tehát törekszik az optimális elválasztó hipersík megtalálására, amely általában jó általánosító képességgel rendelkezik, és ebből adódóan jól illeszkedik a jelen kutatás predikciós célú modelljéhez is. Az SVM egyik legnagyobb előnye, hogy kernel trükk alkalmazásával nemlineáris elválasztó felületek kialakítására is alkalmas. Ennek érdekében három különböző kernel függvényt vizsgálok meg az elemzésben: a lineáris, a polinomiális, valamint az RBF (Radial Basis Function) típust. A lineáris kernel az adatok közötti lineáris összefüggések feltárására alkalmas, míg a polinomiális kernel képes bonyolultabb, görbült határvonalak modellezésére. Az RBF kernel rendkívül rugalmas, és jól alkalmazkodik a bemeneti adatok topológiájához, így különféle alakzatú és eloszlású döntési határokat képes létrehozni. Az SVM különösen hatékonynak bizonyul kis- és közepes mintaszámú, nagy dimenziójú adatok esetében, valamint akkor, amikor a cél a magas prediktív teljesítmény és az általánosítási képesség optimalizálása (HASTIE 2009). A modellek implementálását az R nyelvben, az e1071 csomag segítségével végeztem, amely lehetővé teszi az SVM különböző kernel típusainak könnyű összehasonlítását.

Mivel a lean teljesítményértékelő modell bemeneti adatai feltehetően nem lineárisan elkülöníthetők, az elemzés során mindhárom kernel típust, lineáris, polinomiális és RBF, figyelembe veszem, és összehasonlítom, hogy melyik biztosítja a legjobb predikciós teljesítményt. Fontos kiemelni, hogy az SVM algoritmus alapvetően kétosztályos problémák megoldására lett optimalizálva, ezért a modell által előállított folytonos kimeneti értékeket bináris osztálycímkekké szükséges transzformálni. Ennek megfelelően, ha a Lean értékelésre kapott valószínűségi becslés meghaladja a 0,5-ös küszöbértéket, az adott megfigyelést az „1” (pozitív) osztályba soroljuk, ellenkező esetben pedig a „0” (negatív) osztályba.

Lineáris kernel SVM:

$$f(x) = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i (\text{ROS}_i \cdot \text{ROS} + \text{ATO}_i \cdot \text{ATO} + \text{ISR}_i \cdot \text{ISR} + \text{IAR}_i \cdot \text{IAR} + \text{COGS}_i \cdot \text{COGS}) + b$$

Ahol:

- $\text{ROS}_i, \text{ATO}_i, \text{ISR}_i, \text{IAR}_i, \text{COGS}_i$: az i -edik tanítópélda magyarázó változóinak értékei
- $\text{ROS}, \text{ATO}, \text{ISR}, \text{IAR}, \text{COGS}$: a bemeneti változók aktuális értékei
- α_i : az i -edik támogató vektorhoz tartozó Lagrange multiplikátor
- y_i : az i -edik tanítópélda osztálycímkeje (± 1)
- b : a torzítás vagy eltolás

Polinomiális kernel SVM:

$$f(x) = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i ((ROS_i \cdot ROS + ATO_i \cdot ATO + ISR_i \cdot ISR + IAR_i \cdot IAR + COGS_i \cdot COGS)^d) + b$$

Ahol:

- $ROS_i, ATO_i, ISR_i, IAR_i, COGS_i$: az i -edik tanítópélda magyarázó változóinak értékei
- $ROS, ATO, ISR, IAR, COGS$: a bemeneti változók aktuális értékei
- α_i : az i -edik támogató vektorhoz tartozó Lagrange multiplikátor
- y_i : az i -edik tanítópélda osztálycímkeje (± 1)
- d : a polinomiális kernel fokszáma
- b : a torzítás vagy eltolás

Radiális (Gauss) kernel SVM:

$$f(x) = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i \exp(-\gamma |x_i - x|^2) + b$$

Ahol:

- $(ROS_i, ATO_i, ISR_i, IAR_i, COGS_i)$ és $(ROS, ATO, ISR, IAR, COGS)$: az i -edik tanítópélda és a bemeneti vektor (magyarázó változók) közötti euklideszi távolságot jelöli, ahol $|x_i - x|^2$ a négyzetre emelt euklideszi távolságot jelöli
- α_i : az i -edik támogató vektorhoz tartozó Lagrange multiplikátor
- y_i : az i -edik tanítópélda osztálycímkeje (± 1)
- γ : a radiális kernel szélességi paramétere
- b : a torzítás vagy eltolás

Az osztályozó modellek teljesítményének értékelésére számos metrika áll rendelkezésre. Ezek közül négy alapvető, leggyakrabban alkalmazott mutatót választottam ki az elemzéshez:

- Pontosság (Accuracy): Megmutatja, hogy az összes osztályozott példa hány százalékát sorolta helyesen a modell. Magas pontossági érték arra utal, hogy a modell általánosságban jól teljesít az osztályozási feladatban.
- Precizitás (Precision): A pozitív osztályba sorolt esetek közül hány volt valóban pozitív. Ez a mutató különösen fontos, ha cél a hamis pozitív besorolások minimalizálása (pl. ha a téves pozitív azonosítás súlyos következményekkel jár).
- Fedés (Recall): Az összes valóban pozitív eset közül mennyit sikerült helyesen azonosítani a modellnek. Akkor különösen lényeges, ha a cél a pozitív példák minél teljesebb felismerése.
- F1 pontszám (F1-Score): A precizitás és a fedés harmonikus átlaga. Magas F1 pontszám arra utal, hogy a modell jó egyensúlyt teremtett a két mutató között, azaz nemcsak pontos, hanem teljes is a pozitív osztály azonosításában.

A három vizsgált SVM-kernel teljesítménymutatóinak összehasonlítását a 24. táblázat foglalja össze.

24. táblázat: Az SVM-modellek eredményeinek összefoglalása

Modell	Pontosság	Precizitás	Fedés	F1 pontszám
Lineáris	0,6861	0,9024	0,2534	0,3957
Polinomiális (másodfokú)	0,6556	0,8929	0,1712	0,2874
RBF	0,8889	0,9344	0,7808	0,8507

Forrás: Saját szerkesztés

Az első modell, a lineáris SVM közepes teljesítményt nyújtott az adathalmazon. Bár a precizitás értéke 90,24%-kal viszonylag magas, a többi mutató, különösen a fedés (25,34%) és az F1 pontszám (39,57%) alacsony, ami arra utal, hogy a modell gyakran nem ismeri fel a pozitív eseteket. Ez azt jelenti, hogy a modell ugyan kevés hamis pozitív esetet produkál, de sok valódi pozitív esetet nem tud azonosítani, ami az alkalmazás szempontjából jelentős korlátozást jelent. A második modell, a másodfokú polinomiális SVM, még gyengébb teljesítményt mutatott. A pontosság értéke mindössze 65,56%, a fedés pedig csupán 17,12%, amely nagyon alacsony érzékenységre utal. Ennek következményeként az F1 pontszám is alacsony (28,74%), ami arra utal, hogy ez a modell sem képes megfelelő egyensúlyt teremteni a pozitív esetek felismerése és a helyes besorolások között. Egészében véve ez a modell nem bizonyult megfelelőnek a lean teljesítmény előrejelzésére. Ezzel szemben a harmadik modell, az RBF kernelű SVM, kiemelkedő eredményeket produkált. A pontosság 88,89%, az F1 pontszám 85,07%, és a fedés is magas (78,08%), ami azt jelzi, hogy ez a modell megbízhatóan ismeri fel a pozitív eseteket, miközben az általános teljesítménye is kiváló. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a lean teljesítményértékelő modell nem elegendő, ha csak lineáris vagy egyszerű nemlineáris kapcsolatokat kezelő módszereket alkalmazunk komplexebb, rugalmasabb algoritmusokra van szükség. Mindez összhangban áll a korábban használt Random Forest modell eredményeivel is, amelyek szintén sikeresen kezelték a nemlineáris összefüggéseket.

A deskriptív elemzés eredményei alapján megállapítható, hogy a vizsgált gépi tanulási algoritmusok, a logisztikus regresszió, a Random Forest és az SVM, egyaránt kiemelkedő prediktív teljesítményt mutattak a lean teljesítmény kvantitatív értékelése során. A modellek többségénél elért 90% feletti pontossági értékek, valamint a stabil illeszkedés arra utalnak, hogy az alkalmazott eljárások hatékonyan képesek megragadni az adatokban rejlő összefüggéseket. Az algoritmusok konzisztens eredményei megerősítik, hogy a kiválasztott teljesítménymutatók releváns és informatív indikátorai a lean módszerek használatának. Ezen túlmenően a különböző modellek által szolgáltatott, egymással összhangban álló eredmények a módszertani megközelítés robusztusságát és a kutatási modell érvényességét is alátámasztják.

A túlillesztés kockázatának vizsgálata és a modellek általánosító képességének értékelése érdekében kiegészítő Leave-One-Out (LOO) validációt végeztem. A LOO-validáció során minden iterációban egy megfigyelést kizártam a tanító mintából, majd a modellt a fennmaradó adatokon újraillesztettem, és a kihagyott megfigyelésen értékeltem. Az eredmények alapján a modellek teljesítménye stabilnak bizonyult, ami megerősíti azok robusztusságát és megfelelő általánosító képességét. A LOO-validáció eredményei emellett arra is utalnak, hogy a bemutatott prediktív teljesítmény nem kizárólag a tanító adathalmaz sajátosságain alapul, ezáltal mérsékelve az iteratív modellfejlesztésből eredő esetleges optimista teljesítménybecslés kockázatát.

5.1.3. DEA modell eredményei

A korábban elvégzett logisztikus regressziós, Random Forest és SVM elemzések segítségével leíró módon sikerült azonosítani azokat a KPI-okat, amelyek az empirikus kutatások eredményeivel összhangban leginkább alkalmasak lehetnek a lean teljesítmény mérésére. Az elemzések középpontjában a bináris lean változó állt, amely alapján a vállalatokat két csoportra osztottuk: egy lean csoportra, ahol a vállalatok igazoltan lean módszereket alkalmaznak, valamint egy heterogén kontrollcsoportra, amelyben nem áll rendelkezésre információ arra vonatkozóan, hogy a vállalatok lean elvekre építik-e gyártási folyamataikat. Az egyes modellek finomhangolását és validálását követően statisztikailag szignifikáns eredmények születtek. A deskriptív eredmények egy skálázható teljesítményértékelő modellbe való átültetése érdekében a DEA módszer alkalmazására kerül sor. A vizsgálat során alkalmazott Data Envelopment Analysis (DEA) módszer nem-parametrikus jellege és többváltozós elemzési képessége különösen alkalmassá tette a vállalati szintű hatékonyság értékelésére, mivel lehetővé tette különböző típusú inputok és outputok egyidejű figyelembevételét előzetes függvényfeltételezések nélkül (CHARNES et al. 1978). A DEA alkalmazása különösen indokoltnak bizonyult jelen kutatásban, mivel a lean működés pénzügyi és számviteli teljesítménymutatókon keresztüli értelmezése komplex input-output összefüggések feltárását tette szükségessé. A módszer lehetőséget adott arra, hogy a technikai hatékonyságot relatív módon értékeljem a minta többi szereplőjéhez képest, és azonosítsam azokat a vállalatokat, amelyek a legjobb gyakorlatot képviselik. Az állandó mérethozadékot feltételező CRS-modell alkalmazása az elemzésben megfelelőnek bizonyult, tekintettel arra, hogy a vállalatok hosszabb távú teljesítményadatai stabil erőforrás-használati arányokat tükröztek. Mindez alátámasztotta a DEA alkalmazásának relevanciáját a lean teljesítmény hatékonysági szempontú értékelésében.

A leíró elemzés alapján kulcsfontosságúnak ítélt KPI-ok további bontása lehetővé teszi, hogy a DEA nagyobb részletességgel vizsgálja az egyes tényezők közötti kapcsolatokat. Bár a pénzügyi mutatók közvetlen alkalmazása leegyszerűsítheti az értékelési folyamatot, ez a megközelítés magában hordozza annak kockázatát, hogy elvesznek a mögöttes struktúrák, például a költségszerkezet, a bevételi források vagy a tőkehatékonyság által közvetített információk. A KPI-ok mögötti komponensek feltárása mélyebb betekintést nyújt az erőforrások és a teljesítmény közötti relációkba, és elősegíti a hatékonysági különbségek finomabb azonosítását. Amennyiben a KPI-ok bontatlanul kerülnek alkalmazásra a DEA-ban, a modell nem képes érzékelni ezeket a háttérben meghúzódó eltéréseket, így korlátozott képet adhat a teljesítmény valódi mozgatórugóiról. Ezzel szemben a mutatók tényezőkre bontása lehetővé teszi a DEA számára a részletesebb, célzottabb hatékonyságvizsgálatot és optimalizálást (CHARNES et al. 1978).

Jelen modellben az inputváltozók teljes mértékben a leíró elemzés során azonosított tényezőkből származnak, így kizárólag az outputváltozók meghatározása vált szükségessé.

Ezek a ROS és ISR mutatók alapján visszavezethetők az üzemi eredmény és bevétel komponensváltozókra. Ennek következtében a modellben vegyesen szerepelnek összetett mutatók, valamint ezen mutatók alkotóelemei is, ami a feltárni kívánt összefüggések természetéből adódóan logikus és módszertanilag indokolt. Fontos kiemelni, hogy ez a változók közötti részleges átfedés nem jelent problémát a DEA elemzés szempontjából, mivel a módszer célja a relatív hatékonyság értékelése az input-output kapcsolatok egészének figyelembevételével, nem pedig az egyes változók közötti függetlenség biztosítása. Az elemzést RStudio környezetben végeztem, a Benchmarking csomag alkalmazásával, amely lehetővé teszi a döntési egységek relatív hatékonyságának kiszámítását nem-parametrikus, input-orientált DEA-modell segítségével, állandó mérethozadék (CRS) feltételezése mellett. A DEA-modellben alkalmazott input- és outputváltozókat, valamint azok kapcsolatát a korábban azonosított KPI-okkal a 25. táblázat foglalja össze.

25. táblázat: DEA modell bemeneti és kimeneti tényezői és azok kapcsolata a KPI-okkal

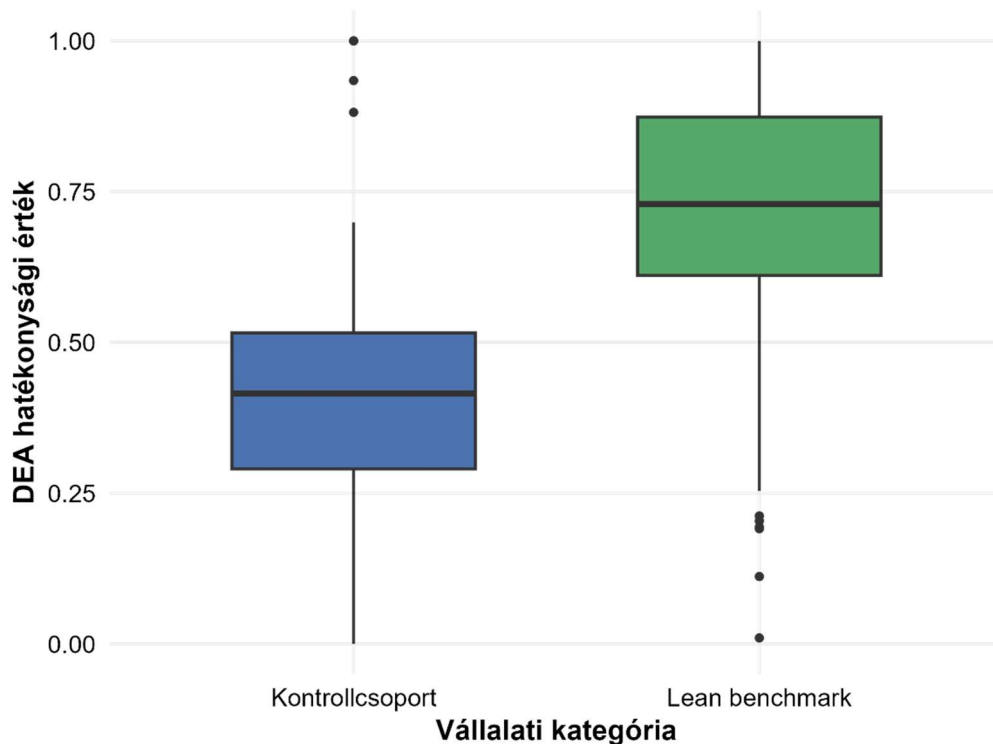
I/O	Tényező	Kapcsolódó deskriptív KPI
Input	ITO	ITO
	IAR	IAR
	COGS	COGS, ITO
Output	Üzemi eredmény	ROS
	Bevétel	ROS, ISR

Forrás: Saját szerkesztés

A DEA-modell input- és outputváltozóinak meghatározása a korábbi statisztikai elemzések eredményeire, valamint a kiválasztott mutatók gazdasági és számviteli tartalmára épült. Inputváltozóként azok a tényezők (ITO, IAR és COGS) kerültek kiválasztásra, amelyek elsősorban a vállalati erőforrás-felhasználást, a készletgazdálkodást és a működési ráfordításokat jellemzik. Ezzel szemben outputváltozóként az üzemi eredmény és a bevétel szerepelnek, mivel ezek fejezik ki a vállalati működés pénzügyi eredményét, és közvetlenül kapcsolódnak a korábban azonosított ROS és ISR mutatókhoz. Ez a felosztás összhangban áll a DEA módszertan alaplogikájával, amely az erőforrások felhasználása és az azokból létrejövő eredmények kapcsolatának értékelésén alapul (MERGONI et al. 2025).

Az egyes tényezők és az ezekhez kapcsolódó mutatók között már korábban is erős korrelációs viszony volt kimutatható, amelyet a táblázatban megjelenő többszörös változó-átfedés is alátámaszt. Noha a DEA-modell esetében a multikollinearitás technikailag nem jelent problémát, a tényezőalapú megközelítés ebből a szempontból is előnyös lehet, mivel csökkenti a mutatók közötti redundanciát, és ezáltal hatékonyabban aknázza ki a modell elemzési potenciálját. Továbbá, mivel a KPI-ok gyakran önmagukban is tükrözik a teljesítményt, azok tényezőkre bontása lehetőséget ad a hatékonyság pontosabb és részletesebb vizsgálatára, valamint mérsékli az összetett KPI-okból eredő információvesztést. A DEA-modellből származó hatékonysági pontszámokat az eredeti adatállományhoz illesztve átfogóbb képet kaphatunk a vállalatok teljesítményéről, valamint lehetőség nyílik e pontszámok és a bináris lean változó közötti kapcsolat elemzésére. Fontos ugyanakkor hangsúlyozni, hogy a DEA-modellből származó hatékonysági pontszámok jelen kutatásban nem a lean működés közvetlen mérőszámaiként, hanem a vállalatok relatív működési hatékonyságának proxy mutatóiként

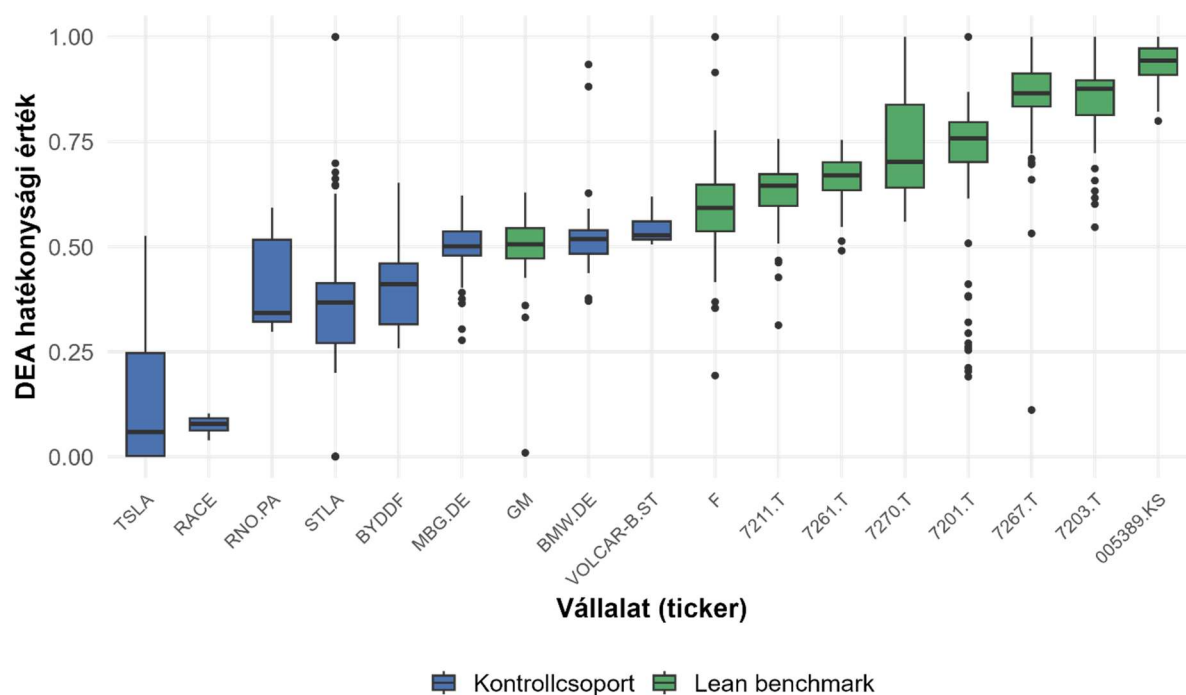
értelmezhetők. Amennyiben ez a kapcsolat statisztikailag is szignifikánsnak bizonyul, az megerősítheti azt a hipotézist, miszerint a lean módszereket alkalmazó vállalatok pénzügyi és számviteli szempontból is hatékonyabbak, különösen az általam vizsgált minta és a korábbi statisztikai modellek eredményei alapján. A lean és kontrollcsoport DEA-módszerrel meghatározott technikai hatékonyságának összehasonlítását a 5. ábra szemlélteti.



5. ábra: Vizsgált csoportok technikai hatékonysága a DEA-módszer alapján

Forrás: Saját szerkesztés

Az 1994 és 2024 közötti beszámolóadatok alapján megfigyelhető, hogy a DEA-modell által számított technikai hatékonysági értékek szignifikánsan magasabbak azoknál a vállalatoknál, amelyek a lean módszereket alkalmazó csoportba tartoznak. Ez a különbség a hatékonysági pontszámokban is tükrözi a lean megközelítés egyik alapvető célkitűzését, vagyis a pazarlás csökkentését és az erőforrások hatékonyabb felhasználását. Az egyes gyártók technikai hatékonyságának csoporttagság szerinti alakulását a 6. ábra mutatja be. Fontos azonban megjegyezni, hogy a lean csoportba sorolt vállalatok közül például a Ford, de különösen a General Motors esetében az átlagos hatékonysági szint inkább a kontrollcsoport teljesítményéhez közelít. Ezzel szemben néhány, eredetileg a kontrollcsoportba sorolt vállalat, így a BMW, a Mercedes-Benz Group és a Volvo esetében a hatékonysági mutatók megközelítik, sőt esetenként elérik a lean csoport alsó határértékeit. Ez arra utal, hogy egyes vállalatok, függetlenül formális lean besorolásuktól tényleges működésükben hasonló hatékonyságot érhetnek el.



6. ábra: A gyártók technikai hatékonysága a DEA-módszer alapján, lean csoporttagság szerint

Forrás: Saját szerkesztés

Az összefüggést aggregált szinten vizsgálva a DEA-modellből származó hatékonysági értékek és a csoportjelzőként alkalmazott bináris lean változó között 0,6981-es értékű, statisztikailag szignifikáns ($p < 0,001$) Pearson-korreláció mutatható ki. Ez a viszonylag erős kapcsolat megerősíti a korábbi elemzések következtetéseit is, amelyek alapján a lean módszereket alkalmazó vállalatok pénzügyi és számviteli szempontból kedvezőbb teljesítményt nyújtanak. Ugyanakkor a megállapításokat árnyalja, hogy a vizsgált időszak közel három évtizedet ölel fel, amely alatt jelentős makrogazdasági és iparági változások történtek. Továbbá, az időszak első harmadában néhány vállalat esetében még nem álltak teljes körű adatok rendelkezésre, ami kisebb mértékben befolyásolhatta az elemzésben szereplő megfigyelések számát, de érdemi torzítást nem eredményezett. Mindezek figyelembevételével azonban a korreláció erőssége és szignifikanciája alapján kijelenthető, hogy a megfigyelt kapcsolat megbízhatónak tekinthető, és valószínűsíthetően nem véletlenszerű összefüggésről van szó.

A DEA-modell eredményei egyértelműen hozzájárulnak annak alátámasztásához, hogy a korábbi prediktív modellek által kimutatott különbségek nem pusztán statisztikai sajátosságok vagy adathalmaz-specifikus mintázatok voltak. A technikai hatékonysági pontszámok rámutattak arra, hogy a teljesítménybeli eltérések a kulcsfontosságú pénzügyi és működési mutatók mögöttes tényezőinek, például a készletgazdálkodás, az erőforrás-felhasználás és a költséghatékonyság kombinált hatásából erednek. A DEA módszere eredményei ilyen módon megerősítették, hogy a korábban tapasztalt osztályozási különbségek valós, strukturális eltérésekből fakadtak. Ez a konzisztencia a különböző módszertani megközelítések között tovább növeli az eredmények érvényességét, és megerősíti azt a feltételezést, hogy a lean működés nem csupán koncepcionálisan, hanem számszerűsíthető hatékonyság formájában is érvényesül a vizsgált vállalatok körében.

5.1.4. Fuzzy modell eredményei

A korábbi elemzések során különböző statisztikai és gépi tanulási módszerekkel azonosítottam azokat a kulcsfontosságú pénzügyi és készletgazdálkodási mutatókat, amelyek a legerősebb kapcsolatot mutatták a vállalatok pénzügyi teljesítményével. Ezt követően a DEA modell alkalmazása megerősítette, hogy ezek a mutatók nemcsak szignifikánsak, hanem kellően diszkriminatívak is a hatékony és nem hatékony vállalatok elkülönítésében. Az eredmények alapján kialakított, statisztikai módszerekre épülő értékelési keretrendszer általános alkalmazhatóságot mutatott, ugyanakkor a lineáris szerkezet jellege miatt nem alkalmas a vállalati működésre jellemző fokozatos, átmeneti teljesítménykülönbségek kezelésére.

A kutatás következő, módszertani és tudományos hozzájárulás szempontjából is kulcsfontosságú szakaszában egy fuzzy logikai megközelítést alkalmaztam, amely az eddigi eredményekre építve lehetővé teszi a bemeneti változókhoz kapcsolódó bizonytalanság és átmenetiség pontosabb modellezését. A fuzzy (elmósódott halmazokon alapuló) rendszer lehetőséget ad arra, hogy a kiválasztott mutatók különböző értéktartományait ne kizárólag fix kategóriák szerint, hanem tagsági függvényeken alapuló, fokozatos besorolások mentén váljanak értékelhetővé. A modell felépítéséhez és finomhangolásához a korábban összeállított, az 1994 és 2024 közötti időszakot lefedő nagymintás adatbázist használtam fel. Fontos kiemelni, hogy a kutatás korábbi statisztikai módszereiben alkalmazott előre definiált lean csoportbontásnak (lean = 0 vagy lean = 1) a fuzzy modell teljesítményértékelő folyamatában már nincs szerepe; az kizárólag a KPI-ok kiválasztásában játszott meghatározó szerepet. A fuzzy alapú teljesítményértékelő modell kialakításának főbb lépéseit és azok logikai egymásra épülését a 26. táblázat foglalja össze.

26. táblázat: A modell logikai struktúrájának felépítése

Lépés	Leírás
1. lépés	A lean teljesítményértékelés szempontjából releváns KPI-ok kiválasztása (ROS, ISR, ITO, IAR, COGS)
2. lépés	Input adatok betöltése a mérlegből és az eredménykimutatásból.
3. lépés	DEA hatékonysági pontszámok kiszámítása a kiválasztott KPI-ok alapján.
4. lépés	Fuzzy modell (Gauss tagsági függvényekkel) adatvezérelt paraméterezése a DEA hatékonysági pontszámok és a KPI-ok elvárt előjelváltozásának figyelembevételével, PSO algoritmus alkalmazásával.
5. lépés	Fuzzy Lean Score kiszámítása és aggregálása.

Forrás: Saját szerkesztés

Annak érdekében, hogy a lehető legrobustusabb és legmegbízhatóbb fuzzy alapú teljesítményértékelő modellt hozzam létre, a szakirodalomban leggyakrabban alkalmazott négy tagsági függvénytypust, a háromszög, a trapéz, Gauss és a szigmoid-függvényeket teszteltem a modellépítési folyamat során. A különböző tagsági függvényformák vizsgálata lehetőséget biztosított a modellezési eredmények érzékenységének, prediktív pontosságának és belső konzisztenciájának értékelésére is. Mindezek célja az volt, hogy az összehasonlító elemzések alapján olyan tagsági függvényrendszer kerüljön kiválasztásra, amely a lehető legnagyobb mértékben illeszkedik a korábban elért eredményekhez és a kutatás során meghatározott

teljesítménymintázatokhoz. A fuzzy rendszerek hatékonysága nagymértékben függ a megfelelő tagsági függvények kiválasztásától. A szakirodalomban a háromszög, a trapéz, a Gauss és a szigmoid függvények a leggyakrabban használt típusok, mivel különböző modellezési igényekhez jól alkalmazkodnak: a háromszög és a trapéz egyszerű és gyors számítási lehetőséget nyújtanak, míg a Gauss és a szigmoid sima, differenciálható alternatívák komplexebb rendszerekhez (ZIMMERMANN 2001). A kutatásom alapproblémája, amennyiben kizárólag a modellezési komplexitás szempontját vesszük figyelembe elvileg a Gauss- és szigmoid típusú tagsági függvények alkalmazását indokolná. Ugyanakkor, mivel az adatok viselkedése előzetesen nem ismert az egyes modellekben, indokolt a leggyakoribb fuzzy függvénytípusok széleskörű tesztelése, beleértve az egyszerűbb háromszög- és trapézfüggvényeket is.

Az optimalizáció célfüggvénye a Lean Score és a DEA-hatékonysági mutató közötti korreláció maximalizálása volt, ugyanakkor a Lean Score értékek közvetlenül a pénzügyi mutatók fuzzy logikán alapuló transzformációiból származnak. A Lean Score tehát nem csupán egy absztrakt mérőszám, hanem a vállalati teljesítmény aggregált, fuzzy szabályokon keresztül értelmezett leképezése, amely az öt bemeneti változó (ROS, ITO, ISR, IAR, COGS) értékeiből épül fel. A tagsági függvények paramétereinek optimalizálása lehetővé tette, hogy a modell differenciált módon értékelje a KPI-ok különböző értéktartományait, és azok hatékonysággal való összefüggését. Ennek eredményeként a Lean Score egyszerre tükrözi az input mutatók strukturális sajátosságait és a vállalatok hatékonyságával való kapcsolatukat.

A minta nagysága és a PSO algoritmus paraméterei alapján mindhárom fuzzy modell esetében nagyságrendileg több millió Lean Score-értékelés történt az optimalizációs folyamat során. Mivel a célfüggvény minden egyes iterációban a teljes, több mint ezer megfigyelést tartalmazó mintán számította újra a modellkimenetet, a számítási terhelés a korábbi elemzési szakaszokhoz képest jelentősen megnőtt, ugyanakkor továbbra is kezelhető szinten maradt. A részecskeraj-alapú optimalizáció sajátossága, hogy a keresési tér alapos feltérképezéséhez nagy számú célfüggvény-kiértékelés szükséges, különösen, ha nemlineáris, fuzzy alapú szabályrendszerek paraméterhangolása a cél. Ez a nagy számítási igény ugyan megnövelte a modellfuttatás időigényét, ugyanakkor hozzájárult ahhoz, hogy a kapott Lean Score értékek stabilak, reprodukálhatók és a hatékonysági mutatókkal jól korreláló eredményeket nyújtsanak. A modellben alkalmazott KPI-ok kívánatos változási irányát, lean szemléletű értelmezését és a kapcsolódó veszteségforrásokat a 27. táblázat foglalja össze.

27. táblázat: Modellben alkalmazott KPI-ok lean szempontú értelmezése és kapcsolódó veszteségforrásokai

KPI	Kívánatos irány	Lean szemléletű hatásértelmezés	Kapcsolódó lean veszteségforrások
ROS	Növekedés	Javuló jövedelmezőség	Túltermelés, készletezés, mozgás, szállítás, várakozás, túlzott feldolgozás, selejt/hibás termékek
ITO	Növekedés	Hatékonyabb készletgazdálkodás	Túltermelés, készletezés
ISR	Csökkenés	Kevesebb készlet a bevételhez viszonyítva	Túltermelés, készletezés
IAR	Csökkenés	Alacsonyabb készletarány az eszközökön belül	Túltermelés, készletezés, várakozás
COGS	Csökkenés	Alacsonyabb működési költség	Túltermelés, túlzott feldolgozás, selejt/hibás termékek

Forrás: Saját szerkesztés

A fuzzy logikai modellben az egyes bemeneti mutatókhoz rendelt előjelek azt fejezik ki, hogy az adott változó értékének növekedése vagy csökkenése milyen irányú hatást gyakorol a vállalati teljesítmény megítélésére a lean szemlélet szempontjából. Pozitív előjel esetén a magasabb érték kedvezőnek, míg negatív előjel esetén a kisebb érték tekinthető kívánatosnak. Ennek megfelelően a modellben alkalmazott szabályrendszer előjeleit a lean menedzsment elméleti alapelvei alapján határoztam meg. A ROS és ITO mutatókhoz pozitív előjelet rendeltem, mivel ezek magasabb értékei a vállalati hatékonyság javulására utalnak. Ezzel szemben az ISR, IAR és COGS esetében negatív előjelet alkalmaztam, mivel a lean szemlélet szerint ezeknél a mutatóknál az alacsonyabb értékek kedvezőek, a készletgazdálkodás és költséghatékonyság javulását tükrözve. Ez a normatív megközelítés különösen indokolt, mivel a modell nem támaszkodhat közvetlenül a DEA-alapú hatékonysági mutató irányultságára. DEA ugyanis nem előre definiált elméleti viszonyokra, hanem input–output relációkra és endogén súlyozásra épülő relatív technikai hatékonyságértékelést alkalmaz, amely során a változók súlyai a döntési egységek teljesítményének maximalizálása alapján alakulnak ki. Ennek következtében a DEA modellben megfigyelhető korrelációk egyes KPI-ok esetében eltérhetnek az elméleti várakozásoktól. A fuzzy logika ezért nem az empirikus DEA eredményekből következtet a változók kívánatos irányára, hanem a lean szemlélet alapján előre meghatározott preferenciarendszerre épül, amelyen belül optimalizálja a tagsági függvények paramétereit. A modell tehát lényegében egy olyan, egyedi értékelési logikát valósít meg, amely a DEA-alapú technikai hatékonyságértékelés és a lean menedzsment elméleti alapelvei közötti szoros összefüggésre épül.

A modellépítés során az összes bemeneti változó esetében egységesen ötfokozatú tagsági rendszer került kialakításra, függetlenül attól, hogy az adott változónál háromszög, trapéz, Gauss vagy szigmoid típusú tagsági függvény került alkalmazásra. A választott szintek nagyon alacsony, alacsony, közepes, magas, nagyon magas a fuzzy modellezésben széles körben elfogadott normát képviselnek, különösen olyan alkalmazási területeken, mint a lean-alapú teljesítményértékelés (ABREU – CALADO 2017). A szakirodalmi relevancia mellett az

esettanulmányokban is a kvintilis alapú megközelítés bizonyult a leggyakoribbnak. Az ötszintű felosztás lehetővé teszi a változók differenciált, mégis áttekinthető kategorizálását, ezáltal támogatva a döntéstámogatási folyamatok pontosságát és konzisztenciáját.

A háromszög típusú tagsági függvények esetében az egyes szinteket három paraméter határozta meg: a bal szélső pont (ahol a tagsági érték 0), a csúcspont (ahol a tagsági érték 1), és a jobb szélső pont (ahol a tagsági érték ismét 0). Ez a háromparaméteres szerkezet lehetővé teszi a kategóriák közötti fokozatos átmenetet, miközben rugalmasan illeszkedik a bemeneti változók értéktartományához és eloszlásához. Mivel minden bemeneti változóhoz öt tagsági függvény tartozott, a teljes modell összesen 75 optimalizálandó paraméterrel rendelkezett. A paraméterek optimalizálására a PSO (Particle Swarm Optimization) algoritmust alkalmaztam, amely a keresési térben olyan paraméterkombinációkat próbált megtalálni, amelyek maximalizálták a kiszámított Lean Score és a DEA alapú hatékonysági mutató közötti korrelációt.

A trapéz alapú fuzzy modell kialakítása az ötszintű háromszög modell logikáját követte, azonban ebben az esetben minden tagsági függvényt négy paraméter határozott meg: a bal és jobb szélső pont, valamint a két belső pont, amelyek között a tagsági érték állandóan 1. Ez a megközelítés lehetővé tette, hogy a fuzzy halmazok konstans szakaszú szerkezete pontosabban írja le azokat az értéktartományokat, ahol a teljes tagság nem egyetlen pontban, hanem egy intervallumban érvényesül. A modell összesen 100 optimalizálandó paramétert tartalmazott, amely öt bemeneti változóból, változónként öt fuzzy szintből, valamint szinten belül négy paraméterből tevődött össze. A paraméterek optimalizálására ebben az esetben is a Particle Swarm Optimization (PSO) algoritmust alkalmaztam, amely olyan paraméterkombinációkat keresett, amelyek maximalizálják a fuzzy alapú Lean Score és a DEA-alapú technikai hatékonysági mutató közötti korrelációt. A paraméterrendezés során gondoskodtam a növekvő értéksorrendről, valamint a belső pontok közötti minimális különbség fenntartásáról a trapézforma torzulásának elkerülése érdekében.

A Gauss típusú fuzzy modell eltérő matematikai megközelítést alkalmazott a tagsági függvények kialakítására. Ebben az esetben a tagsági függvények folytonos, szimmetrikus, haranggörbe alakú görbékkel íródtak le, amelyek a változók értékeinek fokozatos átmenetét valósították meg az egyes fuzzy szintek között. Minden egyes fuzzy szint (nagyon alacsony, alacsony, közepes, magas és nagyon magas) két fő paraméterrel volt jellemezhető: az eloszlás középpontjával, amely a görbe csúcspontját határozta meg, valamint a szórással, amely az értékkör kiterjedéséért felelt. Mivel bemeneti változónként öt fuzzy szint került meghatározásra, összesen hat paraméter tartozott minden változóhoz, így a teljes modell szintjén 50 optimalizálandó paraméter alkotta az optimalizációs teret. A numerikus stabilitás biztosítása érdekében a szórás értékét minden esetben legalább 0,01-re korlátoztam, elkerülve ezzel a túl szűk tagsági függvényekből adódó instabilitást. Az optimalizációs folyamat során alkalmazott algoritmus és a célfüggvény ebben a modellváltozatban is megegyezett a háromszög és trapéz tagsági függvényeken alapuló modelleknél használtakkal.

A szigmoid függvényeken alapuló fuzzy modell egy nemlineáris, fokozatos átmeneteket lehetővé tevő megközelítést alkalmazott a tagsági értékek meghatározására. Ebben a modellváltozatban minden bemeneti változóhoz a korábbiakhoz hasonlóan öt fuzzy szint tartozott, és a tagsági értékek számítása szigmoid függvények kombinációjával történt, amelyek biztosították az értéktartományok közötti folyamatos átmenetet. Minden fuzzy szinthez két paraméter tartozott: az első a függvény meredekségét, míg a második annak középpontját szabályozta. A teljes modellben így összesen 50 optimalizálandó paraméter szerepelt, mivel minden egyes változóra öt fuzzy szint jutott, és minden szint két paraméterrel egy meredekségi és egy középponti értékkel volt jellemezve. A modell építése során gondoskodtam arról, hogy

a meredekségi paraméterek pozitív értékűek maradjanak, illetve a középpontok szigorúan növekvő sorrendben helyezkedjenek el, biztosítva ezzel a fuzzy szintek logikai elrendezését és a szigmoid struktúra torzulásmentes működését. Az optimalizáció célja ebben az esetben is a fuzzy alapú Lean Score és a DEA-alapú technikai hatékonysági mutató közötti korreláció maximalizálása volt, az előző fuzzy modellváltozatokkal konzisztens módon.

Minden fuzzy modell eredményét egységesített, 0 és 1 közé skálázott formában rögzítettem, az optimalizált tagsági paraméterekkel együtt. Ez lehetővé tette az eltérő fuzzy rendszerek teljesítményének összehasonlító elemzését mind kvantitatív mutatók, például a hatékonysági értékekkel való korreláció, entrópia és szórás, mind pedig az interpretálhatóság szempontjából. A négy modell (háromszög, trapéz, Gauss és szigmoid) szerkezeti különbségei és eltérő paraméterérzékenysége jól érzékeltették, hogy a fuzzy logikai rendszer típusa nem csupán technikai, hanem módszertani döntés is, amely jelentős hatással van arra, milyen mértékben képes a modell a vállalati teljesítmények árnyalt és megbízható differenciálására. A négy vizsgált fuzzy tagsági függvény alapján kialakított modellváltozatok összehasonlító teljesítménymutatóit a 28. táblázat foglalja össze.

28. táblázat: Modellakotás során tesztelt fuzzy tagsági függvények összehasonlítása

Fuzzy tagsági függvény	Fuzzy-DEA korreláció	Fuzzy-DEA R^2	Fuzzy szórás	Fuzzy entrópia
Háromszög	0,7090 ($p < 0,001$)	0,5026	0,2031	2,9277
Trapéz	0,7115 ($p < 0,001$)	0,5063	0,1783	2,6715
Gauss	0,7285 ($p < 0,001$)	0,5307	0,2013	2,9545
Szigmoid	0,5020 ($p < 0,001$)	0,2520	0,1213	2,0237

Forrás: Saját szerkesztés

Az egyes fuzzy modellvariánsok összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a Gauss típusú tagsági függvény nyújtotta a legjobb illeszkedést a DEA-alapú hatékonysági mutatóhoz, 0,7285-ös korrelációval ($p < 0,001$), meghaladva a háromszög (0,7090), trapéz (0,7115) és szigmoid (0,5020) modell eredményeit. Bár a korrelációs együtthatók minden modell esetében viszonylag magasak voltak, az R^2 értékek alapján a DEA hatékonysági mutatók legfeljebb az esetek mintegy 53%-ában magyarázzák a fuzzy alapú Lean Score értékek varianciáját. Ez megerősíti a fuzzy modell relevanciáját, miszerint az értékelés nemlineáris, szofisztikált módon történik, és nem csupán a DEA-mintázatok egyszerű leképezésén alapul. A szórás tekintetében a háromszög modell mutatta a legmagasabb értéket (0,2031), amelyet szorosan követett a Gauss modell (0,2013). Ez arra utal, hogy ezek a rendszerek kiegyensúlyozott módon értékelték a vállalati teljesítményt, miközben nem veszítettek információtartalmukból. Ezzel szemben a trapéz és a szigmoid variánsok lényegesen alacsonyabb szórást eredményeztek, ami egy simább, kevésbé differenciáló értékelést jelez. Az entrópia, mint a Lean Score értékek diszkriminációs képességének és információgazdagságának mérőszáma a Gauss modell esetében volt a legmagasabb (2,9545), amelyet szorosan követett a háromszög tagsági függvény. A trapéz és szigmoid alapú megközelítések ebben az összevetésben is számottevően gyengébb eredményeket mutattak. Mindezeket figyelembe véve a Gauss tagsági függvényeken alapuló fuzzy rendszer tekinthető a legmegfelelőbb választásnak, mivel egyszerre biztosítja a magas prediktív teljesítményt, az értelmezhető különbségtételt, valamint az output stabilitását.

Az eredmények jól szemléltetik, hogy a modell képes volt árnyaltabb különbségeket tenni a vállalatok teljesítménye között, miközben megőrizte az értékelési koherenciát. A paraméterek optimalizálása és az egyes fuzzy modellek részletes kiértékelése után a kutatás során a Gauss tagsági függvényvel működő modell bizonyult a leginkább alkalmazhatónak. Ennek megfelelően a Lean Score értelmezését fuzzy részhalmazként határoztam meg, az elmosódott halmazelmélet alapelveire építve. A fuzzy logikán alapuló rendszerek esetében az első lépés az univerzum (U) meghatározása, amely az összes lehetséges bemeneti érték halmazát jelenti. Az univerzum elemei az x_i egyedek, ahol $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. A Lean Score ebben a keretben olyan fuzzy részhalmazként értelmezhető, amelynek elemeihez meghatározott tagsági érték rendelhető. A kutatásban alkalmazott Gauss típusú tagsági függvények a tagsági értékek szimmetrikus, haranggörbe alakú eloszlását írják le, amelyeket a következő paraméterek definiálnak:

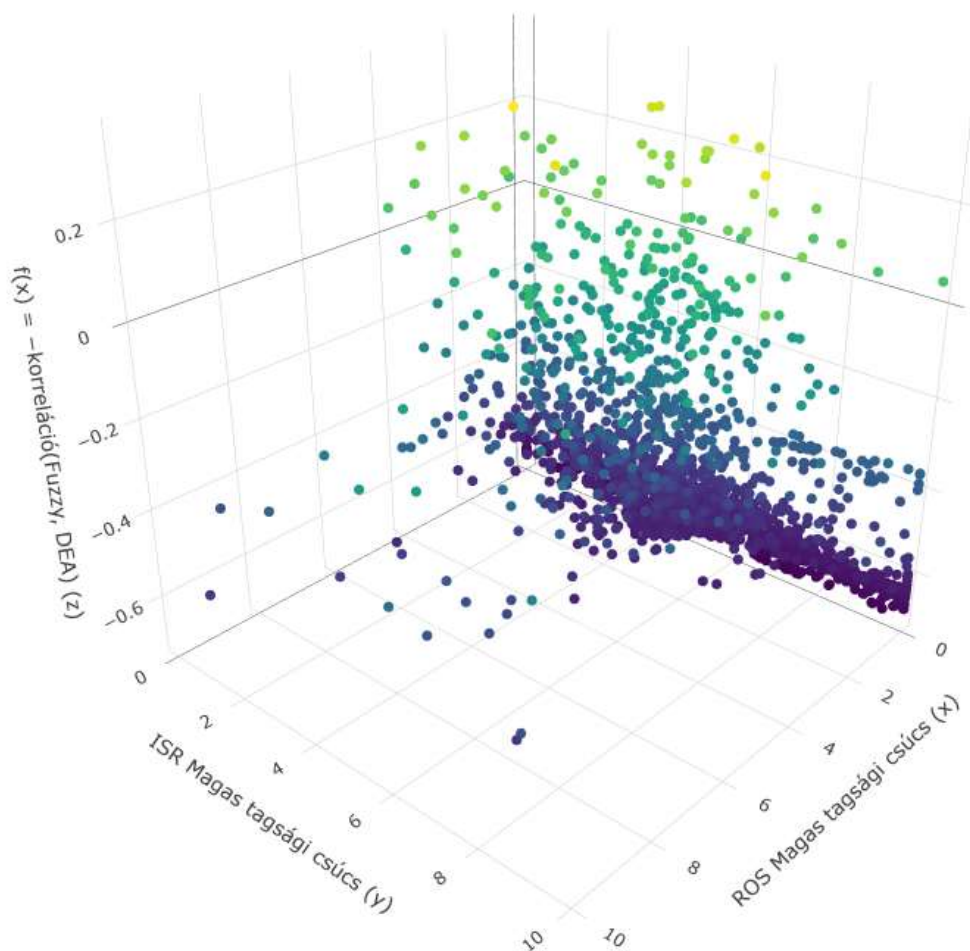
$$\mu_A(x) = \exp\left(-\frac{(x - c)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Ahol:

c az adott fuzzy részhalmaz középértéke,

σ pedig a szórás, amely a függvény lefedettségének szélességét szabályozza.

A Lean Score kiszámítása során minden bemeneti változóhoz ROS, ITO, ISR, IAR, valamint a logaritmizált COGS, három darab Gauss típusú tagsági függvény kerül hozzárendelésre, amelyek az adott változó alacsony, közepes és magas értéktartományait reprezentálják. Az egyes megfigyelésekhez tartozó bemeneti értékek alapján minden fuzzy halmazhoz tagsági értékek rendelhetők, amelyek a $[0;1]$ intervallumba esnek. A tagsági értékek meghatározását követően a rendszer az előjelanalízis alapján kiválasztja, hogy az adott változó melyik tagsági szintjének értéke kerüljön figyelembevételre a pontszámképzés során: ha a változó pozitív kapcsolatot mutat a hatékonysággal, akkor a „magas” tagsági érték, ha negatív, akkor az „alacsony” kerül beemelésre. Ez a lépés biztosítja, hogy a Lean Score értékek az egyes inputváltozók előjelei szerinti hatásmechanizmust tükrözzék. A végső Lean Score minden megfigyelés esetében az öt kiválasztott tagsági érték számtani átlaga, amely aggregált módon jeleníti meg a vállalat lean teljesítményének fuzzy logikán alapuló értékelését. A tagsági függvények paramétereinek PSO-alapú optimalizációját, valamint a célfüggvény alakulását két kiválasztott paraméter mentén a 7. ábra szemlélteti.



7. ábra: A fuzzy modell célfüggvényének háromdimenziós ábrázolása a ROS és ISR tagsági paraméterek mentén, PSO-optimalizációval (100 iteráció, 23 részecske)

Forrás: Saját szerkesztés

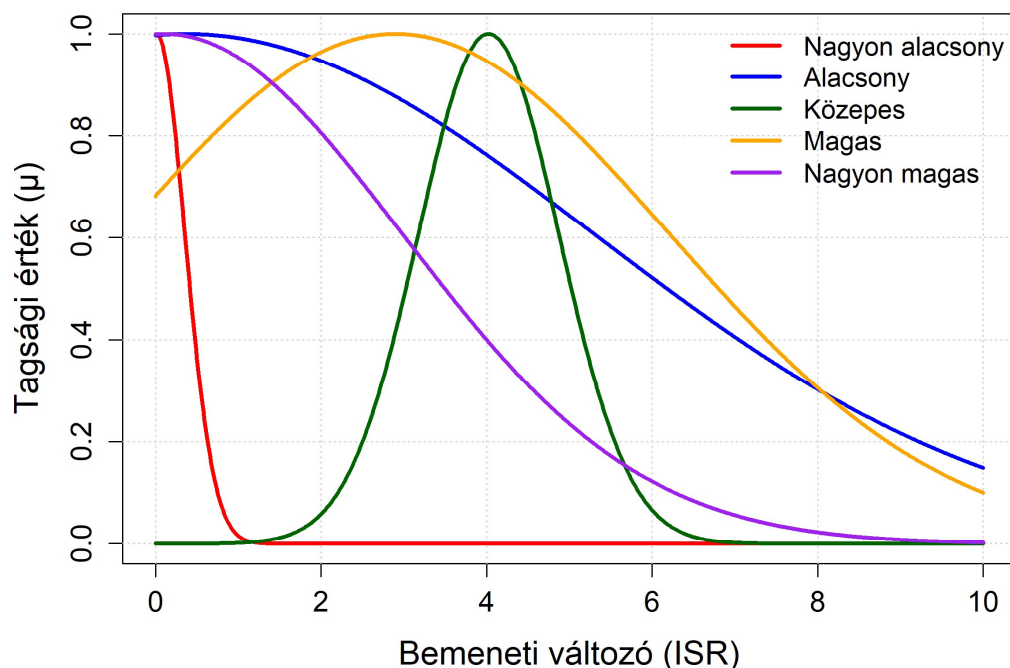
Az alábbi táblázat a Gauss típusú tagsági függvények optimalizált paramétereit mutatja be az egyes bemeneti változók esetében. Minden KPI-hoz három fuzzy szint tartozik (nagyon alacsony, alacsony, közepes, magas, nagyon magas), amelyekhez külön középérték és szórás került meghatározásra. A tagsági függvények ezen paramétereit határozzák meg, hogy az adott változó mely értéktartományai tartoznak az egyes fuzzy kategóriákba, és hogyan járulnak hozzá a Lean Score kiszámításához. A Gauss típusú tagsági függvények egyes bemeneti változókhoz tartozó optimalizált paramétereit a 29. táblázat mutatja be.

29. táblázat: A Gauss-tagsági függvény optimalizált bemeneti paraméterei a fuzzy modellben

Tagsági szint	ROS	ITO	ISR	IAR	COGS
Középérték – Nagyon alacsony	2,3140	8,8333	0,0100	0,0100	0,2554
Szórás – Nagyon alacsony	3,1120	4,8680	0,3455	0,0320	0,9627
Középérték – Alacsony	0,0395	0,0100	0,3671	7,7935	0,6122
Szórás – Alacsony	0,0458	2,6250	4,9375	4,9981	0,0709
Középérték – Közepes	0,6587	2,2973	4,0243	9,9491	0,7571
Szórás – Közepes	0,0727	4,5153	0,8493	0,0161	0,5727
Középérték – Magas	0,5706	9,4094	2,9009	0,1042	0,2748
Szórás – Magas	0,0103	4,2992	3,3137	4,6368	4,7041
Középérték – Nagyon magas	0,0905	1,8101	0,1113	1,0913	9,9767
Szórás – Nagyon magas	0,0666	0,6285	2,8749	1,2929	3,0215

Forrás: Saját szerkesztés

A tagsági szintek középértékei azt mutatják, hogy a fuzzy modell nem merev, előre rögzített struktúrákat követ, hanem rugalmasan alkalmazkodik az adatok eloszlásához és a változók értelmezési irányához. A ROS és ITO esetében a középértékek nem szimmetrikusan oszlanak el, ami arra utal, hogy a modell adaptívan követi a vállalati teljesítmény természetes variabilitását. Az ISR és ln(COGS) esetében a középértékek inkább a magasabb szintek irányába koncentrálnak, jelezve, hogy ezeknél a változóknál a rendszer a magasabb értékeket tekinti tipikusnak vagy döntően meghatározónak a Lean Score kialakításában. Az IAR változó esetében a tagsági szintek jól elkülönülnek egymástól, a középértékek fokozatos növekedése pedig a változó következetes, kvázi-lineáris hatásának fuzzy logikán alapuló leképezését tükrözi. Az optimalizált tagsági függvények kialakulását az ISR példáján keresztül a 8. ábra szemlélteti.



8. ábra: Az ISR bemeneti változóhoz tartozó tagsági függvények a fuzzy modellben

Forrás: Saját szerkesztés

Ez az adatvezérelt fuzzy struktúra nem előre definiált kategóriákon, hanem a hatékonysági összefüggésekhez legjobban illeszkedő pontszámítási logikán alapul. A szűk szórások miatt több tagsági halmaz élesen csúcsosodik, ami nem tekinthető módszertani problémának, mivel a mögöttes rendszer teljes mértékben Gauss-függvényekre épül. Emellett több esetben is előfordulnak félharang alakú tagsági függvények, amikor a középértékek az értéktartomány széleire esnek vagy a szórás extrém alacsony. Ez különösen jellemző például a ROS, ISR vagy IAR változók esetében. Ezek a formák nem torzításból fakadnak, hanem épp ellenkezőleg: az adatszerkezethez való alkalmazkodást tükrözik. A bemeneti változók eloszlása a legtöbb esetben nem követ normáeloszlást, ami más pénzügyi adatsorok esetén sem feltételezhető, ezért a tagsági függvények alakját nem egy előre meghatározott statisztikai modell, hanem az adatszerkezethez való illeszkedés határozza meg. Ezáltal a felállított fuzzy logikai modell képes rugalmasan alkalmazkodni az adatok sajátos struktúrájához, biztosítva a releváns hatékonysági összefüggések pontosabb reprezentációját és elemzését. A fuzzy modell vállalatonkénti átlagos Lean Score értékeit, DEA-hatékonysági értékeit, valamint a két mutató közötti korrelációkat a 30. táblázat foglalja össze.

30. táblázat: Fuzzy modell eredménye az átlagos Lean Score alapján

Vállalat	Lean Score átlag	DEA hatákonyság átlag	Lean- DEA korreláció
Hyundai Motor Company	0,8183	0,9415	0,4761*
Honda Motor Corporation	0,7860	0,8645	0,8019*
Toyota Motor Corporation	0,8111	0,8499	0,7512*
General Motors Company	0,7125	0,4971	0,8319*
BMW	0,6937	0,5247	-0,3138*
Ford Motor Company	0,7764	0,5956	0,6468*
Nissan Motor Corporation	0,6784	0,7638	0,9027*
Subaru Corporation	0,6855	0,7363	0,5014*
Mitsubishi Motors Corporation	0,6584	0,6260	0,9127*
Stellantis N.V.	0,6157	0,3831	0,4768*
Mazda Motor Corporation	0,6386	0,6655	0,8415*
Mercedes-Benz Group AG	0,5765	0,5002	0,5752*
Volvo Car AB	0,6133	0,5426	0,5654*
Renault SA	0,5976	0,4002	0,8669*
BYD Company Limited	0,4789	0,4099	0,4990*
Tesla Inc.	0,3404	0,1453	0,8535*
Ferrari N.V.	0,3721	0,0770	-0,4627*

Megjegyzés: * $p < 0,05$

Forrás: Saját szerkesztés

A fuzzy modell által számított Lean Score átlagértékei alapján megállapítható, hogy az eredmények kellően differenciáltak. A Lean Score és a DEA hatékonysági mutatók átlagai között erős, pozitív korreláció áll fenn ($r = 0,8917$ $p < 0,001$). Ugyanakkor az átlagolás előtti, vállalati szintű adatok alapján számított korrelációs együtthatók jelentős mértékű ingadozása arra utal, hogy az egyes negyedévek között a Lean Score és a DEA hatékonysági mutató értékei között számottevő eltérések tapasztalhatók. Ez az eredmény arra enged következtetni, hogy az aggregálás hatása mérsékli a Lean Score és a DEA mutató közötti különbségeket, ezáltal erősebb kapcsolat mutatható ki az átlagos értékek között. Ez azt jelenti, hogy a fuzzy logikára épülő lean teljesítményértékelő modell az egyedi KPI-kombinációkat a DEA modelltől eltérő logika szerint értelmezi, amit a Welch-féle kétmintás T-próba eredménye is alátámaszt ($p <$

0,0001), ugyanakkor a vállalati szintű, aggregált teljesítményértékelés tekintetében hasonló következtetésekre jut. Ez nem csupán a modellalkotás során kitűzött cél hitelességét támasztja alá, hanem különösen előnyös is, mivel ezáltal a modell eredményei lehetőséget kínálnak az idősoros elemzésekre, amelyek révén feltárhatók az egyes teljesítménybeli eltérések mögött meghúzódó kiváltó okok.

A kialakított fuzzy modell eredményei jól illeszkednek a statisztikai alapú értékelésekhez, és konzisztensen tükrözik a lean menedzsment és a hatékonysági pontszámok logikáját. A Lean Score értékek jelentős diverzitása azt mutatja, hogy a teljesítményértékelés differenciált módon történik, ami előnyt jelent komplex gazdasági környezetekben. Ugyanakkor ez indokoltá teszi a modell szélesebb vállalati mintán történő validálását is. Ennek érdekében a következőkben az eddigi 17 helyett egy 30 gyártóvállalatot tartalmazó mintán tervezem elvégezni az elemzést egy részletesebb értékelési keretben. A korábbi gyakorlathoz hasonlóan ezúttal is 30 éves időszakot vizsgáltam, azaz az 1994 és 2024 közötti beszámolóadatok alapján állítottam össze a mintát. Az új adatbázis így összesen 1712 megfigyelést tartalmaz, amely elegendő elemszámot biztosít ahhoz, hogy a statisztikai következtetések megbízhatók és általánosíthatók legyenek az autópári vállalatok körére. A mintaválasztás során kiemelt figyelmet fordítottam arra, hogy a vizsgálatba olyan újonnan megjelenő, innovatív vállalatok is bekerüljenek, amelyek az iparág technológiai átalakulásának élvonalában helyezkednek el. E cégek többsége az elmúlt években alakult, és kifejezetten az elektromos járművek gyártására szakosodott, ami releváns perspektívát biztosít a jövőorientált, fenntartható működés vizsgálatához. A modell további technikai validációját nem tartottam szükségesnek, mivel az előző szakaszokban a modell tanítása és finomhangolása során már megbízható és konzisztens paraméterezést nyert. Fontos szempont volt azonban, hogy az új minta tartalmazza a korábban használt adatbázis vállalatait is, mind a lean menedzsment eszközöket aktívan alkalmazó cégeket, mind a kontrollcsoport releváns tagjait. Ez a strukturális folytonosság lehetővé teszi az idősoros összehasonlítást, és biztosítja az értékelési rendszer következetességét, különös tekintettel a Lean Score és a hatékonysági mutatók értelmezhetőségére. A kibővített vállalati mintán kapott átlagos Lean Score és DEA-hatékonysági értékeket, valamint azok vállalatonkénti korrelációját a 31. táblázat mutatja be.

31. táblázat: Fuzzy modell eredménye az átlagos Lean Score alapján

Vállalat	Lean Score átlag	DEA hatákonyság átlag	Lean-DEA korreláció
Toyota Motor Corporation	0,8135	0,6930	0,7718*
Suzuki Motor Corporation	0,8036	0,6548	0,6223*
Honda Motor Corporation	0,7850	0,6772	0,7804*
Hyundai Motor Company	0,7670	0,7930	0,6804*
Geely Automobile Holdings	0,7248	0,4216	-0,1253
Subaru Corporation	0,7022	0,6720	0,5594*
General Motors Company	0,6934	0,4328	0,8812*
Kia Motors	0,6883	0,6721	0,7679*
BMW	0,6815	0,4706	-0,5548*
Great Wall Motor	0,6787	0,4497	0,0625
Nissan Motor Corporation	0,6547	0,5678	0,8350*
Mitsubishi Motors Corporation	0,6513	0,5372	0,9172*
Volvo Car AB	0,6507	0,4389	0,5510*
Mazda Motor Corporation	0,6505	0,5685	0,8929*
Changan Automobile	0,6446	0,2963	0,3748*
Stellantis N.V.	0,6225	0,3486	0,3844*
Mercedes-Benz Group AG	0,6213	0,4396	0,7008*
SAIC Motor Corporation	0,6168	0,4193	0,6251*
Li Auto Inc.	0,6142	0,3306	0,8509*
Volkswagen AG	0,5907	0,4894	-0,1205
Renault SA	0,5884	0,3597	0,8925*
Dongfeng Motor Corporation	0,5789	0,4245	0,5743*
BYD Company Limited	0,5453	0,3669	0,6632*
Ford Motor Company	0,5012	0,0004	0,0423
Ferrari N.V.	0,4656	0,0765	-0,5154*

NIO Inc.	0,4121	0,1356	0,8883*
XPeng Inc.	0,4011	0,1033	0,1058
Tesla Inc.	0,3903	0,1357	0,8707*
Polestar Automotive	0,3046	0,1379	0,9207*
VinFast	0,0726	0,2023	-0,0691

Megjegyzés: * $p < 0,05$

Forrás: Saját szerkesztés

A modell eredményei alapján jól látható, hogy a kiszámított Lean Score és a DEA-hatékonysági mutatók átlagértékei eltérő minták esetében is magas együttmozgást mutatnak ($r = 0,7851$, $p < 0,001$), ami tovább erősíti a modell megbízhatóságát és konzisztenciáját. Ez alátámasztja, hogy a lean értékelés aggregált szinten sem válik el a technikai hatékonyság szintjétől. A Welch-féle kétmintás t-próba eredménye ($p < 0,0001$) statisztikailag szignifikáns különbséget jelez a két mutató eloszlása között, ami megerősíti, hogy hasonlóan a korábbi vizsgálathoz a Lean Score és a DEA-hatékonyság nem tekinthető azonosnak. A mögöttes (aggregáció előtti) Lean Score és DEA-hatékonysági mutatók közötti korrelációk konzisztens képet mutatnak: a vizsgált 30 vállalat közül mindössze hat esetben (20%) nem volt statisztikailag szignifikáns az együttmozgás. Ezen esetek önmagukban nem jelentenek problémát a modell szempontjából, mivel egyrészt a Pearson-féle korreláció kizárólag lineáris kapcsolatot képes kimutatni, másrészt pedig a modell értékelési logikája nem vállalati szintű korrelációkra épül, hanem a teljes mintára vetített, strukturált és szabályszerű KPI-értékelésre. A szignifikancia hiányát tehát részben a rövidebb időtávból fakadóan előforduló szélsőértékek, részben pedig a nemlineáris összefüggések is magyarázhatják.

A Ford esetében a DEA-eredmény kiugró értéknek tekinthető. A háttér adatok alapján ugyan látható, hogy a vizsgált időszakban az üzemi eredmény a megfigyelések 56%-ában negatív volt, ami a DEA-modell egyik outputváltozójaként kedvezőtlenül hatott a relatív hatékonysági értékre, ugyanakkor az eredmény értelmezése során figyelembe kell venni, hogy a DEA a vizsgált input-output változók alapján számított relatív működési hatékonyságot méri. Ennek megfelelően az alacsony hatékonysági érték nem tekinthető önmagában a lean működés hiányának bizonyítékaként, hanem a vizsgált pénzügyi mutatók alapján számított relatív teljesítmény indikátoraként értelmezendő.

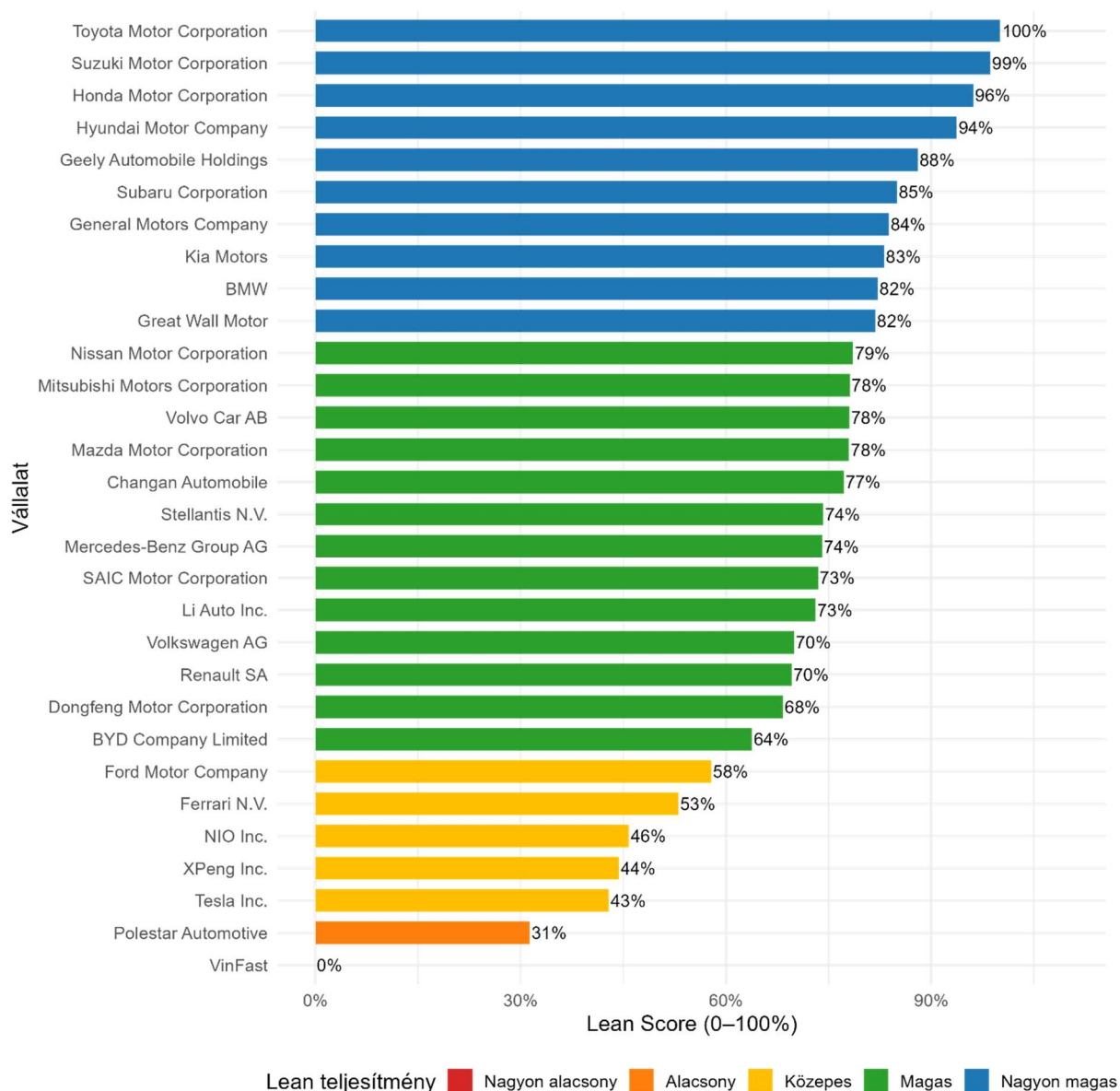
Továbbá fontos kiemelni azt is, hogy a nem szignifikáns korrelációval rendelkező esetek nem koncentrálnak kizárólag egyetlen Lean Score kategóriára, hanem az alacsonyabb, közepes és magasabb értékek mellett egyaránt előfordulnak. Ez a tény szintén a modell konzisztens működését támasztja alá, mivel azt jelzi, hogy az értékelési rendszer ezen példák esetében sem mutat torzítást vagy preferenciát egyes teljesítményszintek irányába. A modell tehát nem egy adott teljesítménykategória köré csoportosítja az eltéréseket, hanem a bemeneti adatok sokféleségét egységes logika mentén képes kezelni. Éppen ez a tulajdonság biztosítja, hogy az értékelési folyamat a teljes vállalati mintára nézve is megbízható és torzításmentes marad. A Lean Score gyakorlati értelmezését támogató, normalizált értékekhez rendelt teljesítményszinteket a 32. táblázat foglalja össze.

32. táblázat: A Fuzzy alapú Lean Score értékelése során alkalmazott teljesítményszintek

Lean Score (%)	Lean teljesítmény
0–20%	Nagyon alacsony
21–40%	Alacsony
41–60%	Közepes
61–80%	Magas
81–100%	Nagyon magas

Forrás: Saját szerkesztés

A fuzzy logikai modellből származó átlagos Lean Score értékek min–max normalizálással kerültek 0 és 100% közötti skálára, amely egy könnyen átlátható és egységes módot kínál a vizsgált vállalatok relatív teljesítményének bemutatására és értelmezésére. Ez lehetőséget teremt arra, hogy a vállalatok teljesítménye kvantitatív alapon, ugyanakkor jól strukturált, kvalitatív kategóriák mentén (nagyon alacsony, alacsony, közepes, magas, nagyon magas) is besorolható legyen. Fontos kiemelni, hogy ezek a teljesítményszintek nem keverendők össze a fuzzy modell belső döntési logikájában alkalmazott kategóriákkal. Ezek utólagos, benchmarking célú besorolási keretek, amelyeket az esettanulmányokban feltárt vállalati gyakorlatok alapján alakítottam ki. Az alkalmazott százalékos skálázás tehát nem a modell által automatikusan generált kategóriahatárookra épül, hanem egy olyan külső értelmezési rendszerre, amely a gyakorlati alkalmazhatóságot és az átláthatóságot helyezi előtérbe. A normalizált Lean Score alapján kialakuló vállalati teljesítményértékeket és azok kategóriák szerinti megoszlását a 9. ábra szemlélteti.



9. ábra: Fuzzy alapú lean teljesítményértékelő modell eredménye (0-100% közé skálázva)

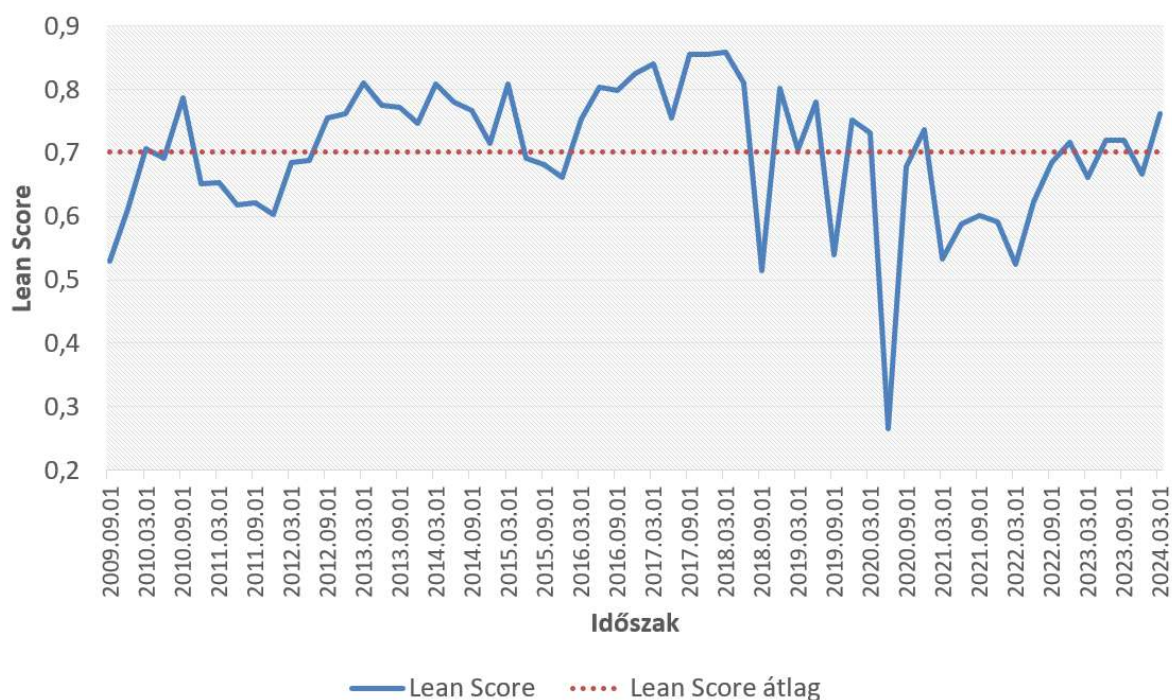
Forrás: Saját szerkesztés

A szimmetrikus, kvintilis kategóriabontás alapján megállapítható, hogy a vizsgált vállalatok több mint háromnegyede (76,67%) magas vagy nagyon magas lean szinttel rendelkezik. Ez egyértelműen arra utal, hogy a teljesítményértékelés során a magas lean teljesítményű vállalatok némileg felülreprezentáltak. Ezek közül egyetlen kivétellel (a Ford, amely közepes teljesítményt mutat) – minden olyan vállalat szerepel, amelyet a kutatás kezdetén lean autógyártóként definiáltunk. Ez azt jelzi, hogy a jelentősen eltérő mintaszám ellenére is a modell képes volt konzisztens módon értékelni az eredetileg referenciaként azonosított vállalatokat. Ez pedig azt támasztja alá, hogy a modell nem túlillesztésen alapul, hanem valós pénzügyi teljesítmény és technikai hatékonyság mentén értékeli a lean teljesítményt. Érdekes kiemelni azokat a gyártókat is, amelyek a korábbi mintában nem szerepeltek, de most magas lean teljesítményt mutatnak. Közéjük tartozik több nagymúltú ázsiai vállalat is, például a Suzuki vagy a Kia, amelyek piaci beágyazottságuk és technológiai fejlettségük révén is jól

illeszkednek a magasabb lean kategória többi tagjához. Ezen felül olyan újabb elsősorban az elektromos autógyártásra specializálódott vállalatok is megjelennek, mint a Changan Automobile, a Li Auto Inc. vagy a BYD. Ez arra utal, hogy a teljesítményértékelő modell nemcsak a hagyományosan belső égésű motorokra fókuszáló gyártók esetében képes a lean működés pénzügyi dimenzióinak azonosítására, hanem az innovatívabb, új technológiákat alkalmazó vállalatoknál is.

A közepes lean teljesítményű vállalatok a vizsgált minta egyhatodát (16,67%) képviselik. A Ford kivételével ebbe a csoportba egyrészt a korábban kontrollcsoportként kezelt gyártók (Ferrari és Tesla), másrészt két újabb szereplő, a NIO Inc. és az XPeng Inc. tartoznak. Ezen gyártók lean teljesítménye mérsékeltnak tekinthető, ami arra utal, hogy működésükben jelen vannak bizonyos hatékonyságot támogató elemek, ugyanakkor nem mutatják a kimagaslóan lean vállalatokra jellemző strukturált és következetes működési mintázatokat. Az alacsony lean teljesítményű kategóriában egyetlen vállalat szerepel: Polestar Automotive, hasonlóan a nagyon alacsony teljesítményű kategóriához, ahol a VinFast található. Ezen gyártók kevesebb, mint egy évtizede vannak jelen a piacon, ezért nehéz messzemenő következtetéseket levonni lean teljesítményük kapcsán. Annyi azonban biztosan kijelenthető, hogy jelenlegi működésük alapján még nem mutatják azokat a kiforrott, pénzügyi teljesítményben is megnyilvánuló működési mintázatokat, amelyek a magas lean szintű vállalatokra jellemzőek.

Az aggregált, relatív összehasonlítás mellett a modell alkalmas idősoros, ok-okozati elemzésre is. A következőkben a Subaru 2009 és 2014 közötti teljesítményén keresztül mutatom be ezt az értékelési képességet. A modell által kalkulált átlagos Lean Score értéke 0,7 volt a Subaru esetében, amely relatív összehasonlításban erős, körülbelül 85%-os lean teljesítménynek felel meg. A 2009-es évben viszonylag alacsony bázisról (0,53) indult a teljesítmény, majd ezt követően, 2015-ig bezárólag, többnyire az átlaghoz közeli tartományban, 0,60 és 0,79 között mozgott. Az eredmények alapján a kezdeti időszakban elsődlegesen a ROS és ITO mutatók pozitív irányú változásai jártultak hozzá a magasabb értékeihez. Ezzel párhuzamosan az ITO is növekedett, míg az ISR csökkenő tendenciát mutatott, ami hatékonyabb készletgazdálkodást jelez, ez mind a lean működés szempontjából konzisztens értékelés. Az IAR esetében szintén megfigyelhető, hogy alacsonyabb értékeivel egybeesik a Lean Score visszaesése, jelezve, hogy a modell a készletpontoságot is figyelembe veszi. A logaritmizált COGS enyhe ellentétes mozgásai azt sugallják, hogy a költségoldali feszültségek szintén hatással voltak a lean teljesítményre. A Subaru Lean Score értékének és az azt meghatározó KPI-k időbeli alakulását a 10. ábra szemlélteti.



10. ábra: A Subaru lean teljesítményének idősoros alakulása

Forrás: Saját szerkesztés

2017 végéig viszonylag stabil, pozitív tartományban változott a teljesítmény, majd ezt követően 2018 és 2022 közötti időszakban a Lean Score értéke több alkalommal is látványos kilengéseket mutatott, amelyek mögött jól azonosíthatóak az egyes mutatók változásaiban is. A 2018 harmadik negyedévében bekövetkezett drasztikus visszaesés, a Lean Score 0,81-ről 0,51-re zuhant egyértelműen a ROS negatívvá válásával magyarázható, amely azt jelezte, hogy a vállalat veszteségesé vált. Ezzel egy időben az ITO is gyengült, valamint az ISR és az IAR egyaránt romlást jeleztek, ami a lean működés alapját jelentő pénzügyi és logisztikai hatékonyság gyengülésére utalt. A visszaesést ugyanilyen gyors korrekció követte 2018 végére, amikor a ROS ismét pozitív tartományba ugrott, a készletmutatók enyhén javultak, és a Lean Score visszakapaszkodott 0,80 fölé. A pozitív tendencia azonban nem tartott ki sokáig: 2019 harmadik negyedévére újabb, 30%-ot meghaladó visszaesés történt, amit ismét a jövedelmezőség érdemi csökkenése ($ROS \approx 0$) és a mérsékelten romló ITO–ISR–IAR hármas váltott ki. A legsúlyosabb törést 2020 második negyedéve jelentette, amikor a Lean Score történelmi mélypontra (0,26) süllyedt. Ekkor a ROS ismét negatív lett ($-0,034$), az ISR hirtelen megnőtt (0,97), az ITO pedig drasztikusan visszaesett (0,86), ami a COVID–19 járvány első hullámának gazdasági következményeire vezethető vissza. A modell ezzel pontosan lekövette a működési és pénzügyi hatékonyság drámai visszaesését. A visszarendeződés 2020 utolsó negyedétől indult meg, először lassú, majd 2022-től egyre erőteljesebb javulás formájában. A Lean Score ekkor már újra 0,72 fölé emelkedett, amit a stabilizálódó jövedelmezőségi mutatók, a fokozatosan javuló készletforgás, valamint a konzisztens készletpontosság is alátámasztottak. Mindez azt jelzi, hogy a Lean Score modell érzékenyen, de konzisztensen képes tükrözni a vállalat operatív és pénzügyi állapotának változásait, különösen olyan külső sokkok idején, amelyek a működési hatékonyság alapjait érintik.

Az idősoros példán keresztül tehát jól látható, hogy a modell nem csupán statikus mutatók alapján képes értékelni a lean teljesítményt, hanem érzékenyen reagál az időben változó pénzügyi és működési jellemzők kombinációjára is. A Lean Score értékének alakulása szoros

összefüggést mutat a modell alapjául szolgáló KPI-okkal. A modell különösen élesen jelezte a válsághelyzetek, például a COVID–19 pandémia hatásait, ugyanakkor a normalizálódási periódusokat is megbízhatóan követte. Mindez azt igazolja, hogy a lean teljesítmény nem kizárólag egy-egy pillanatnyi érték, hanem egy dinamikus, időben kibomló működési karakterisztika, amelyet a modell képes volt integrált módon leképezni. Ezen tulajdonsága lehetővé teszi, hogy az egyes vállalatok idősoros összehasonlítása során ne csak az operatív trendeket kövessük nyomon, hanem azt is mérni tudjuk, hogy a lean teljesítmény mennyire bizonyul ellenállónak külső sokkok, például piaci zavarok vagy gazdasági válságok idején.

5.2. Kvalitatív eredmények

5.2.1. Interjúalapú megfigyelések

1. Ázsiai autógyártó vállalat controlling rendszerének feltérképezése

Az első vizsgált vállalat már a 90-es évek eleje óta meghatározó szereplője a magyar autógyártó iparnak. A vállalat gyártóegysége az ország északi régiójában helyezkedik el, és elsősorban közép- és alsó-közép kategóriás személygépjárművek gyártására specializálódott. Az interjú alapján hamar egyértelművé vált, hogy a controlling osztály központi szerepet játszik a vállalat teljesítményének nyomon követésében és a pénzügyi stabilitás fenntartásában. A controlling folyamatok három fő területet fednek le: költséggazdálkodás, eredménykimutatás és előrejelzés. Az osztály szorosan együttműködik a különböző termelési és operatív egységekkel, hogy a termelési adatok alapján pontos pénzügyi elemzéseket készítsenek. Az egyik legfontosabb folyamat az időszakos eredménykimutatás, amely a gyártási költségek, az anyagfelhasználás, és a munkaerő hatékonyságának figyelemmel kísérésére épül. A vállalat menedzsmentriporting folyamata erősen szabályozott, szigorú standardokra épül. Havonta készítenek pénzügyi jelentéseket, amelyek tartalmazzák a költségkimutatásokat, a bevételelemzést, valamint a KPI-ok teljesítményét. A riportok részei a gyártási egységek beszámolóí, amelyek a teljesítményt és az előállítási költségeket elemzik. A controlling csapat ezeket az adatokat elemzi, és negyedéves vezetői jelentéseket készít, amelyeket a felső vezetés számára prezentálnak. A jelentések célja, hogy bemutassák a gyártási folyamatok pénzügyi hatásait és javaslatokat tegyenek a költségek csökkentésére, valamint a hatékonyság növelésére.

1.1. Alkalmazott lean eszközök és módszerek bemutatása

A vállalat controlling osztálya szorosan integrálja a lean eszközöket és módszereket a pénzügyi folyamatokba. A vállalat leggyakrabban alkalmazott lean eszközei:

- **Kaizen:** A folyamatos fejlesztési elv alapján a controlling rendszeresen értékeli a költségsökkentési és hatékonysági javító intézkedéseket. A Kaizen projektek eredményeit pénzügyileg is számszerűsítik, és ezek megjelennek a havi pénzügyi jelentésekben.
- **5S módszer:** A vállalat a 5S módszerrel biztosítja a gyártási területek rendezett működését, amely közvetlen hatással van a termelékenységre és a költséghatékonyságra.
- **Just-in-Time (JIT):** Az alkatrészellátás optimalizálásával minimalizálják a készletköltségeket, ami szintén kiemelt figyelmet kap a pénzügyi elemzések során.

Az első interjú során azonosított, lean szempontból releváns pénzügyi és működési KPI-okat a 33. táblázat foglalja össze.

33. táblázat: Lean szempontból releváns pénzügyi KPI-ok az 1. számú vállalat esetében

KPI típus	KPI
Operatív működés és hatékonyság	Átlagos készletszint
	Termelési költség per egység
	IAR
	DIO
	ISR
Nyereségesség	EBIT
	ROA
	ROS
	Üzemi eredményhányad
	COGS

Forrás: Saját szerkesztés

1.2. Lean teljesítmény értékelés módszertana

A lean teljesítmény alapját az ERP rendszer pénzügyi és készletkezelési moduljaiból származó havi jelentések képezik, amelyeken egy automatizált programkódot futtatnak, hogy kiszámítsák a kulcsfontosságú mutatókat. Ezek a mutatók egy historikus controlling táblában kerülnek tárolásra, ahol az éves és negyedéves trendek is megfigyelhetők. Az elemzés a KPI-ok trendszerű változásait és az operatív működés, valamint a nyereségességi mutatók közötti korrelációkat vizsgálja. Szignifikáns összefüggések esetén a mutatókat tényezőkre bontják, költséghely szerint lokalizálják, és azonosítják a kiugró értékekhez vezető operatív eseményeket, például egy késlekedő beszállító hatását vagy egy gyártósor szokásosnál hosszabb állását.

A varianciaanalízis mellett egy tény/terv alapú lean teljesítményértékelő rendszert is alkalmaznak, amelynek központi eleme a kiválasztott mutatók súlyozott, aggregált értékeinek kiszámítása és az előre meghatározott lean célszámokkal való összevetése. Míg a varianciaanalízis elsősorban az operatív működés hatékonyságának ok-okozati összefüggéseit vizsgálja, addig ez a megközelítés a vállalat szintjén értékeli a lean elvek megvalósulását. Az így nyert átfogó elemzés képes feltárni a teljesítmény aktuális szintjét és az eltéréseket a célkitűzésektől, lehetővé téve a vezetés számára a kritikus fejlesztési területek azonosítását. Az aggregált mutatók elemzése támogatja a stratégiai döntéshozatalt, elősegítve a lean folyamatok optimalizálását és a vállalati hatékonyság növelését. A mutatók értékeléséhez standardizált kvintilis szinteket alkalmaznak.

2. Ázsiai autóalkatrész-gyártó vállalat controlling rendszerének feltérképezése

A második vizsgált cég szintén évtizedek óta jelen van a magyar piacon, és egyik, Közép-Magyarországon található üzeme különböző autóalkatrészek gyártására specializálódott, amelyek a belsőégésű és az elektromos szegmens igényeit egyaránt lefedik. A vállalat nagy

hangsúlyt fektet a controlling folyamatok automatizálására és integrációjára az operatív egységekkel. A controlling tevékenység központi eleme a stratégiai pénzügyi tervezés és az ehhez kapcsolódó részletes elemzések, amelyek a szervezeti költségvetésre és a nyereségességi célokra koncentrálnak. A controlling részleg szoros kapcsolatban áll a stratégiai osztállyal, hogy a vállalati célkitűzések elérése érdekében valós időben módosítsák a pénzügyi tervet és az erőforrások elosztását. A stratégiai controlling keretében a varianciaanalízis rendszeresen végzett elemzési folyamat, amely során a valós költségek és az előre jelzett értékek közötti eltéréseket elemzik. Ez a folyamat biztosítja, hogy a vezetőség gyorsan reagálhasson az eltérésekre. A vállalat menedzsmentriporting rendszere fejlett IT-megoldásokra épül, amelyek automatizálják a pénzügyi adatgyűjtést és az elemzési folyamatokat. A jelentések havonta készülnek, és a KPI-k teljesítményének részletes bemutatására összpontosítanak. A vezetői riportokban rendszeres helyet kap a lean módszerek hatékonyságának kiértékelése, és ezek összekapcsolása a pénzügyi teljesítménnyel. A beszámolók középpontjában a stratégiai tervek nyomon követése áll, beleértve a költséggazdálkodást, a piaci pozíció alakulását, valamint a termelékenységét. A jelentések a vezetőség számára is részletes elemzéseket nyújtanak az egyes projektek nyereségességéről és költséghatékonyságáról.

2.1. Alkalmazott lean eszközök és módszerek bemutatása

Ez a vállalat különösen nagy hangsúlyt fektet a lean eszközök alkalmazására a pénzügyi folyamatokban. Az alkalmazott lean módszerek közé tartozik:

- Kanban: A vállalatnál a Kanban módszert alkalmazzák az ellátási lánc és az alkatrész-utánpótlás optimalizálására, amely közvetlenül befolyásolja a pénzügyi controlling rendszer működését. A Kanban folyamatok révén a készletköltségek minimalizálhatók, ami a költségkimutatásokban pozitívan jelenik meg.
- Kaikaku: A vállalat nagyobb átalakítási projekteket is indít, amelyek célja a gyártási folyamatok teljes megújítása. Ezeket a projekteket Kaikaku-nak nevezik, és a controlling folyamatosan figyeli azok pénzügyi hatásait.
- Lean accounting: A lean accounting módszerek alkalmazásával a pénzügyi jelentések egyszerűsítése és a veszteségek gyors azonosítása történik. Ez lehetővé teszi a lean eszközök hatékonyságának pontosabb mérését.

A második interjú során azonosított, lean szempontból releváns pénzügyi és működési KPI-okat a 34. táblázat foglalja össze.

34. táblázat: Lean szempontból releváns pénzügyi KPI-ok az 2. számú vállalat esetében

KPI típus	KPI
Operatív működés és hatékonyság	ITO
	IAR
	Forgóeszközök aránya
	DIO
	ATO
Nyereségesség	Nettó profit
	EBITDA
	NPM
	Nyereséghányad
	COGS

Forrás: Saját szerkesztés

2.2. Lean teljesítmény értékelés módszertana

A lean teljesítményértékelés szorosan illeszkedik a havi és negyedéves beszámolók elkészítésének folyamatához. Az ügyviteli rendszerben dedikált modul szolgálja ki a lean szempontból kiemelten kezelt területek és a hozzájuk kapcsolódó KPI-ok folyamatos monitorozását. Ez a modul nem csupán analitikus nyilvántartást biztosít, hanem fejlett adatvizualizációs eszközökkel interaktív áttekintést is kínál. Az interaktív térkép különböző hierarchikus szinteken jeleníti meg az operatív működés és hatékonyság kulcsfontosságú mutatóit, így átfogó képet nyújt a vállalat teljesítményéről. A rendszer integrált elemzési funkciói lehetővé teszik az operatív és pénzügyi teljesítmény összekapcsolását, ami pontosabb hatékonysági elemzéseket eredményez. Ezzel a vezetőség azonnal azonosíthatja a kritikus területeket, és célzott intézkedéseket tehet a lean működés optimalizálására, miközben a vállalat stratégiáját is hatékonyabban támogathatja. A mutatók besorolása kvintilisek mentén, egységes kategóriarendszer alapján történik.

A vállalati szintű lean teljesítményértékeléséhez egy Balanced Scorecard (BSC) alapú módszer alkalmaznak, négy kulcsfontosságú perspektívát figyelembe véve. A pénzügyi szempont a költségcsökkentést és nyereségesség javulást méri, míg a belső üzleti folyamatok a termelési ciklusidők és selejt minimalizálására összpontosítanak. A tanulás és fejlődés a munkavállalók lean tudatosságát és képzését követi, míg az ügyfél perspektíva a termékek minőségét és vevői elégedettségét értékeli. Az alkalmazott Balanced Scorecard modell segíti a vállalatot abban, hogy holisztikus képet kapjon teljesítményéről és azonosítsa a fejlesztési területeket. Egyes mutatókat olyan statisztikai módszerekkel is előrejelzenek, mint a lineáris interpoláció és az exponenciális simítás, bár ezek már kevésbé tekinthetők fejletteknek, mivel manapság számos mesterséges intelligencia alapú megoldás is elérhető. Fontos kiemelni, hogy a vállalat nemcsak befelé irányuló értékelést alkalmaz, hanem leányvállalati szinten is összeveti az eredményeket,

mely lehetővé teszi a teljes vállalatcsoporton belüli összemérhetőséget és teljesítményértékelést.

3. Német autógyártó vállalat controlling rendszerének feltérképezése

A két ázsiai gyártót egy német tulajdonú autógyártó cég követ, melynek gyártóegysége az ország délkeleti részén található, és a 2010-es évek eleje óta van jelen. Főként közép- és felsőkategóriás személygépjárművek gyártásával foglalkozik. Ebben az esettanulmányban egy másik német autógyártó vállalat controlling rendszerét térképeztük fel, ahol a stratégiai és operatív controlling funkciókat szorosan összekapcsolták a gyártási és pénzügyi folyamatokkal. A controlling részleg aktívan részt vesz a napi gyártási tevékenységek pénzügyi elemzésében, ideértve az egyes gyártósortok teljesítményét és a költséghatékonyság maximalizálását.

Az operatív controlling az alábbi folyamatokra összpontosít:

- Rendszeres költségellenőrzés: A controlling osztály havi költségbeszámolókat készít az egyes gyártási egységek számára, ahol összevetik a költségtervet a valós kiadásokkal.
- Termékprofitabilitási elemzések: A controlling minden negyedévben elemzi a termékcsoportok nyereségességét, különös figyelemmel az anyagfelhasználásra, a munkabéreköltségekre és a gépkarbantartásra.
- Erőforrás allokáció: A controlling tevékenység közvetlenül részt vesz az erőforrások újraelosztásában, melynek célja a hatékonyság és nyereségesség növelése.

Alkalmazott menedzsmentriporting és beszámolóképzési standardok bemutatása

A vállalat menedzsmentriporting rendszere jól strukturált, és heti, havi, valamint negyedéves jelentéseket készítenek a vezetés számára. A riportok tartalmazzák az operatív folyamatok eredményeit, a költségstruktúrát és a termelékenységi mutatókat. Ezen jelentések alapján hoznak döntéseket az esetleges folyamatfejlesztésekről, beruházásokról és költségcsökkentő intézkedésekről. A pénzügyi beszámolók középpontjában a stratégiai célok elérése áll, különösen a költséghatékonyság javítása és a cash-flow optimalizálása. A menedzsment ezen jelentések alapján dönti el a prioritásokat és az erőforrások elosztását az egyes projekt-folyamatokhoz.

3.1. Alkalmazott lean eszközök és módszerek bemutatása

A lean módszertan szerves része a vállalat mindennapi működésének. Az alábbi eszközöket alkalmazzák:

- 5S: A gyártási folyamatokban a 5S módszert alkalmazzák a munkaterületek rendezésére és az erőforrások hatékony kezelésére. Ez a módszer hozzájárul a költségcsökkentéshez, hiszen kevesebb időt és pénzt fordítanak a munkaterület átszervezésére.
- Just-In-Time (JIT): A Just-In-Time módszert alkalmazzák az alkatrészellátás és a készletgazdálkodás optimalizálására, csökkentve a raktárkészletek költségeit, és ezzel hozzájárulva a gyártási költségek mérsékléséhez.
- Poka-Yoke: A hibaelhárítási eszköz (Poka-Yoke) alkalmazásával a termelési hibák számát minimálisra csökkentik, amely közvetlen hatással van a minőségi mutatókra és a költségcsökkentési eredményekre.

A harmadik interjú során azonosított, lean szempontból releváns pénzügyi és működési KPI-okat a 35. táblázat foglalja össze.

35. táblázat: Lean szempontból releváns pénzügyi KPI-ok az 3. számú vállalat esetében

KPI típus	KPI
Operatív működés és hatékonyság	ITO
	Átlagos készletszint
	Készletforgási mutató
	ISR
	IAR
Nyerességesség	Nettó profit
	EBITDA
	ROA
	Üzemi eredményhányad
	ROE

Forrás: Saját szerkesztés

3.2. Lean teljesítmény értékelés módszertana

Hasonlóan az első gyártóhoz, itt is a vállalati ERP rendszer biztosítja az alapadatokat. A folyamat azonban ezen a szinten kevésbé automatizált: nincs előre felállított lekérdezés vagy programkód, helyette a controllerek az egyes beszámolókhöz használt nyersadatokról gyűjtik össze a szükséges KPI komponenseket, és azokat egy előre meghatározott séma alapján rendszerezik. Az így rendelkezésre álló mutatókon varianciaanalízist végeznek, előre meghatározott küszöbértékekkel. Ha valamelyik mutató nagyobb eltérést mutat a küszöbértéktől, root cause analízist végeznek, amelynek során kapcsolatba lépnek az eltéréssel összefüggésbe hozható szervezeti egységgel, és mélyinterjú segítségével felmérik a kiváltó okokat. A mutatók értékelése egységesen kvintilis-alapú kategóriák szerint történik. A vállalati szintű lean teljesítményértékelés alapját egy DEA (Data Envelopment Analysis) elemzési módszeren alapuló modell alkotja, amely lehetővé teszi a különböző vállalati egységek teljesítményének hatékony összehasonlítását és értékelését. A modell lehetővé teszi, hogy a gyárak inputjait (munkavállalói létszám, gépek száma, anyagfelhasználás) és outputjait (legyártott autók száma, termelési idő, minőség, pénzügyi mutatók értéke) figyelembe véve értékeljék a teljesítményt. Például, ha az egyik gyártóegység havonta 1000 autót gyárt, míg egy másik gyár hasonló mennyiséget termel, de jelentős eltérés van a selejt arányában és a termelési költségekben, a modell segít azonosítani, hogy miért és hogyan lehetne javítani a gyengébben teljesítő gyárat, különös figyelmet fordítva a lean elvekhez kapcsolódó mutatókra. Az elemzés alapján készített jelentések a felső vezetés számára segítik a stratégiai döntéshozatalt, a tervezést, és lehetőséget biztosítanak a további fejlesztések irányainak meghatározására.

4. Német autógyártó vállalat controlling rendszerének feltérképezése

Az utolsó vizsgált vállalat szintén nagymúltú német autógyártó cég, melynek hazai gyártóegysége a 90-es évek elejére nyúlik vissza. Az üzem Nyugat-Magyarországon található,

és mind alkatrészek, mind kész gépjárművek gyártásával foglalkozik. Az német autógyártó vállalat controlling rendszere erősen integrált, a pénzügyi tervezés és az operatív végrehajtás szoros kapcsolatán alapul. A controlling tevékenységek fő célja a vállalati stratégiák pénzügyi támogatása és a teljesítmény folyamatos nyomon követése. A controlling részleg a következő folyamatokat alkalmazza:

- **Költségvetési tervezés:** A pénzügyi menedzserek felelősek a éves költségvetés kidolgozásáért, amely tartalmazza az egyes termékcsaládok várható költségeit és bevételeit. A folyamat során figyelembe veszik a korábbi évek adatait, valamint a várható piaci trendeket.
- **Teljesítménymérés:** Minden negyedév végén a controlling csapat összehasonlítja a valós költségeket és bevételeket a költségvetéssel, hogy azonnal azonosítani tudják a eltéréseket. Az elemzések alapján a csapat heti jelentéseket készít a vezetőség számára.
- **Teljesítményértékelés:** A controlling folyamat részeként a vállalat rendszeresen értékeli a különböző termelési egységek és szegmensek teljesítményét. Az értékelés célja a hatékonyság növelése és a profitabilitás optimalizálása.

Alkalmazott menedzsmentriporting és beszámolóképzési standardok bemutatása

A vállalat menedzsmentriporting folyamata jól definiált és rendszeres, amelyben a KPI-ok és a pénzügyi eredmények folyamatosan nyomon követhetők. A riportok havi és negyedéves rendszerességgel készülnek, és tartalmazzák:

- **Költség- és bevételi előrejelzések:** Ezek az előrejelzések a vállalat pénzügyi helyzetét és teljesítményét tükrözik.
- **Részletes költségelemzések:** A beszámoló kiemeli a legfontosabb költségtételeket és az azokhoz kapcsolódó trendeket, lehetővé téve a gyors reakciót a költségek csökkentése érdekében.
- **Stratégiai javaslatok:** A riportok tartalmazzák javaslatokat a költségek optimalizálására és a jövőbeni pénzügyi teljesítmény javítására.

4.1. Alkalmazott lean eszközök és módszerek bemutatása

A vállalat lean filozófiáját széles körben alkalmazza, amely az alábbi eszközöket foglalja magában:

- **Value Stream Mapping (VSM):** Ezzel az eszközzel a folyamatok áramlását és az értékteremtést vizsgálják. A VSM segít azonosítani az értéknövelő és nem értéknövelő tevékenységeket, így javítva a hatékonyságot.
- **Kaizen:** A folyamatos fejlesztést célzó Kaizen módszert alkalmazzák a termelési folyamatok optimalizálására. A munkatársak havi szinten szervezett workshopokon javaslatokat tesznek a folyamatfejlesztésekre.
- **Kanban:** A Kanban rendszer segít a készletgazdálkodás optimalizálásában és a gyártási folyamatok hatékonyságának növelésében. Ez a módszer biztosítja, hogy csak annyi készlet legyen jelen, amennyi szükséges, ezzel csökkentve a költségeket.

A negyedik interjú során azonosított, lean szempontból releváns pénzügyi és működési KPI-okat a 36. táblázat foglalja össze.

36. táblázat: Lean szempontból releváns pénzügyi KPI-ok az 4. számú vállalat esetében

KPI típus	KPI
Operatív működés és hatékonyság	Átlagos készletszint
	Készletnövekedési ütem
	ITO
	DIO
	ISR
Nyereségesség	EBIT
	NOPAT
	ROA
	ROIC
	COGS

Forrás: Saját szerkesztés

4.2. Lean teljesítmény értékelés módszertana

A vállalat kiemelten épít az automatizációra és mesterséges intelligencia legmagasabb szintű alkalmazására. A lean operatív teljesítmény mérésére használt szoftver közvetlenül a beszámolókból nyeri az adatokat, amelyeket előre meghatározott minőségbiztosítási szempontok alapján elemzi. Az elemzés nemcsak az abszolút eltérésekre koncentrál, hanem különböző fejlettebb statisztikai módszereket is alkalmaz, például mozgókorrelációs elemzést, hogy azonosítsa az egyes mutatók közötti összefüggéseket és eltéréseket. Például, ha egy adott gyártósoron a hibás termelés aránya megnövekvő tendenciát mutat, a szoftver képes korrelálni ezt a változást a gépek karbantartási ciklusával vagy az anyagellátás pontatlanságával. Ezen kívül az alkalmazott MI-alapú megoldások képesek előre jelezni a potenciális problémákat, mint például a termelési késedelmeket, és az adatok alapján proaktív javaslatokat kínálnak a folyamatok optimalizálására, így segítve a vállalatot a hatékonyság növelésében és a költségek csökkentésében. Az aggregált értékelés során a mutatókat egységes kvartilisalapú rendszer szerint csoportosíták. Az alkalmazott informatikai infrastruktúrának a vállalati szintű lean értékelésben is meghatározó szerepe van. A fejlett tény/terv alapú elemzések mellett a rendszer prediktív előrejelzéseket is biztosít, amelyek lehetővé teszik a jövőbeli trendek modellezését. Például a gyártósorok teljesítményét folyamatosan figyelemmel kísérő MI-algoritmusok képesek előre jelezni a potenciális leállásokat vagy meghibásodásokat, még mielőtt azok bekövetkeznének, így a várható eszközberuházások is jobban tervezhetők. Ezen kívül, a cég alkalmazza a gépi tanulást a készletgazdálkodás optimalizálására is. Az MI-algoritmusok képesek az előző időszakok adatainak elemzésére, figyelembe véve a piaci trendeket, vásárlói igényeket és szezonális ingadozásokat, így pontosabb előrejelzéseket adnak a jövőbeli szükségletekről. A prediktív elemzések tehát nemcsak a napi működést javítják, hanem proaktív döntéshozatali folyamatokat is támogatnak, így hozzájárulva a vállalat hosszú távú növekedéséhez és nyereségességéhez.

5.2.2. Kvalitatív kutatás összegzése

A vizsgált autógyártó vállalatok controlling rendszerei központi szerepet töltenek be a pénzügyi teljesítmény figyelemmel kísérésében és a stratégiai döntéshozatal támogatásában. Mind a négy vállalatnál fontos controlling területek közé tartozik a költséggazdálkodás, az eredménykimutatás és az előrejelzés, melyek révén a pénzügyi adatok és gyártási teljesítmények alapján meghozható hatékonysági és költségcsökkentési intézkedések kerülnek előtérbe. Az alkalmazott menedzsmentriporting rendszerekben havi és negyedéves jelentések készülnek, amelyek részletesen elemzik az operatív hatékonyságot és a költségstruktúrát, hozzájárulva a vezetőség döntéseéhez.

A vállalatok különféle lean módszereket alkalmaznak a hatékonyság növelésére. Az egyik legfontosabb a Just-in-Time (JIT) rendszer volt, amely az alkatrészek pontos időben történő beérkezésével csökkentette a készletköltségeket. A Kanban táblák segítségével átláthatóbbá tették a munkafolyamatokat, míg az „5S” módszer biztosította a rendezettséget és a biztonságot a termelési környezetben. Emellett a Kaizen, vagyis a folyamatos fejlesztés elve lehetőséget adott a dolgozóknak a javaslattételre, ami nemcsak a hatékonyságot növelte, hanem erősítette az elkötelezettséget is.

A kutatás szempontjából talán a legérdekesebb nézőpont az alkalmazott pénzügyi-számviteli KPI-ok és azok mérhetősége. Jól látható, hogy számos, a szakirodalomban is gyakran előforduló mutató megjelent, mint például a ROA és az ITO. Ezen túlmenően öt olyan mutató is azonosítható, amelyek legalább három esetben előkerültek, de a szakirodalomban ritkábban vagy egyáltalán nem említik őket: ezek az átlagos készletszint, a DIO, az IAR, az ISR és a COGS. Ezeknek a mutatóknak a modellépítés során mindenképp szerepet kell kapniuk, mivel potenciálisan nagy jelentőséggel bírhatnak a lean teljesítmény mérésében. A vizsgált vállalatok fejlett ERP rendszerekkel és integrált IT megoldásokkal biztosítják a KPI-ok valós idejű nyomon követését és mérésének pontosságát. Rendszeres auditok és adatellenőrzések garantálják a lean kezdeményezések és pénzügyi mutatók közötti kapcsolat megbízhatóságát, gyors beavatkozási lehetőségeket biztosítva a vezetőség számára. Az egyes mutatók értékelése során három vállalat kvintilisalapú, míg egy vállalat kvartilisalapú kategorizálást alkalmaz, így tehát a kvintilis szerinti besorolás tekinthető meghatározónak és jellemzőnek a vizsgált vállalatok esetében.

A négy vállalat lean teljesítményértékelési módszerei különböznek a használt eszközök és megközelítések tekintetében. Az első cégnél az ERP rendszerből származó havi jelentések és automatizált programkódok segítségével elemzik a kulcsfontosságú mutatókat, varianciaanalízissel és a mutatók tényezőkre bontásával. A második cég a Balanced Scorecard módszert alkalmazza, interaktív adatvizualizációval és a pénzügyi, operatív, tanulási és ügyfél szempontokat is figyelembe véve. A harmadik cég manuális adatgyűjtést végez, és a KPI-okat varianciaanalízissel és DEA modellen alapuló rendszer értékeli. A negyedik vállalat a mesterséges intelligenciát és automatizált eszközöket alkalmaz, amelyek előre jelzik a problémákat, és proaktív javaslatokat kínálnak. Egyértelműen közös pont, hogy mindegyik gyártó KPI-alapú értékelést alkalmaz, ám a gyűjtés és elemzés módja eltér. Többségük proaktív megközelítést alkalmaz, mely során az ok-okozati tényezők felkutatása kiemelt fontosságú. Az adatok vizualizációja és az interaktív elemzések is kiemelt szerepet kapnak, mivel ezek segítik a gyors döntéshozatalt és a problémák gyors azonosítását. A prediktív modellezésnek is fontos szerepe van a lean teljesítmény tervezése során, bár ennek fejlettségi szintje igen széles skálán mozog.

6. Következtetések és javaslatok

A lean teljesítmény értékelése nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatok alapján

Számos tanulmány igazolja, hogy a lean menedzsment gyakorlatainak hatásai messze túlmutatnak az üzemi területeken jelentkező közvetlen operatív eredményeken, és közvetlenül megjelennek a vállalati pénzügyi és számviteli kimutatásokban is (FULLERTON et al. 2014; CAMACHO-MIÑANO et al. 2012; GONÇALVES et al. 2019). A nemzetközi és hazai szakirodalom egyaránt alátámasztja, hogy azok a vállalatok, amelyek következetesen és rendszerszinten alkalmazzák a lean menedzsment alapelveit, ideértve a veszteségek célzott csökkentését, a készletgazdálkodás optimalizálását, az átfutási idők minimalizálását és a folyamatos fejlesztés (kaizen) elvének érvényesítését kimutathatóan kedvezőbb teljesítményt mutatnak nemcsak az operatív hatékonyság, hanem a pénzügyi eredményesség dimenzióiban is (BHASIN 2011; GYENGE et al. 2015; GASPÁR 2022).

Kutatásomban rávilágítottam arra, hogy mindez jól nyomon követhető a vállalati pénzügyi és számviteli teljesítménymutatók alakulásán keresztül, amelyek nyilvánosan elérhető beszámolóadatok alapján számíthatók különösen a jövedelmezőséggel, valamint az eszköz- és működési hatékonysággal kapcsolatos mutatók esetében. A kutatás során a lean alapelvek és az alkalmazott lean módszerek hatásmechanizmusából levezettem, hogy ezek mely pénzügyi és számviteli mutatókra gyakorolnak közvetlen vagy közvetett hatást. Az így kialakított relációs rendszer strukturált módon teremti meg az összefüggést a lean gyakorlatok és a pénzügyi teljesítmény mérhető elemei között, és ez szolgált alapul a teljesítményértékelő modell megalkotásához.

Kutatásomnak nem célja, hogy a lean menedzsment értékelésére szolgáló, korábban megalkotott, jellemzően belső használatú, szubjektív vagy kérdőíves alapú indikátorokat is bevonja, és ezekkel egyfajta vegyes értékelési rendszert alakítson ki. A vállalat-specifikus, nem nyilvános kvalitatív adatok módszertanilag nehezen összehasonlíthatók és korlátozottan transzparenssek, így nem támogatják egy objektív, megbízható összehasonlításon alapuló vizsgálat lefolytatását. A kutatás eredményei igazolják, hogy ezek mellőzése nem csökkenti az elemzés érvényességét; ellenkezőleg, a nyilvános pénzügyi adatokra épülő megközelítés is alkalmas arra, hogy következetesen érzékeltesse a lean alapelvek vállalati működésre gyakorolt hatását. Véleményem szerint az objektivitás és az összehasonlíthatóság érdekében indokolt, hogy az értékelési megközelítés elsősorban a nyilvánosan elérhető adatokra támaszkodjon, szemben a szubjektív értékelési szempontokkal vagy belső információkkal. Ugyanakkor a lean értékelése során különösen fontos tudatosítani, hogy az ágazati és vállalati sajátosságok jelentős mértékben befolyásolhatják a pénzügyi és számviteli mutatók értelmezhetőségét. Ebből adódóan, bár a nyilvános beszámolóadatokra épülő megközelítés növeli az objektivitást és az összehasonlíthatóságot, az értékelési módszertan kialakítása és az eredmények értelmezése során egyaránt figyelembe kell venni az általános érvényességet korlátozó tényezőket.

Lean alapelvek és pénzügyi mutatók kapcsolata az értékelésben

Kutatásomban négy különböző kvalitatív esettanulmányban vizsgáltam meg autóipari vállalatok controlling rendszereit, különös figyelmet fordítva a pénzügyi-számviteli KPI-ok és a lean menedzsment módszerek kapcsolatára. A kvalitatív mélyinterjúk eredményei alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a lean szemléletmód beépülése a controlling gyakorlatba nemcsak az operatív működés hatékonyságában játszik szerepet, hanem közvetlen összefüggésbe hozható a pénzügyi teljesítmény értékelésében alkalmazott mutatókkal is.

Ugyanakkor ezek mérése a vállalatoknál jelentősen eltérő módszertanú és eltérő hatékonyságú rendszereken keresztül történik. Mindezek alapján kutatásom rávilágított arra, hogy a lean módszerek alkalmazásának méréséhez és értékeléséhez egy egységes, pénzügyi és számviteli adatokra épülő modell kialakítása indokolt, mivel sem a szakirodalomban, sem a vállalati gyakorlatban nem alakult ki egységesen elfogadott módszertani keret (CAMACHO-MIÑANO et al., 2012; OLEGHE – SALONITIS, 2018). Ennek hiányában bár a vállalatok széles körben alkalmaznak pénzügyi-számviteli kulcsmutatókat a lean folyamatok értékelésére, az eredmények egymással való összehasonlíthatósága korlátozott, ami tovább erősíti egy standardizált értékelési rendszer kialakításának szükségességét.

A vizsgált vállalatok controlling gyakorlatai között számos hasonlóság azonosítható a lean módszerek értékelésében alkalmazott pénzügyi-számviteli mutatók tekintetében. Bár a mutatók kiválasztása és értelmezése vállalat-specifikus eltéréseket mutat, a teljesítménymérésben több esetben is megfigyelhető azonos vagy nagyon hasonló indikátorhasználat, különösen a készletgazdálkodási, eszközhatékonysági és jövedelmezőségi területeken. Az esettanulmányok alapján megállapítható, hogy a KPI-alapú értékelés nemcsak a lean folyamatok mérésére, hanem azok szervezeti szintű összehasonlítására is lehetőséget teremt. Ugyanakkor a mutatók definiálása és súlyozása minden esetben szoros összhangban van az adott szervezet struktúrájával és adatarchitektúrájával, ami kiemeli az egyedi vállalati környezetekhez való illeszkedés fontosságát. A feltárt vállalati gyakorlatok alapján egyértelműen kirajzolódik, hogy a lean menedzsment napjainkban is egy aktuális és meghatározó vállalati filozófia, amely a szakirodalmi megállapításokkal összhangban már nem csupán az operatív szinten, hanem stratégiai szempontból is befolyásolja a vállalati működést, amelynek hatása a pénzügyi kimutatásokban is tetten érhető. A vállalati gyakorlat számos ponton alátámasztotta az elméleti és statisztikai elemzések során feltárt összefüggéseket, ugyanakkor kiegészítő tapasztalatokkal is gazdagította az értelmezési keretet, lehetővé téve egy rugalmasabb és a vállalati környezet sokszínűségét is figyelembe vevő értékelési modell kialakítását. Ebből következik, hogy a lean menedzsmenttel összefüggő értékelési szempontok sok esetben heterogén és szubjektív természetűek, viszont megfelelő módszertani keretek között ezek strukturálása és kvantifikálása lehetővé válik.

Mindazonáltal a lean hatásainak egységes és kvantitatív értékelése továbbra is bonyolult feladat, elsősorban a vállalati értelmezések, szektorális különbségek és mérési rendszerek sokszínűsége miatt. A módszerek, mutatók és adatarchitektúrák jelentős eltérései megnehezítik olyan általános modell kialakítását, amely minden vállalati kontextusra egyformán érvényesíthető lenne. Eredményeim ugyanakkor rávilágítanak arra, hogy mindezek ellenére, a szakirodalmi és empirikus tapasztalatokra építve megalkotható egy olyan mérési logika, amely megfelelő módszertani alapozással és kellő rugalmassággal képes kezelni ezt a heterogenitást, és előmozdítja a lean teljesítményértékelés gyakorlatát. A megközelítés gyakorlati alkalmazhatóságát jelentősen növeli, hogy a modell alapjául szolgáló pénzügyi és számviteli adatok a tőzsdén jegyzett vállalatok esetében a kötelező pénzügyi beszámolás részeként nyilvánosan hozzáférhetők. A modell alkalmazása ezért nem igényli vállalat-specifikus belső adatok megszerzését, kérdőíves adatfelvételt vagy közvetlen vállalati együttműködést. Ez lehetővé teszi, hogy az értékelést nemcsak a vállalat saját vezetése vagy controlling területe, hanem külső érintettek, például elemzők, befektetők vagy könyvvizsgálók is reprodukálható módon elvégezhessék. A nyilvános adatbázisokra épülő megközelítés ezáltal nemcsak az objektivitást és az összehasonlíthatóságot, hanem a modell tényleges gyakorlati hozzáférhetőségét és szélesebb körű alkalmazhatóságát is növeli.

Megalkotott lean teljesítményértékelő modell

A lean teljesítményértékelő modell megalkotásának első és kulcsfontosságú lépése a vizsgált vállalati szektor, illetve szükség esetén az ahhoz tartozó alszektor meghatározása. A lean filozófia és az ahhoz kapcsolódó módszertan elsősorban a szekunder szektorhoz, azon belül is a gyártóipar különböző alszektoraihoz kötődik, ahol az operatív hatékonyság növelése kiemelt jelentőséggel bír (OHNO 1988; WOMACK – JONES 2003; LIKER 2008). Bár a lean menedzsment eredete és meghatározó alkalmazási területe az autóiparhoz köthető, a modell alkalmazási lehetősége nem korlátozódik kizárólag erre az ágazatra: megfelelő adaptációval a szekunder szektor más területein, sőt, bizonyos feltételek mellett a terciér szektor egyes szolgáltatási folyamataiban is releváns értékelést tehet lehetővé.

A modell alapjául szolgáló KPI-ok kiválasztásának egyrészt a szakirodalmi ajánlásokra, másrészt az adott szektor vállalatainak pénzügyi és számviteli sajátosságaira kell épülnie, oly módon, hogy azok összhangban legyenek a lean alapelvek célkitűzéseivel. Ennek megfelelően a modell felépítése során kiemelt szempont volt, hogy az értékelési rendszer elemei szoros kapcsolatban álljanak a lean menedzsment által azonosított főbb veszteségforrásokkal. Az alkalmazott mutatók kiválasztása ezért úgy történt, hogy azok közvetlenül tükrözzék a túlermelés, a készletezés, a felesleges mozgás és szállítás, a várakozás, a túlzott feldolgozás, valamint a selejt és hibás termékek csökkentésére irányuló célkitűzéseket. Ennek eredményeként az értékelési rendszer nem csupán a pénzügyi és működési teljesítményt ragadja meg, hanem közvetlen összefüggést teremt a lean alapelvek gyakorlati megvalósulásával is.

Annak meghatározása, hogy egy vállalat milyen mértékben képes az operatív hatékonyságot célzó lean módszereket pénzügyi eredményességgé transzformálni, nem írható le egyszerű lineáris összefüggésekkel. Ezért a modellalkotás során a fuzzy logika alkalmazása mellett döntöttem, amely lehetővé teszi, hogy az értékelés ne diszkrét, hanem folyamatos átmeneteket képviselő osztályozási kategóriák mentén történjen, rugalmasan kezelve a teljesítménybeli különbségek kismértékű varianciáit (ZADEH 1965; KLIR – YUAN 1995; ROSS 2010). A kiválasztott mutatók alapján a modell a DEA módszer segítségével technikai hatékonysági pontszámokat számít ki, amelyek a fuzzy rendszer paraméterezésének alapjául szolgálnak. A lean alapelvek és az operatív hatékonyság követelményei alapján előzetesen meghatároztam az egyes KPI-ok kívánatos előjelváltozásait: például a jövedelmezőség növekedését, illetve az árbevétel-arányos készletszint csökkenését. A célfüggvény ennek megfelelően a kiválasztott KPI-ok fuzzy tagsági függvényeinek paramétereit a PSO algoritmus segítségével optimalizálja oly módon, hogy a fuzzy lean pontszám a lehető legnagyobb korrelációt mutassa a DEA-alapú technikai hatékonysági pontszámokkal, miközben teljesíti az előírt előjelirányokat is.

A modell újdonságtartalma abban ragadható meg, hogy nem pusztán a kiválasztott mutatók egyszerű kombinációjára épít, hanem egy adaptív, adatvezérelt célfüggvény segítségével komplex, nemlineáris logikai értékelést végez, a lean alapelvek következetes figyelembevételével. Ebből adódóan a modell innovációja elsősorban abban rejlik, hogy az egyes pénzügyi és működési mutatókat nem önálló, izolált indikátorokként, hanem a technikai hatékonysággal összekapcsolt, fuzzy logikára épülő aggregált értékelési rendszerben kezeli. Ez a megközelítés lehetőséget teremt arra, hogy a különböző teljesítménydimenziók közötti összefüggések együttesen jelenjenek meg a lean teljesítmény értékelésében, miközben az előzetesen meghatározott lean alapelvek és előjelirányok a modell logikájában is érvényesülnek. Ez a komplex megközelítés nemcsak módszertanilag bizonyult hatékonynak, hanem a lean szemlélettel összhangban szükségszerűvé is vált, tekintettel arra, hogy a vizsgált mutatók értékelése sok esetben nemlineáris összefüggéseket követ, továbbá a modell egyes elemei koncepcionális előfeltevésektől is függenek.

A közgazdaságtudományi hozzájárulás mellett a megalkotott modell a vállalatvezetési gyakorlatban is alkalmazható. A modell kiegészítő döntéstámogató eszközként lehetővé teszi a vállalat lean teljesítményének egységes, pénzügyi-számviteli adatokon alapuló értékelését. Segítségével a vállalatvezetés és a controlling terület nyomon követheti a lean teljesítmény időbeli alakulását, összehasonlíthatja azt az azonos szektorban működő vállalatok teljesítményével, valamint azonosíthatja azokat a teljesítményterületeket, amelyek kedvezőtlenül befolyásolják az aggregált Lean Score értékét. Az eredmények ezáltal támogathatják a fejlesztési prioritások kijelölését, a korábban végrehajtott lean intézkedések eredményességének utólagos értékelését, valamint a vállalati és ágazati benchmarkingot. A modell nem helyettesíti a vállalatspecifikus operatív mutatókat és a vezetői döntéshozatalt, hanem azok mellett objektív, számszerűsíthető kiegészítő információt biztosít, amely jelentősen hozzájárulhat a vezetői döntések megalapozottságának növeléséhez.

Lean teljesítményértékelő modell továbbfejlesztési javaslatai

A kutatásom során felépített modell a vállalat pénzügyi és számviteli adatai, azaz jövedelmi és vagyoni helyzete alapján értékeli a lean teljesítményt. Ezzel a megközelítéssel elsősorban a működési hatékonyság és a pénzügyi eredményesség közvetlen összefüggései ragadhatók meg. Ugyanakkor a modell nem terjed ki a vállalati cégtértek (például DCF vagy EVA alapú értékelés) vagy a tőkepiaci értékmutatók (például P/E ráta vagy Tobin's Q) figyelembevételére, amelyek a vállalat hosszú távú értékteremtő képességét és befektetői megítélését tükrözik. Ennek a korlátozottságnak a kezelése a jövőbeni modellfejlesztések egyik lehetséges irányát jelenti, amely során a pénzügyi teljesítmény mutatóin túlmenően a vállalat értékének dinamikus változásait is figyelembe vevő, integrált értékelési rendszer kerülhetne kialakításra. Egy ilyen továbbfejlesztett megközelítés lehetővé tenné, hogy a lean szemlélet hatásai ne csupán a vállalati működés hatékonyságában, hanem a hosszabb távú gazdasági értékteremtés szintjén is mérhetővé váljanak.

A modell technikai működésének továbbfejlesztése szintén releváns irányt jelenthet a jövőbeni kutatásokban. Lehetséges fejlesztési terület például a fuzzy logikai rendszer paraméterezésének finomhangolása, amely során a tesztelt tagsági függvények mellett további alternatív függvények (például szigmoid vagy adaptív függvények) alkalmazásával növelhető lenne a teljesítményértékelés érzékenysége és robusztussága. A célfüggvény optimalizációja szintén fontos területet jelenthet a modell jövőbeni fejlesztésében. Jelenleg a paraméterek illesztésére a részecske-raj (PSO) algoritmus került alkalmazásra, amely hatékonysága és egyszerű implementációja miatt megfelelő választásnak bizonyult. Emellett további optimalizációs algoritmusok, például genetikai algoritmusok, differenciálegyenlet-alapú evolúciós eljárások, illetve gépi tanulási módszerek vagy neurális hálózatok bevonása is elősegíthetné a modell paramétereinek még hatékonyabb illesztését. A DEA-alapú hatékonysági pontszámok kiszámításának finomítása, például input- és output-orientált modellek kombinálása révén, szintén hozzájárulhatna az értékelési rendszer pontosságának növeléséhez. A modell jelenlegi fuzzy logikai rendszere egyszerűsített, de könnyen értelmezhető aggregációra épül, amely hatékonyan kezeli az egyes KPI-ok együttes hatását. A jövőbeni fejlesztések egyik további iránya lehetne egy többdimenziós fuzzy, például Mamdani- vagy Sugeno-típusú értékelési rendszer alkalmazása. Egy ilyen fejlettebb fuzzy rendszer képes lenne összetettebb logikai kapcsolatok modellezésére, figyelembe véve a mutatók közötti nemlineáris és interaktív hatásokat is. Ezáltal a teljesítményértékelés nemcsak pontosabbá válna, hanem rugalmasabban alkalmazkodhatna a különböző vállalati környezetekhez és szektorális sajátosságokhoz, tovább erősítve a modell általános érvényességét és gyakorlati relevanciáját.

A modell technikai továbbfejlesztésének egy másik ígéretes iránya az idősoros pénzügyi és számviteli adatok mélyebb elemzésének integrálása lehet. Bár a modell jelenlegi formájában képes az idősoros pénzügyi és számviteli adatok feldolgozására és lean alapelvek szerinti értékelésre, a jövőbeni továbbfejlesztések során indokolt lehet a trendanalízis és prediktív idősorelemzési módszerek integrálása is. A trendek és volatilitások feltárása, valamint a szezonális hatások kiszűrése lehetővé tenné a lean teljesítmény időbeli stabilitásának és fejlődési dinamikájának mélyebb megértését. Egy ilyen kiegészített megközelítés nemcsak a múltbeli teljesítmény értékelését, hanem a jövőbeli teljesítmény prognosztizálását is támogatná, tovább növelve a modell gyakorlati alkalmazhatóságát.

A kutatásom során megalkotott lean teljesítményértékelő modell számos egyéb alkalmazási területen és értékelési cél esetében is adaptálható, feltéve, hogy a vizsgált környezet megfelel az alábbi alapvető kritériumoknak:

- Pénzügyi és számviteli adatok minősége: A vizsgált szervezetek képesek auditált, nyilvánosan elérhető pénzügyi és számviteli adatok szolgáltatására, ennek hiányában pedig megfelelő számviteli fegyelem mellett előállított, megbízható belső adatok biztosítására, amelyek objektív teljesítményértékelésre adnak lehetőséget.
- Idősoros adatok megléte: Több egymást követő időszakot lefedő pénzügyi és számviteli adatok állnak rendelkezésre, amelyek lehetővé teszik az aggregált teljesítmény pontosabb értékelését, valamint a mögöttes teljesítmény időbeli alakulásának elemzését. Minél hosszabb az elérhető idősor, annál pontosabb és megbízhatóbb értékelést képes nyújtani a modell a lean hatások hosszú távú érvényesüléséről.
- Operatív hatékonyság központi szerepe: A vizsgált szervezetek működésében az operatív hatékonyság javítása meghatározó stratégiai célként jelenik meg függetlenül attól, hogy formálisan lean módszereket alkalmaznak, vagy más, de azonos célrendszerű menedzsmentmegközelítéseket követnek.
- Benchmarking: Kiemelten fontos a modellhez olyan minta kiválasztása, amely azonos szektorban tevékenykedő, kellően nagy számú vállalatot foglal magában, ezáltal biztosítva az összehasonlító elemzés statisztikai megbízhatóságát és érvényességét.
- Értékelési határértékek kezelése: Bár a modell adatvezérelt működésű, a teljesítménymutatók kiválasztása és értelmezése részben kontextusfüggő, ami különösen a gyártóiparon kívüli ágazatokban indokoltá teheti a paraméterek újrakalibrálását a környezeti és vállalati sajátosságokhoz való igazodás érdekében.

A fenti kritériumok alapján a kutatás során kialakított modell széles körben alkalmazható minden olyan területen, ahol az operatív hatékonyság és a pénzügyi-számviteli teljesítmény értékelése kiemelt jelentőségű. A modell integrálható benchmarking elemzésekbe, valamint kiegészítve a hagyományos technikai elemzés módszereit tőzsdén jegyzett vállalatok hatékonyságalapú pénzügyi teljesítményének értékelésébe. Emellett hasznosítható befektetési döntések támogatásában is, különösen olyan szektorokban, ahol az innovációs nyomás és a verseny intenzitása magas. A modell továbbá alkalmas termelési rendszerekhez és ellátási láncokhoz kapcsolódó beruházások és fejlesztések hatásának értékelésére, valamint a szolgáltatásterületen működő szervezetek operatív hatékonysági törekvéseinek vizsgálatára is. A modell belső logikája és módszertani keretrendszere más, hatékonyság- és jövedelmezőség-orientált értékelési rendszerekhez is adaptálható és továbbfejleszthető. Mivel a modell kizárólag nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatokra épül, alkalmazása külső elemzők, könyvvizsgálók és más piaci szereplők számára is lehetőséget biztosíthat a vállalatok lean teljesítményének összehasonlítására. Ezáltal hozzájárulhat a vállalati működés transzparenssebb értékeléséhez és a pénzügyi elemzések információtartalmának bővítéséhez.

A kutatás korlátai

Jelen kutatás célja egy nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatokon alapuló lean teljesítményértékelő modell kidolgozása volt, amelynek kialakítása során több tudatos módszertani döntés is született. A vizsgálat kizárólag az autóiparra koncentrált, mivel a lean menedzsment történetileg ehhez az ágazathoz kötődik, valamint a szakirodalomban is ez tekinthető a legjobban dokumentált alkalmazási területnek. Ez ugyan növeli a modell belső érvényességét, ugyanakkor korlátozza az eredmények más iparágakra történő közvetlen általánosíthatóságát. Emellett a viszonylag alacsony mintaszám szintén korlátozza az eredmények általánosíthatóságát, különösen a gépi tanulási modellek esetében. Ennek mérséklése érdekében a modellek robusztusságát és általánosító képességét a hagyományos teljesítménymutatók mellett kiegészítő validációval, valamint több, egymástól független modellezési megközelítés alkalmazásával is ellenőriztem.

A modell további korlátja annak alapvetően visszatekintő jellege. A modell a lean teljesítményt nem a vállalati folyamatok végrehajtásával párhuzamosan, valós időben értékeli, hanem a már realizálódott működési eredmények pénzügyi és számviteli adatokban történő megjelenése alapján. Ebből következően a modell jelenlegi formájában elsősorban utólagos teljesítményértékelésre és összehasonlításra alkalmas, és nem tekinthető dinamikus vagy előrejelző döntéstámogató rendszernek. További korlátozó tényezőt jelent a felhasznált adatok validitása és összehasonlíthatósága. Bár a nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatok alkalmazása növeli az értékelés objektivitását és reprodukálhatóságát, az eltérő számviteli gyakorlatok, beszámolási sajátosságok és vállalati struktúrák befolyásolhatják az egyes mutatók vállalatok közötti közvetlen összehasonlíthatóságát. A vizsgálat keresztmetszeti jellege szintén korlátozza az eredmények értelmezhetőségét, mivel az egyes vállalatok teljesítményének egy adott időszakban történő összehasonlítása önmagában nem teszi lehetővé az ok-okozati kapcsolatok egyértelmű azonosítását. A megfigyelt teljesítménykülönbségek hátterében a lean működés mellett egyéb vállalati és környezeti tényezők, például a vállalatméret, a piaci pozíció, a technológiai sajátosságok, a makrogazdasági környezet vagy az üzleti ciklusok is állhatnak. Ennek megfelelően a modell eredményei elsősorban összehasonlító és teljesítményértékelési célokra értelmezhetők, és önmagukban nem tekinthetők a lean menedzsment okozati hatását bizonyító eredménynek.

Szintén fontos kiemelni, hogy a vállalatok lean és nem lean csoportba történő bináris besorolása módszertani egyszerűsítést jelent, mivel a lean érettség a gyakorlatban inkább folytonos spektrumként értelmezhető. Ez a megközelítés elsősorban a modell alapjául szolgáló KPI-k objektív azonosítását és a benchmarkmodell felállítását tette lehetővé, míg e korlátot a dolgozatban bemutatott fuzzy modell részben feloldja azáltal, hogy a vállalatokat folytonos lean teljesítményskálán értékeli. A kontrollcsoportba sorolt vállalatok nem tekinthetők szükségszerűen „nem lean” szervezeteknek, hanem olyan vállalatokat jelölnek, amelyek esetében a szakirodalomban nem áll rendelkezésre egyértelmű empirikus bizonyíték több évtizedes, dokumentált lean benchmark státuszra. Végezetül a modell kizárólag nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatokra támaszkodik, amelyek összehasonlítható értékelést tesznek lehetővé, ugyanakkor nem képesek közvetlenül megragadni bizonyos operatív lean sajátosságokat. A felsorolt korlátok elsősorban az eredmények általánosíthatóságát érintik, ugyanakkor egyben kijelölik a modell továbbfejlesztésének és más iparágakra történő adaptációjának lehetséges irányait.

7. Új tudományos eredmények

1. Statisztikailag szignifikáns összefüggés mutatható ki a lean módszerek alkalmazása és a nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli mutatók között

Kutatási eredményeim alapján kijelenthető, hogy a lean menedzsment és a kapcsolódó módszerek alkalmazása szignifikáns összefüggést mutat több számviteli és pénzügyi teljesítménymutatóval. Az együttmozgások mögött meghúzódó ok-okozati kapcsolatok a lean alapelvek és veszteségforrások mentén értelmezhetők, hatásmechanizmusaik pedig a vállalati beszámolóokban is jól azonosíthatók. Ez alátámasztja, hogy a lean szemlélet hatása nem korlátozódik a belső operatív folyamatokra és indikátorokra, hanem strukturált módon tükröződik vissza a vállalatok nyilvánosan elérhető pénzügyi és számviteli adataiban is. Az elvégzett kvantitatív vizsgálatok és a kvalitatív interjúk szakértői véleményei alapján egyértelműen körvonalazható egy olyan KPI-halmaz, amely szinergikus módon, együttesen alkalmazva nagy megbízhatósággal alkalmas a lean teljesítményértékelésére.

2. A lean szervezetek nemcsak jövedelmezőségi szempontból tekinthetők eredményesebbnek, hanem technikai értelemben is hatékonyabbak.

Az empirikus vizsgálatok eredményei alapján a lean szemléletű vállalatok technikai hatékonysága Data Envelopment Analysis (DEA) segítségével, pénzügyi és számviteli mutatók alapján mérve általában magasabb, mint a nem lean szemléletű vállalatoké. Mindez azt jelzi, hogy az első pontban bemutatott összefüggés nem egy véletlenszerű vagy független megfigyelés eredménye, hanem egy olyan valós, nem parametrikus hatékonyságértékelési eljárással is alátámasztott teljesítménykülönbség, amely a lean szemlélet rendszerszintű hatásait tükrözi vissza. Ez azt is jelenti, hogy a lean menedzsment veszteségcsökkentésre és erőforrás-optimalizálásra irányuló céljai olyan működési előnyöket eredményeznek, amelyek technikai hatékonyságbeli többletté is transzformálhatók. Fontos ugyanakkor kiemelni, hogy a technikai hatékonyságjavulás nem minden esetben jelenik meg azonnal pénzügyi eredményekben, ennek érvényesülése a lean gyakorlatba ültetésének minőségétől és a vállalati stratégiával való összhangtól is függ.

3. Megalkotásra került egy, a lean teljesítmény értékelésére alkalmas modell, amely fuzzy logikán alapul, adatvezérelt módon működik, és a technikai hatékonyságra, valamint a lean alapelvekre építve biztosít értékelést.

Az általam kidolgozott modell különböző statisztikai, matematikai és optimalizálási módszerekből épül fel, melyek együttesen járulnak hozzá a szervezetek lean teljesítményének szofisztikált, többdimenziós értékeléséhez. A lean teljesítmény mérését az egyes mutatószámok aggregálása és súlyozott kombinációja teszi lehetővé, amelynek illesztése a vizsgált szervezetek technikai hatékonyságához fuzzy logika és normatív, jelalapú szabályrendszer alapján történik. A modell képes egységes logika mentén értelmezni az eltérő mutatószámokhoz kapcsolódó elméleti elvárásokat, ezáltal csökkentve a teljesítményértékelés szubjektivitását, az értelmezési torzításokat, valamint a különböző értékelési irányelvekből fakadó bizonytalanságokat. Az adatvezérelt működés lehetővé teszi, hogy a lean teljesítményértékelés szorosan illeszkedjen a technikai hatékonysághoz, miközben rugalmasan érvényesíti a pénzügyi teljesítmény és a lean alapelvek által meghatározott szempontokat is.

4. A kutatás eredményeként kialakításra került egy aggregált Lean Score mutató, amely a szervezetek lean teljesítményét a különböző pénzügyi-számviteli teljesítménymutatók egységes integrálásával, a lean alapelvek funkcionális érvényesülése alapján következetes és összehasonlítható módon fejezi ki.

A létrehozott Lean Score a kiválasztott pénzügyi-számviteli mutatók aggregálásával egyetlen mutatóban fejezi ki a szervezetek lean teljesítményét. A mutató nem pusztán a pénzügyi-számviteli indikátorok matematikai összesítésén alapul, hanem a lean alapelvekhez, a veszteségforrásokhoz, valamint a szakirodalmi és kvalitatív kutatási eredményekhez kapcsolódó értelmezési keretet egységes teljesítménymutatóvá alakítja. A feltárt szakirodalom alapján nem azonosítható olyan Lean Score mutató, amely nyilvánosan elérhető pénzügyi-számviteli adatokra építve, a lean alapelvek funkcionális érvényesülését ilyen integrált módon fejezné ki. Ezáltal a Lean Score lehetővé teszi a szervezetek lean teljesítményének integrált értékelését, miközben csökkenti az egyes pénzügyi mutatók önálló alkalmazásából fakadó értelmezési bizonytalanságot.

5. A Lean Score és a technikai hatékonyság együttes értékelése a lean bevezetés minőségének utólagos megítélésére is alkalmas.

Kutatási eredményeim alapján a nyilvános számviteli beszámolókból képzett Lean Score nemcsak a szervezetek lean teljesítményének összehasonlítására szolgál, hanem a DEA-val mért technikai hatékonysággal együtt a lean gyakorlatba ültetésének minőségét is jelzi. A modell a beszámolók utólagos adataira épül, ezért nem a jövőbeli teljesítményt jelzi előre, hanem a már megvalósult működés lean mintázatát rekonstruálja. A Lean Score azt foglalja össze, hogyan jelennek meg a lean alapelvek a pénzügyi-számviteli mutatókban, a DEA pedig ugyanazon adatok alapján a technikai hatékonyságot méri. A két rangsor eltérése önállóan is értelmezhető: magas Lean Score és alacsony hatékonyság arra utal, hogy a beszámolóban már látható a lean mintázat, a működésben azonban még nem érvényesül teljes mértékben; a fordított eset olyan hatékonyságot jelez, amely a beszámolóban még nem öltött egységes lean formát. A kvalitatív interjúk ezt a különbséget a bevezetés minőségével és a vállalati stratégiához való illeszkedéssel magyarázzák. A feltárt szakirodalom alapján nem azonosítható olyan megközelítés, amely a nyilvános beszámolókból képzett Lean Score-t és a DEA-hatékonyságot együtt, utólagos értékelési céllal alkalmazná.

8. Összefoglalás

Kutatásom célja egy olyan lean teljesítményértékelő modell megalkotása volt, amely a vállalatok lean teljesítményét nyilvánosan elérhető pénzügyi és számviteli adatok alapján képes objektíven értékelni, függetlenül attól, hogy az adott szervezet formálisan alkalmaz-e belső lean controlling- vagy teljesítménymérési módszereket. A modell kialakítása során nemcsak a releváns szakirodalmi háttérre, hanem az elvégzett kvantitatív elemzésekre és a kvalitatív mélyinterjúk eredményeinek szintézisére is építettem, és ezek integrálásával hoztam létre egy matematikai és statisztikai módszertanra alapozott értékelési modellt.

A szervezetek számára a lean menedzsment alkalmazása során különböző belső teljesítménymutatók és indexek állnak rendelkezésre, amelyek segítségével saját lean működésük értékelhető. Mivel azonban ezek az értékelési módszerek szinte kizárólag belső és sok esetben jelentős mértékben szubjektív adatokon alapulnak, nem alkalmasak összehasonlításra, sem vállalaton belüli idősoros vizsgálatok, sem versenytársakkal szembeni benchmarking elemzések esetében. Összegzőként megállapítható, hogy sem a szakirodalomban, sem a vállalati gyakorlatban jelenleg nem áll rendelkezésre olyan strukturált modell, amely nyilvános pénzügyi-számviteli adatokra építve képes lenne ezt a hiányt áthidalni, ezért kutatásomban egy olyan értékelési rendszert dolgoztam ki, amely e módszertani űr kitöltésére szolgál.

A szakirodalmi feldolgozás során azonosítottam azokat a pénzügyi és számviteli KPI-okat, amelyek esetében a lean módszerek alkalmazásával leggyakrabban mutatható ki összefüggés. A kiválasztott mutatók validálását és részletes vizsgálatát logisztikus regresszió, Random Forest és SVM módszerek alkalmazásával végeztem el. A vizsgálatokhoz használt mintát nyilvánosan elérhető, negyedéves beszámolóadatok alapján állítottam össze oly módon, hogy lehetővé váljon a mutatók diszkriminációs képességének tesztelése. Ennek érdekében létrehoztam egy deklaráltan lean módszereket alkalmazó autógyártókból álló csoportot, valamint egy kontrollcsoportot. Az iteratív modellépítés során az esettanulmányok eredményeit is figyelembe véve jól látható mintázatok alapján választottam ki a legrelevánsabb mutatókat, kialakítva azt a KPI-csoportot, amely a teljesítményértékelő modell alapjául szolgált.

A kiválasztott KPI-ok tekintetében statisztikailag szignifikáns kapcsolat volt kimutatható a lean csoportjelleggel illetően; emellett a mutatók együttes alkalmazása erős magyarázó és prediktív képességet mutatott. Annak érdekében, hogy a megalkotandó modellhez használt KPI-ok ne pusztán diszkriminációs jellegük alapján kerüljenek kiválasztásra, elvégeztem egy DEA modellezést is, amelyben a céloom a mutatók közötti input–output viszonyokra épülő technikai hatékonyságvizsgálat volt. Ennek köszönhetően olyan mutatók kerültek kiválasztásra, amelyek nemcsak jól elkülönítik a lean és nem lean vállalatokat, hanem érdemben hozzájárulnak a vállalati hatékonyság többdimenziós értékeléséhez is. A DEA modell eredményei alapján tehát megállapítható, hogy a lean módszereket alkalmazó vállalatok egyidejűleg magasabb technikai hatékonyságot is mutatnak. Ez az összefüggés további módszertani koherenciát biztosított a modell számára, megerősítve annak elméleti és empirikus megalapozottságát.

Kutatásomban a lean teljesítményértékelés módszertani feltérképezését a szakirodalmi áttekintés és a kiterjedt kvantitatív vizsgálatok mellett négy esettanulmány elemzésével végeztem el. Az esettanulmányok lehetőséget biztosítottak a szakirodalomban ismert KPI-ok és módszerek gyakorlati alkalmazásának vizsgálatára, valamint arra, hogy az ezekből származó empirikus tapasztalatokat a kvantitatív elemzések és a megalkotandó modell kalibrálásához felhasználjam. A vizsgált vállalatok az autógyártásban működnek; a mintaválasztás

célja az volt, hogy a szekunder szektor azon ágazatát vizsgáljam, ahol a lean szemlélet alkalmazása a legmarkánsabban jelenik meg, figyelembe véve a lean menedzsment iparági eredetét. Az esettanulmányok célja az volt, hogy mélyebb betekintést nyújtsanak a vizsgált szervezetek controlling- és pénzügyi-számviteli értékelési gyakorlatába, valamint a lean által érintett területeken alkalmazott KPI-ok mérhetőségébe és pontosságába. Mindez hozzájárult a modellalkotás szempontjából releváns mutatók kiválasztásához, az esetleges értékelési vagy mérési nehézségek feltárásához, valamint a mögöttes összefüggések mélyebb megértéséhez.

Az esettanulmányok és a szakirodalmi feldolgozás eredményei megerősítették, hogy bár a lean teljesítményértékelés terén bizonyos módszertani hasonlóságok azonosíthatók, jelenleg nem létezik egységesen elfogadott értékelési keretrendszer, amely vállalaton kívülről elérhető pénzügyi és számviteli adatokra épülne. Ezt tovább nehezíti, hogy a gyakorlatban alkalmazott KPI-okon túl a megközelítések is gyakran szigetszerűek és módszertanilag széttartók, így a lean teljesítmény pénzügyi alapú, objektív értékelése rendkívül összetett feladat. Ugyanakkor a lean alapelvekre és azonosított veszteségforrásokra támaszkodva meghatározhatók azok a kulcsfontosságú mutatók, amelyek mind a szakirodalomban, mind a vállalati gyakorlatban visszatérően megjelennek. Az ily módon kialakított KPI-halmaz megbízható alapot teremtett a teljesítményértékelő modell kidolgozásához, amely nem csupán statisztikai és gépi tanulási módszerek eredményeire épül, hanem integrálja a szakértői véleményeket, valamint a lean pénzügyi és számviteli hatásmechanizmusait is.

A modellepítés során vizsgáltam, hogy a vállalatok milyen mértékben képesek a lean módszerek által megcélzott operatív hatékonyságot pénzügyi eredményességgé transzformálni. Mivel összhangban a szakirodalmi konszenzussal kutatási eredményeim is azt mutatták, hogy ez az összefüggés nem írható le egyszerű, lineáris formában, a modellalkotáshoz a fuzzy logika alkalmazását választottam. Ez lehetővé tette, hogy a teljesítményértékelés ne merev kategóriák mentén, hanem folyamatos átmenetekkel történjen, érzékenyen reagálva a kisebb teljesítménykülönbségekre is. A kiválasztott pénzügyi-számviteli KPI-ok alapján a DEA-módszerrel számított technikai hatékonysági pontszámok szolgáltak a fuzzy modell paraméterezésének alapjául. A lean alapelvekhez igazodva előzetesen meghatároztam az egyes mutatók kívánatos változási irányát, majd a tagsági függvények paraméterezését úgy alakítottam ki, hogy a létrehozott fuzzy lean pontszám a lehető legnagyobb összhangot mutassa a DEA-alapú hatékonysági értékekkel, miközben megfeleljen a szakmai elvárásoknak. Ez az adatvezérelt megközelítés lehetővé tette, hogy a lean teljesítményértékelés során a technikai hatékonyság mértéke ne önmagában, hanem csak a lean alapelvek által indokolt mértékig kerüljön figyelembevételre. Ennek eredményeként a modell a pénzügyi-számviteli mutatók mögött húzódó lean logikát is képes tükrözni, és az értékelést olyan irányba terelni, amely a vállalati működés fejlettségét és a lean gyakorlatok érettségét is figyelembe veszi.

A vállalkozások számára a modell elsősorban benchmarking eszközként szolgál, lehetőséget teremtve arra, hogy lean teljesítményüket versenytársaikhoz viszonyítva értékeljék, másodsorban pedig saját működésük belső vizsgálatára is alkalmas. Ezáltal egyrészt hozzájárul a versenyképességet támogató stratégiai döntések megalapozásához, valamint a működési hatékonyságot célzó, lean szemléletű fejlesztések tudatosabb és rendszerszintű kijelöléséhez. Másrészt idősortípusú elemzések révén lehetőséget ad a termelési rendszerekhez, a készlet- és eszközhatékonysághoz, valamint az ellátási láncokhoz kapcsolódó beruházások és fejlesztések vállalaton belüli hatáselemzésére. A modell legfőbb hátrányát alkalmazhatóságának iparági korlátai jelentik. Noha a modell adatvezérelt működésű, a lean teljesítmény értelmezése szektoronként eltérő és részben szubjektív jellegű. Emiatt a modellben alkalmazott mutatók és azok technikai hatékonysághoz való viszonya a gyártóiparon kívüli ágazatokban más értelmet nyerhet.

A modell továbbfejleszthető, mivel a jelenlegi struktúra szilárd alapot biztosít a lean teljesítmény komplexebb és hosszabb távra is kiterjedő értékeléséhez. A kutatás során kialakított megközelítés a vállalat pénzügyi és számviteli mutatói mentén értelmezi a működési hatékonyság és eredményesség közötti összefüggéseket. Ugyanakkor a modell jövőbeni fejlesztése két fő irányban is indokolt lehet. Egyrészt a vállalati értékteremtés hosszabb távú dimenzióit, például a piaci érték vagy cégérték mutatóit is integráló, átfogóbb teljesítményértékelés felé mozdulhat el. Másrészt technikai szinten is bővíthető, például fejlettebb fuzzy logikai rendszerek, alternatív optimalizációs algoritmusok vagy prediktív időszorelemzési eszközök alkalmazásával. Ezek a fejlesztések hozzájárulhatnak a modell rugalmasságának, pontosságának és gyakorlati relevanciájának további növeléséhez.

A kutatás egyik új tudományos eredménye a létrehozott lean teljesítményértékelő modell kiterjesztésének lehetősége számos más tudományterületre és problémakörre. Azokon a területeken, ahol a működési hatékonyság és a pénzügyi teljesítmény összefüggéseinek vizsgálata kiemelt szerepet kap, hatékony értékelési eszközként szolgálhat. A modell alkalmazásával lehetővé válik a különböző szervezetek teljesítményének lean szemlélet mentén történő, közzétett beszámolóadatok alapján végzett objektív és összehasonlítható értékelése.

SUMMARY

The objective of this research was to develop a lean performance evaluation model capable of objectively assessing corporate lean performance based exclusively on publicly available financial and accounting data, independently of whether the organization formally applies internal lean controlling or performance measurement systems. The model was constructed through the integration of relevant academic literature, extensive quantitative analyses, and the synthesis of qualitative in-depth interviews. By combining these elements, a mathematically and statistically grounded evaluation framework was established.

Organizations applying lean management typically rely on internal performance indicators and indices to evaluate their operations. However, these evaluation tools are predominantly based on internal and often partially subjective data, which limits their suitability for objective comparison, both in longitudinal within-firm analyses and in benchmarking against competitors. It can be concluded that neither the academic literature nor corporate practice currently provides a structured model that enables lean performance evaluation based solely on publicly available financial and accounting data. Consequently, this research aimed to address this methodological gap by developing a comprehensive evaluation system grounded in externally observable information.

During the literature review, financial and accounting KPIs most frequently associated with lean implementation were identified. These indicators were validated and rigorously examined using logistic regression, Random Forest, and Support Vector Machine methodologies. The empirical sample was constructed from publicly available quarterly financial reports, enabling the testing of the discriminatory power of the selected KPIs. For this purpose, a group of automotive manufacturers explicitly applying lean principles was defined alongside a control group. Through iterative model development, supported by case study insights, clearly observable patterns facilitated the selection of the most relevant indicators, resulting in the formation of the KPI set serving as the foundation of the performance evaluation model.

For the selected KPIs, statistically significant relationships were identified with respect to lean group membership. Furthermore, the joint application of these indicators demonstrated strong explanatory and predictive capabilities. In order to ensure that KPI selection was not based solely on discriminatory performance, Data Envelopment Analysis was also conducted. The objective of this modelling step was to evaluate technical efficiency based on input–output relationships among the selected indicators. As a result, the final KPI set not only effectively differentiates lean and non-lean firms, but also meaningfully contributes to multidimensional efficiency assessment. The DEA results indicate that companies applying lean methods simultaneously exhibit higher levels of technical efficiency. This finding provided additional methodological coherence and reinforced both the theoretical and empirical foundations of the model.

In addition to the literature review and extensive quantitative analysis, four case studies were conducted to explore lean performance evaluation practices in depth. The case studies enabled the examination of the practical application of KPIs and evaluation approaches identified in the literature. They also provided empirical insights that supported model calibration. The selected firms operate within the automotive industry, which was intentionally chosen due to its strong historical and practical connection to lean management principles. The case studies offered deeper insight into controlling systems, financial and accounting evaluation practices, and the measurability and reliability of lean-related KPIs. These findings contributed to the

identification of relevant indicators, the recognition of potential measurement challenges, and a more comprehensive understanding of underlying relationships.

The findings confirm that although certain methodological similarities exist in lean performance evaluation practices, no unified evaluation framework currently exists that relies solely on externally available financial and accounting data. In practice, KPI usage and methodological approaches often remain fragmented and heterogeneous. Consequently, the objective financial evaluation of lean performance represents a complex challenge. Nevertheless, by relying on core lean principles and identified sources of operational waste, key recurring indicators can be determined. The resulting KPI set provided a reliable foundation for the performance evaluation model, which integrates statistical and machine learning results with expert insights and the financial and accounting impact mechanisms of lean implementation.

The modelling phase examined the extent to which companies are able to transform operational efficiency targeted by lean methods into financial performance outcomes. In line with established literature, the results indicate that this relationship cannot be adequately described by a simple linear structure. Therefore, fuzzy logic was applied in the model development process. This approach enables continuous transitions rather than rigid categorical classifications and allows the evaluation system to sensitively capture performance differences. Technical efficiency scores derived from DEA served as the basis for parameterizing the fuzzy model. Desired directional changes for each KPI were defined in accordance with lean principles. Membership functions were calibrated to maximize alignment between the fuzzy lean score and DEA-based efficiency values while maintaining professional and theoretical consistency. This data-driven approach ensures that technical efficiency is incorporated only to the extent justified by lean principles. Consequently, the model reflects the underlying lean logic embedded within financial and accounting indicators and supports an evaluation framework that considers both operational maturity and lean implementation depth.

For practitioners, the model primarily serves as a benchmarking tool, enabling firms to evaluate their lean performance relative to competitors. Additionally, it supports internal performance monitoring and longitudinal analysis. The model contributes to strategic decision-making by supporting competitiveness-enhancing initiatives and facilitating more systematic identification of lean-oriented development opportunities. Through time-series analysis, it also allows assessment of the impact of investments related to production systems, inventory management, asset efficiency, and supply chain development. The principal limitation of the model concerns its sectoral applicability. Although the framework operates in a data-driven manner, the interpretation of lean performance may vary across industries and may involve context-specific characteristics. Consequently, the selected KPIs and their relationship to technical efficiency may require adaptation when applied outside the manufacturing sector.

The model provides a solid foundation for further development and refinement. Future research may extend the framework in two primary directions. First, long-term value creation dimensions, such as market value or firm valuation metrics, may be integrated into a more comprehensive performance evaluation system. Second, methodological enhancements may include advanced fuzzy logic systems, alternative optimization algorithms, or predictive time-series techniques. These extensions may further improve the model's flexibility, precision, and practical relevance.

One of the novel scientific contributions of this research lies in the potential applicability of the developed lean performance evaluation framework beyond the immediate context of lean management. In research domains where the relationship between operational efficiency and

financial performance is of central importance, the model may serve as a structured and objective evaluation instrument. Its application enables the comparable and externally verifiable assessment of organizational performance based on publicly available financial statements interpreted through a lean-oriented perspective.

MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

1. 2000. évi C. törvény a számvitelről. Nemzeti Jogszabálytár. Elérhető: <https://njt.hu> (Letöltve: 2024. január 25.)
2. AALTOLA, P. (2018): Investing in strategic development: management control of business model and managerial innovations. In: *Qualitative Research in Accounting and Management*, 15 (2) 206-230. p.
3. ABREU, A. - CALADO, J. M. F. (2017): A Fuzzy Logic Model to Evaluate the Lean Level of an Organization. *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 8(5), pp.59–75.
4. AFONSO, H. - CABRITA, M. D. R. (2015): Developing a lean supply chain performance framework in a SME: a perspective based on the balanced scorecard. *Procedia Engineering* 131, 270-279. p.
5. AGUS, A. - HAJINOOR, M. S. (2012): Lean production supply chain management as driver towards enhancing product quality and business performance: case study of manufacturing companies in Malaysia. *International Journal of Quality & Reliability Management* 29 (1): 92-121. p.
6. ALBERTINI, E. (2019): The contribution of management control systems to environmental capabilities. In: *Journal of Business Ethics*, 159 1163-1180. p.
7. ALHURAISH, I. - ROBLEDO, C. - KOBI, A. (2016): Assessment of Lean Manufacturing and Six Sigma operation with Decision Making Based on the Analytic Hierarchy Process. *IFAC-PapersOnLine* Vol. 49, Issue 12, 59-64. p.
8. ALI, A. (2020): Does Size Affect Financial Performance? Absolute and Relative Analysis of Materials Sector Companies of Saudi Arabia. *Journal of Critical Reviews*, 7(15). 212-220. p.
9. ALJAAIDI, K. - BAGAIS, O. A. (2020). Days inventory outstanding and firm performance: Empirical investigation from manufacturers. *Accounting*, 6(6), 1111-1116. p.
10. ALMAKAYEEL, N. - MISHRA, A. R. - RANI, P. - SAEIDI, S. P. - TIRKOLAEI, E. B. (2026): Assessment of critical success factors of Lean Six Sigma in the food businesses using Pythagorean fuzzy information. *Expert Systems with Applications*, 131316.
11. ANSARI, S. - BELL, J. - OKANO, H. (2007): Target Costing: Uncharted Research Territory. In: *Handbook of Management Accounting Research*, 2 507-530. p.
12. ANSARI, S.L.J. - BELL, J. (1997): *Target Costing, the Next Frontier in Strategic Cost Management*, Chicago: The Cam-I Target Cost Core Group, IL.
13. ANTE, G. - FACCHINI, F. - MOSSA, G. - DIGIESI, S. (2018): Developing a key performance indicators tree for lean and smart production systems. In: *IFAC PapersOnline*, 51 (11) 13-18. p.
14. ANTHONY, R. N. - GOVINDARAJAN, V. (2006): *Management Control Systems* 12th Edition. New York: McGraw-Hill Education. 10-15 p. 107-118 p. 315-332 p. ISBN 978-0073100890
15. ANTHONY, R. N. (1988): *The management control function*. Boston: Harvard Business School Press. 52-57 p. ISBN 0875841848
16. ASIH, I. - PURBA, H. H. - SITORUS, T. M. (2020): Key Performance Indicators: A Systematic Literature Review. In: *Journal of Strategy & Performance Management*, 8 (4) 142-155. p.

17. BABBIE, E. (2012): The Practice of Social Research, 13th Edition, New York: Wadsworth Publishing. 52-61. p. ISBN 978-1133049791
18. BABSON, S. (1993): Lean or mean: The MIT model and lean production at Mazda. Labor Studies Journal 18(2):3-24 p.
19. PALADUGU, B. S. - GRAU, D. (2020): Toyota Production System – Monitoring Construction Work Progress with Lean Principles. In: Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials, 560–565. p.
20. BAIDOC, I. D. – BACALI, L. (2024): Synergistic impact of lean practices and Industry 4.0 technologies on organizational performance in the Romanian automotive sector. Acta Technica Napocensis – Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering, 67(2).
21. BAJNAI, P. – FENYVES, V. (2021): A controlling szerepének és eszköztárának átalakulása a digitalizáció hatására, *Controller Info*, IX. évf. (4. sz.) pp. 2-8.
22. BALAKRISHNAN, R. - LINSMEIER, T. J. - VENKATACHALAM, M. (1996): Financial Benefits from JIT Adoption: Effects of Customer Concentration and Cost Structure. The Accounting Review 71, 183–205. p., ISSN 0001-4826
23. BASAR, A. (2020): A novel methodology for performance evaluation of IT projects in a fuzzy environment: A case study. In: Soft Computing, 24 10755–10770 p.
24. BAUER, K. (2004): The Power of Metrics: KPIs – The Metrics That Drive Performance Management. In: DM Review, 14 (9) 63-64. p.
25. BARNEY, J. (1991): Firm resources and sustained competitive advantage. Journal of management, 17(1), 99-120. p.
26. BAYOU, M. E. – DE KORVIN, A. (2008). Measuring the leanness of manufacturing systems—a case study of Ford Motor Company and General Motors. Journal of Engineering and Technology Management, 25(4), 287-304.
27. BERNHARDT, V. (2004): *Data Analysis*, Eye on Education, Larchmont.
28. BERRY, A. J. - BROADBENT, J. - OTLEY, D. T. (1998): Management Control Theory: History of Management Thought, Farnham: Ashgate Publishing Ltd. 112-127. p. ISBN 978-1840140132
29. BHAMU, J. - SINGH SANGWAN, K. (2014): Lean manufacturing: literature review and research issues. In: International Journal of Operations & Production Management, 34 (7) 876-940. p.
30. BHASIN, S. (2008): Lean and performance measurement. Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 19 No. 5, 670-684. p.
31. BHASIN, S. (2011): Improving performance through Lean. International Journal of Management Science and Engineering Management 6 (1): 23-36. p.
32. BIGGART, T. B. (1997): The effects of just-in-time inventory system adoption on firm performance - thesis, The Florida State University
33. BIGGART, T. B. - GARGEYA, V. B. (2002): Impact of JIT on inventory to sales ratios. Industrial Management & Data Systems, 102 (4): 197-202. p.
34. BITITCI, U. - GARENGO, P. - DÖRFLER, V. - NUDURUPATI, S. (2012): Performance measurement: challenges for tomorrow. In: International Journal of Management Reviews, 14 (3) 305-327. p.
35. BODA, B. (2015): A teljesítményértékelés szervezeti és egyéni dimenziói a köz- és a versenyszférában. In: Hadtudomány, 25 91-101. p.
36. BODNÁR, V. (1999): Controlling avagy intézményesített eredménycentrikusság- A magyarországi üzleti szervezeteknél bevezetett controlling rendszerek összetevőik és rendszer szintű jellemzői. Ph.D értekezés Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem.
37. BOKOR, A. (1999): Szervezeti kultúra és tudásintegráció: a termékfejlesztés problémája. Ph.D értekezés, Budapest: BKÁE Vezetési és Szervezési Tanszék

38. BOURNE, M. - FRANCO-SANTOS, M. - MICHELI, P. - PAVLOV, A. (2017): Performance measurement and management: a system of systems perspective. In: International Journal of Production Research, 56 (8) 2788–2799. p.
39. BOURNE, M. (2001): The Handbook of Performance Measurement. London: Gee Publishing. 52-53. p. ISBN 978-1860899409
40. BOYD, D. T. - KRONK, L. A. - BOYD, S. C. (2006): Measuring the Effects of Lean Manufacturing Systems on Financial Accounting Metrics Using Data Envelopment Analysis. Investment Management and Financial Innovations, Vol. 3, Issue 4, 40-54. p.
41. BRAGG, S. M. (2005): Inventory accounting: a comprehensive guide. John Wiley & Sons.
42. BREALEY, R. - MYERS, S. - ALLEN, F. - EDMANS, A. (2023): Principles of corporate finance (14th ed.). McGraw-Hill Education.
43. BREIMAN, L. (2001): Random forests. Machine learning, 45(1), 5-32.
44. BROWN, M. G. (1996): Keeping Score: Using the Right Metrics to Drive World-class Performance. New York: Quality Resources. 12-17. p. ISBN 978-0814403273
45. BRUNNER, F. J. (2008): Japanische Erfolgskonzepte. Stuttgart: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
46. BRUNO, R. - JORDAN, L. (2002). Lean production and the discourse of dissent: Radicalizing the shop floor at Mitsubishi motors?. WorkingUSA, 6(1), 108-134.
47. BRYMAN, A. (1992): Research methods and organization studies. London: Routledge. 112 p. ISBN 9780415084048
48. BUYTENDIJK, F. - KART, L. - LANEY, D. - JACOBSON, S. - LEFEBURE, S. - HETU, R. (2013): *Toolkit: Big Data Business Opportunities From Over 100 Use Cases*, Gartner pp. G00252112
49. CALLEN, J. L. - FADER, C. - KRINSKY, I. (2000): Just-in-time: A cross-sectional plant analysis. International Journal of Production Economics 63 (3), 277–301. p.
50. CAMACHO-MIÑANO, M. M. - MOYANO-FUENTES, J. - SACRISTÁN-DÍAZ, M. (2012): What can we learn from the evolution of research on lean management assessment? International Journal of Production Research, Vol. 51, Issue. 4, 1098-1116 p.
51. CANNON, A. R. (2008): Inventory improvement and financial performance. International Journal of Production Economics 115 (2), 581–593. p.
52. CAPKUN, V. - HAMERI, A. - WEISS, L. A. (2009): On the relationship between inventory and financial performance in manufacturing companies. International Journal of Operations & Production Management 29 (8), 789–806. p.
53. CASTENEDO, F. (2017): *Understanding Data Governance*. O'reilly Media, New Jersey.
54. CUATRECASAS-ARBÓS, L. - FORTUNY-SANTOS, J. - RUIZ-DE-ARBULO-LÓPEZ, P. - VINTRÓ-SANCHEZ, C. (2015): Monitoring processes through inventory and manufacturing lead time. Industrial Management & Data Systems, Vol. 115 No. 5, pp. 951-970. p.
55. CHAN, Y. C. - WANG, W. K. - LU, W. M. (2021): The effects of overproduction on future firm performance and inventory write-downs. International Transactions in Operational Research, 28(6), 3493-3512. p.
56. CHARNES, A. - COOPER, W. W. - RHODES, E. (1978): Measuring the efficiency of decision making units. European journal of operational research, 2(6), 429-444.
57. CHEGE, S. M. - WANG, D. (2020). The impact of entrepreneurs' environmental analysis strategy on organizational performance. In: Journal of Rural Studies, 77 113-125. p.

58. CHEN, H. - FRANK, M. Z. - WU, O. Q. (2005): What actually happened to the inventories of American companies between 1981 and 2000? *Management Science* 51 (7), 1015–1031. p.
59. CHESBROUGH, H. - ROSENBLOOM, R. (2002): The role of the business model in capturing value from innovation: Evidence from Xerox Corporation's technology spin-off companies, *Industrial and Corporate Change*, 11. évf. (3. sz.) pp. 529-555.
60. CHIARINI, A. (2013): *Lean Organization: from the Tools of the Toyota Production System to Lean Office*, Italy Verlag: Springer.
61. CHIKÁN, A. (2008): *Vállalatgazdaságtan*. Aula Kiadó Kft ISBN 9789639698604
62. CHIKÁN, A. - DEMETER, K. (1999): *Értékteremtő folyamatok menedzsmentje*. Budapest: Aula Kiadó.
63. CLARKE, C. (2005): *Automotive Production Systems and Standardisation: From Ford to the Case of Mercedes-Benz*. Heidelberg: Physica-Verlag.
64. CONSTABLE, G. K. - WHYBARK, D. C. (1978): The interaction of transportation and inventory decisions. *Decision Sciences*, 9(4), 688-699. p.
65. COOPER, R. (1992) Target costing for new product development. In: *Cost Management*, 16 (3) 5. p.
66. COOPER, R. - CHEW, B. (1996): *Control tomorrow's cost through today's designs*, New York: Harvard Business Review.
67. CORTES, C. - VAPNIK, V. (1995): Support-vector networks. *Machine learning*, 20, 273-297.
68. COURNEYA, K. S. - CHELLADURAI, P. (1991): A Model of Performance Measures in Baseball. In: *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 13 (1) 16-25. p.
69. CRESWELL, J. W. (2014): *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
70. CUMBO, D. - KLINE, D. E. - BUMGARDNER, M. S. (2006): Benchmarking performance measurement and lean manufacturing in the rough mill. *Forest Products Journal* 56 (6): 25-30. p.
71. CUNNINGHAM, J. E. - FIUME, O. J. - ADAMS, E. (2003). *Real numbers: Management accounting in a lean organization*. New York, NY: Productivity Press.
72. DAS, S. C. (2019): *Management control systems: principles and practices* (2nd ed.). PHI Learning, Delhi. 128-130. p.
73. DOBÁK, M. (1992): *A divízióális szervezet*. Budapest: Közgazdasági és jogi könyvkiadó.
74. DOBÁK, M. (2008): *Szervezeti formák és vezetés*. Budapest: Akadémiai Kiadó Zrt. 18-32. 45. 52-58. 102-104. p. ISBN 9769630583406
75. DOMÍNGUEZ, E. - PÉRE, B. - RUBIO, Á. L. - ZAPATA, M. A. (2019): A taxonomy for key performance indicators management. In: *Computer Standards & Interfaces*, 64 24-40. p.
76. DRAKE, M. S. - ROULSTONE, D. T. - THORNOCK, J. R. (2016). The usefulness of historical accounting reports. *Journal of Accounting and Economics*, 61(2-3), 448–464.
77. DUBOIS, D. - PRADE, H. (1997): The three semantics of fuzzy sets. *Fuzzy sets and systems*, 90(2), 141-150.
78. DURU, O. - BULUT, E. - HUANG, S. - YOSHIDA, S. (2013): Shipping Performance Assessment and the Role of Key Performance Indicators (KPIs): 'Quality Function Deployment' for Transforming Shipowner's Expectation. In: *SSRN Electronic Journal*, 1-18. p.
79. ECKERSON, W. (2007): *Ten Characteristics of a Good KPI*; Gerke & Associates.
80. EISENHARDT, K. M. (1989): Building theories from case study research. In: *Academy of Management Review*, 14 (4) 532-550. p.

81. EROGLU, C. - HOFER, C. (2011): Lean, leaner, too lean? The inventory-performance link revisited. *Journal of Operations Management* Vol. 29, Issue 4, May 2011, 356-369 p.
82. EVERAERT, P. - LOOSVELD, S. - VAN ACKER, T. - SCHOLLIER, M. - SARENS, G. (2006): Characteristics of target costing: theoretical and field study perspectives. In: *Qualitative Research in Accounting & Management*, 3 (3) 236–263. p.
83. FANNING, K. (2016): Big Data and KPIs: A Valuable Connection. In: *Corporate Accounting and Finance*, 27 (3) 17-19. p.
84. FAYYAD, U. - PIATETSKY-SHAPIO, G. - SMYTH, P. (1996): From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases, *AI Magazine*, 17. évf. pp. 37–54.
85. Financial Accounting Standards Board (2010): Statement of Financial Accounting Concepts No. 8: Conceptual Framework for Financial Reporting. Financial Accounting Foundation.
86. FRANCSOVICS, A. (2005): A controlling fejlődésének sajátosságai. Ph.D értekezés, Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem.
87. FULLERTON, R. R. - KENNEDY, F. A. - WIDENER, S. K. (2014): Lean Manufacturing and Firm Performance: The Incremental Contribution of Lean Management Accounting Practices. *Journal of Operations Management* Vol. 32, Issues 7–8, November 2014, 414-428. p.
88. FULLERTON, R. R. - MCWATTERS, C. S. - FAWSON, C. (2003): An examination of the relationships between JIT and financial performance. *Journal of Operations Management* 21 (4), 383–404. p.
89. GÁSPÁR, S. (2022) Gazdálkodás szervezési folyamatok fejlesztése, a lean módszerek integrálása a controlling rendszerébe. - thesis, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem.
90. GELEI, A. (2002): A szervezeti tanulás interpretatív megközelítése: a szervezetfejlesztés esete. Ph.D értekezés, Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem
91. GÉCZY, P. (2014): Big Data Characteristics, *The Macrotheme Review*, 3. évf. (6. sz.) pp. 97-99.
92. GHALAYINI, A. M. - NOBLE, J. S. (1996): The changing basis of performance measurement. *International Journal of Operations & Production Management* Vol. 16.1996, 8, 63-80 p., ISSN 0144-3577
93. GLASER, B. G. - STRAUSS, A. L. (1967): The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research. New York: Aldine de Gruyter. 42-44. p. ISBN 9780297763185
94. GONÇALVES, T. I. G. - SOUSA, P. S. A. - MOREIRA, M. (2019): Does Lean Practices Implementation Impact on Company Performance? A Meta-Analytical Research. *Management and Production Engineering Review*.
95. GUO, B. - PARASKEVOPOULOU, E. - SÁNCHEZ, L. S. (2018): Disentangling the role of management control systems for product and process innovation in different contexts. In: *European Accounting Review*, 28 (4) 681-712. p.
96. GYENGE, B. - KOZMA, T. - SZILÁGYI, H. (2015): Lean menedzsment alkalmazása szolgáltatóvállalat esetében. *Vezetéstudomány*, 46 (4) 44-54. p.
97. HAIR, J. F. - BLACK, W. C. - BABIN, B. J. - ANDERSON, R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis* (7th ed.). Pearson Education.
98. HANYECZ, L. (2006): A controlling rendszere. Budapest: Saldo Pénzügyi Tanácsadó és Informatikai Rt. 107-112. p. ISBN 963-638-158-5
99. HARTMANN, P. M. - ZAKI, M. - FELDMANN, N. - NEELY, A. (2016): Capturing value from big data – a taxonomy of data-driven business models used by start-up firms,

- International Journal of Operations & Production Management*, 36. évf. (10. sz.) pp. 1382-1406.
100. HASTIE, T. (2009). The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction.
 101. HELMS, M. M. - ETTKIN, L. P. - BAXTER, J. T. - GORDON, M. W. (2005): Managerial implications of target costing. In: *Competitiveness Review*, 15 (1) 49–57. p.
 102. HINES, P. - RICH, N. (1997): The seven value stream mapping tools. In: *International Journal of Operations & Production Management*, 1-2 46-64. p.
 103. HOKSTOK, CS. (2013): Vasúti infrastruktúragazdálkodás kontrolling bázisú döntéshozókészítő rendszerek alkalmazásával. Ph.D értekezés, Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
 104. HOLWEG, M. (2007): The genealogy of lean production. In: *Journal of Operations Management*, 25 (2) 420-437. p.
 105. HORVÁTH, P. (1990): Controllingship in Handbook of German Business Management. In: *Handbook of German Business Management*, Stuttgart: Poeschel.
 106. HOSMER, D. W. - LEMESHOW, S. - STURDIVANT, R. X. (2013): *Applied Logistic Regression* (3rd ed.). Wiley.
 107. HORVÁTH, P. (1997): *Controlling: a sikeres vezetés eszköze*, Közgazdasági és Jogi Kiadó, Budapest.
 108. HORVÁTH, P. (2011): *Controlling*. München: Vahlen. 184. p.
 109. CHEN, H. - CHIANG, R. H. L. - STOREY, V. C. (2012): Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact, *Business Intelligence Research MIS Quarterly*, 36. évf. (4. sz.) pp. 116-118.
 110. HUSON, M. - NANDA, D. (1995): The impact of just-in-time manufacturing on firm performance in the US. *Journal of Operations Management* 12 (3–4), 297–310. p.
 111. IBRAHIM, A. (2026): Barriers and enablers of Industry 5.0 integration with Lean Six Sigma: a Fuzzy DEMATEL approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1-32. p.
 112. IMAI, M. (1997): *Gemba Kaizen*. New York: McGraw-Hill Education.
 113. IMRE, D. S. (2015). *A számvitel alapjai*. Budapest, Perfekt Kiadó.
 114. INMAN, R. A. - MEHRA, S. (1992): Financial justification of JIT implementation. *International Journal of Operations & Production Management* 13 (4), 32–39. p.
 115. International Accounting Standards Board (2018): *Conceptual Framework for Financial Reporting*. IFRS Foundation.
 116. BOOKBINDER, J. H. - ALI ÜLKÜ, M. (2021): Freight Transport and Logistics in JIT Systems. In: Roger Vickerman (ed.): *International Encyclopedia of Transportation*, 107–112. p.
 117. JAYARAM, J. - VICKERY, S. - DROGE, C. (2008): Relationship building, lean strategy and firm performance: an exploratory study in the automotive supplier industry. *International Journal of Production Research* 46 (20), 5633–5649. p.
 118. JENSEN, M. C. – MECKLING, W. H. (1976): Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*, 3(4), 305-360. p.
 119. JICK, T. D. (1979). Mixing qualitative and quantitative methods: Triangulation in action. *Administrative Science Quarterly*, 24(4), 602–611.
 120. JOHNSON, R. (1997): Examining the validity structure of qualitative research, *Education*, 118. évf. pp. 1-10.
 121. KAMPHAKE, A. G. (2020): Digitalization in controlling. In: *Digitization in controlling*. Springer.

122. KAPLAN, R. S. - NORTON, D. P. (2000): Using the Balanced Scorecard as a Strategic Management System. New York: Harvard Business Review.
123. KELLY, S. (1997): *Data Warehousing in Action*, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.
124. KEREZSI, D. - BÉRESNÉ MÁRTHA, B. B. - SÜTŐ, D. - FENYVES, V. (2023): A kiegészítő melléklet információtartalmának vizsgálata különböző tevékenységet végző vállalkozások példáin keresztül. *Régió kutatás Szemle*, 3(1), 41–52.
125. KIMBALL, R. – ROSS, M. (2002): *Data Warehouse Toolkit*, John Wiley & Sons Ltd., New York.
126. KINNEY, M. R. - WEMPE, W. F. (2002): Further Evidence on the Extent and Origins of JIT's Profitability Effects. *The Accounting Review* 77 (1), 203–225. p.
127. KLINGENBERG, B. - TIMBERLAKE, R. - GEURTS, T. G. - BROWN, R. J. (2013): The relationship of operational innovation and financial performance — A critical perspective. *International Journal of Production Economics* Vol. 142, Issue 2, April 2013, 317-323. p.
128. KLIR, G. J. - YUAN, B. (1995): *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. Prentice Hall.
129. KOEIJER, R. J. - DE PAAUWE, J. - HUIJSMAN, R. (2014): Toward a conceptual framework for exploring multilevel relationships between Lean Management and Six Sigma, enabling HRM, strategic climate and outcomes in healthcare. *The International Journal of Human Resource Management*, Vol. 25, 2911-2925 p.
130. KORYTKOWSKI, P. - WISNIEWSKI, T. - RYMASZEWSKI, S. (2013): Multivariate simulation analysis of production leveling (heijunka) - a case study. In: *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*
131. KOSZTOLÁNYI, J. - SCHWAHOFFER, G. (2012): *Értékfolyamat térképezés*. Budapest: Kaizenpro Oktató és Tanácsadó Kft.
132. KOSZTOLÁNYI, J. - SCHWAHOFFER, G. (2012): *Lean alapok*. Budapest: KaizenPro Oktató és Tanácsadó Kft, Budapest.
133. KOUMANAKOS, D. P. (2008): The effect of inventory management on firm performance. *International Journal of Productivity and Performance Management* 57 (5), 355–369. p.
134. KOVALEVA, V. D. - RUSETSKIY, M. G. - OKOROKOVA, O. A. - FRANTSISKO, O. Y. - ANTOSHKINA, A. V. (2018): Historical and Cultural Aspects of Controlling. In: *Journal of History Culture and Art Research*, 7 (3) 163-174. p.
135. KRAFCIK, J. F. (1988): Triumph of the lean production system. In: *Sloan Management Review*, 30 (1) 41-52. p.
136. KROES, J. - MANIKAS, A. (2018): An exploration of 'sticky' inventory management in the manufacturing industry. *Production Planning & Control*, 29 (2), 131-142. p.
137. KVALE, S. (1996): *InterViews. An introduction to qualitative research interviewing*. California: Sage, Thousand Oaks.
138. LADLEY, J. (2012): *Data Governance*, Elsevier Inc., Waltham.
139. LAVAL, V. - ŞTEFEA, P. (2018): The Competitive Challenge of Controlling. In: *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 238 624-631. p.
140. LEE, B.-H. - JO, H.-J. (2007): The mutation of the Toyota Production System: Adapting the TPS at Hyundai Motor Company. *International Journal of Production Research* 45(16):3665-3679 p.
141. LEMING-LEE, T. - POLANCICH, S. - PILON, B. (2019): The application of the Toyota Production System Lean 5S Methodology in the operating room setting. In: *Nursing Clinics of North America* 54 (1) 53– 79. p.
142. LEVINSON, W. A. (2013): *Lean management system LMS: A framework for continual lean improvement (1st ed.)*. Productivity Press.

143. LIAW, A. - WIENER, M. (2002): Classification and regression by randomForest. R news, 2(3), 18-22.
144. LIKER, J. K. (2008): The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer. New York: McGraw Hill Professional.
145. LYPAK, H. - RZHEUSKYI, A. - KUNANETS, N. - PASICHNYK, V. (2018): Formation of a consolidated information resource by means of cloud technologies, *Problems of Infocommunications Science and Technology*, pp. 157-160.
146. Magyar Közlöny 479/2016 (XII.28.) Korm. rendelet 7.§, www.magyarkozlony.hu (Letöltve: 2024. 01. 25.)
147. MAHBOOB KHEIRKHAH, M. - MOSTAFA MOUSAVI, S. - KARIMI, R. - MOTAMEDI, M. (2026): Application of the importance-performance matrix in analyzing lean manufacturing indicators based on circular economy in the automotive industry. *International Journal of Finance & Managerial Accounting*, 11(43), 127-144. p.
148. MANIKAS, A. S. - KROES, J. R. - FOSTER, B. P. (2021): Does the importance of environmental issues within an industry affect the relationship between lean operations and corporate financial performance. *Sustainable Production and Consumption* 27, 2112–2120. p.
149. MANYIKA, J. - CHUI, M. - BROWN, B. - BUGHIN, J. - DOBBS, R. - ROXBURGH, C. - HUNG BYRES, A. (2011): *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivit*, McKinsey Global Institute, Washington.
150. MARODIN, G. - ALEJANDRO GERMÁN, F. - GUILHERME LUZ, T. - TORBJØRNET, N. (2018): Lean product development and lean manufacturing: Testing moderation effects. In: *International Journal of Production Economics*, 203 301-310. p.
151. MASKELL, B. H. (2000): “Lean accounting for lean manufacturers”, In: *Manufacturing Engineering*, 125 (6) 46-53. p.
152. MASKELL, B. - KENNEDY, F. (2007): Why do we need lean accounting and how does it work? In: *Journal of Corporate Accounting & Finance*, 18 (3) 59-73. p.
153. MERGONI, A. - EMROUZNEJAD, A. - DE WITTE, K. (2025): Fifty years of data envelopment analysis. In: *European Journal of Operational Research*, 326 (3) 389–412. p.
154. MILES, M. B. - HUBERMAN, M. A. (1994): *Qualitative data analysis*. London: Sage Publications. 54-59. p. ISBN 978-0803955400
155. MILEWSKA, B. - MILEWSKI, D. (2025): Lean, Agile and Six Sigma: Efficiency and the challenges of today's world, is it time for change? Preprints.
156. MOHAN SHARMA, K. - LATA, S. (2018): Effectuation of lean tool “5S” on materials and work space efficiency in a copper wire drawing micro-scale industry in India. In: *Materials Today: Proceedings* 5 (2, Part 1) 4678 – 4683. p.
157. MONDEN, Y. - HAMADA, K. (1991). Target Costing and Kaizen Costing in Japanese Automobi Companies, *Journal of Management Accounting Research*. 16-34.
158. NANDIALATH, A. - STAPLETON, A. - DANIEL, J. - MOHAPATRA, P. (2023): Exploring Inventory Leanness on Firm Performance with a Non-linear Empirical Leanness Indicator using Kernel Regularized Least Squares (KRLS) Regression. In *Proceedings of the 13th European Decision Sciences Conference*. 92844.
159. NARAYANAN, S. - VICKERY, S. K. - NICOLAE, M. L. - CASTEL, M. J. - MCLEOD, M. K. (2021): The effects of lean implementation on hospital financial performance. *Decision Sciences*, 53 (3), 557-577. p.
160. NEELY, A. - ADAMS, C. - KENNERLEY, M. (2004): *Teljesítményprizma - Az üzleti siker mérése és menedzselése*. Budapest: Alinea Kiadó. 41-47. p. ISBN 9789638630681

161. OHNO, T. (1982): How the Toyota Production System was Created. In: Japanese Economic Studies, 10 (4) 83-101. p.
162. OLANREWAJU, F. - CHIMA UZORH, A. - NNANNA, I. (2019): Lean Six Sigma Methodology and Its Application in the Manufacturing Industry – A Review. American Journal of Mechanical and Industrial Engineering, 4(3), 40. p.
163. OLEGHE, O. - SALONITIS, K. (2018): Leanness Assessment Tools and Frameworks. In: Davim J. (eds) Progress in Lean Manufacturing. Management and Industrial Engineering. Cham: Springer.
164. ORMOS, M. (2018). Számvitel. Akadémiai Kiadó.
165. PAKDIL, F. - LEONARD, K. M. (2014): Criteria for a lean organisation: development of a lean assessment tool. International Journal of Production Research, 52 (15), 4587–4607. p.,
166. PARMENTER, D. (2015): Key performance indicators (KPI): Developing, implementing, and using winning KPIs. 3rd edition, Hoboken: J. Wiley. 21-27. p. ISBN: 9781119019831
167. PERAL, J. - MATÉ, A. - MARCO, M. (2016): Application of data mining techniques to identify relevant key performance indicators. In: Computer Standards & Interfaces, 54 (2) 76-85. p.
168. PUTRI, W. F. - SRIYONO, S. - SETIYONO, W. P. (2023): Strengthening Implementation of 5S Work Culture to Enhance Financial Performance and Productivity at PT Petrokimia Gresik. The Indonesian Journal of Public Health 18(2):325-340. p.
169. PRANAV, D. (2020): The History of Lean Manufacturing by the view of Toyota-Ford. International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 11, Issue 8, August-2020 1598. ISSN 2229-5518.
170. QIU, F. - JENSEN, J. R. (2004): Open the black box of neural networks for remote sensing image classification, Remote Sensing, 25:9, 1749-1768
171. RAMAN, R. (2000): Target Costing. In: Swamidass P.M. (eds) Innovations in Competitive Manufacturing. Boston: Springer.
172. RAY, C. D. - ZUO, X. - MICHAEL, J. H. - WIEDENBECK, J. K. (2006): The Lean index: operational Lean metrics for the wood products industry. Wood and Fiber Science, 38 (2), 2006, 238-255. p.
173. REBELO, M. - SANTOS, G. - SILVA, R. (2014): Conception of a flexible integrator and lean model for integrated management systems. Total Quality Management & Business Excellence (Routledge)-Vol. 25, Iss: 5, 683-701. p.
174. ROMERO, D. - GAIARDELLI, P. - POWELL, D. - WUEST, T. - THÜRER, M. (2019): Rethinking Jidoka systems under automation & learning perspectives in the digital lean manufacturing system world. IN: IFAC CONFERENCE ON MANUFACTURING MODELLING, MANAGEMENT AND CONTROL.
175. ROSS, T. J. (2010): Fuzzy Logic with Engineering Applications (3rd ed.). Wiley.
176. ROTHER, M. (2017): Toyota Kata Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results New-York: McGraw-Hill Education.
177. RUIZ-DE-ARBULO-LOPEZ, P. - FORTUNY-SANTOS, J. - CUATRECASAS-ARBÓS, L. (2013): Lean manufacturing: costing the value stream. In: Industrial Management & Data Systems, 113 (5) 647-668. p.
178. SARWAR, J. - KHAN, A. A. - KHAN, A. - HASNAIN, A. - ARAFAT, S. M. - ALI, H. U. - UDDIN, G. M. - SOSNOWSKI, M. - KRZYWANSKI, J. (2022): Impact of Stakeholders on Lean Six Sigma Project Costs and Outcomes during Implementation in an Air-Conditioner Manufacturing Industry. Processes, 10 (12).

179. SCHNELLBACH, P. - REINHART, G. (2015): Evaluating the effects of energy productivity measures on lean production key performance indicators. In: *Procedia CIRP*, 25 492-497. p
180. SCHONBERGER, R. (2007): Japanese production management: An evolution - With mixed success. In: *Journal of Operations Management*, 25 (2) 403-419. p.
181. SHAH, R. - WARD, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805.
182. SHIEGO, S. (1989): *A study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Cambridge: Productivity Press.
183. SIMONS, R. (2000): *Performance Measurement and Control Systems for Implementing Strategy*. New Jersey: Prentice Hall. 17-18. p. ISBN 978-0132340069
184. SILVA, N. - NAKANDALA, D. - YANG, R. (2026): Configurations of lean manufacturing enablers for advanced digital technology adoption. *International Journal of Lean Six Sigma*, 17(8), 161-195. p.
185. SOHAL, A. S. - EGGLESTONE, A. (1994): Lean Production: Experience among Australian Organizations. In: *International Journal of Operations & Production Management*, 14 (11) 35-51. p.
186. SPENCE, M. (1973): Job Market Signaling. *Quarterly Journal of Economics*, 87(3), 355-374. p.
187. STAKE, R. E. (1994): Case Studies. in: Denzin, N.K. és Lincoln, Y.S. (1994): *Handbook of qualitative research*. California: Sage, Thousand Oaks.
188. SÜTŐ, D. (2017): A controlling fejlődéstörténete, helye és szerepe a gazdálkodó szervezetekben. In: *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 2 (4) 466-477. p.
189. SWAMIDASS, P. M. (2007): The effect of TPS on US manufacturing during 1981–1998 inventory increased or decreased as a function of plant performance. *International Journal of Production Research* 45 (16), 3763–3778. p.
190. SWARNAKAR, V. - SINGH, A. R. - TIWARI, A. K. (2021): Effect of lean six sigma on firm performance: A case of Indian automotive component manufacturing organization. *Materials Today Proceedings*, Vol. 46, Part 19, 9617-9622. p.
191. TAMPUBOLON, S. - PURBA, H. H. (2021): Lean Six Sigma Implementation, A Systematic Literature Review. *International Journal of Production Management and Engineering* 9(2):125-139. p.
192. TANNENBAUM, A. S. (1968): *Control in Organizations*. New York: McGraw-Hill.
193. TOARNICZKY, A. - IMRE, N. - JENEL, I. - LOSONCI, D. - PRIMECZ, H. (2012): A lean kultúra értelmezése és mérése egy egészségügyi szolgáltatónál. In: *Vezetéstudomány*, 43 (2) 106-120. p.
194. VAN DER KOLK, B. (2019): Management control packages: a literature review and guidelines for public sector research. In: *Public Money and Management*, 39 (7) 512-520. p.
195. VÖRÖS, J. (2010): *Termelés és szolgáltatásmenedzsment*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
196. WARD, Y. - CRUTE, V. - TOMKINS, C. - GRAVES, A. (2003): *Cost Management and Accounting Methods to Support Lean Aerospace Enterprises*. Claverton Down: University of Bath
197. WICKENS, P. D. (2007): Lean Production and Beyond: The System, Its Critics and the Future. *Human Resource Management Journal* 3(4):75 - 90 p.
198. WOMACK, J. P. - JONES, D. T. (2003): *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Revised and Updated Simon & Schuster.
199. YALCIN, S. (2019): Strategic Cost Management Process. *Interdisciplinary Public Finance*. In: *Business and Economics Studies*, 2 191-200. p.

200. YIN, R. K. (1994): Case Study research. Design and methods. California: Sage, Thousand Oaks.
201. YOUNG, S. M. - SELTO, F. H. (1991): New manufacturing practices and cost management: a review of the literature and directions for research. *Journal of Accounting Literature* 10, 265-298. p.
202. ZADEH, L. A. (1965): Fuzzy sets. In: *Information and Control*, 8 (3) 338–353. p.
203. ZÉMAN, Z. - BÉHM, I. (2019): Módszertan vállalkozások pénzügyi teljesítményének mérésére. Budapest: Akadémiai Kiadó Zrt. 117-132. p. ISBN 9789630597746
204. ZÉMAN, Z. - MALLINGUH, E. B. (2020). An evaluation of the Fintech companies and the financial sector in Hungary. In: *Economics & Working Capital*, 1 (2) 2-9. p.
205. ZÉMAN, Z. - TÓTH, A. (2017): Stratégiai pénzügyi controlling és menedzsment. Budapest: Akadémiai Kiadó. 92-97. p. ISBN 9789634540687
206. ZÉMAN, Z. (2016): A kontrolling fejlődésének főbb irányzatai. In: *Társadalom és Gazdaság*, 2 (1) 77-92. p.
207. ZIMMERMANN, H.-J. (2001): Fuzzy set theory—and its applications (4th ed.). Springer.

M2. Táblázatok jegyzéke

1. táblázat: A vállalati mérlegelemzés mutatórendszere.....	34
2. táblázat: A vállalati jövedelmezőség mutatószámai	36
3. táblázat: A lean eszközeinek és a veszteségtípusoknak a rendszeralapú összekapcsolása. 37	
4. táblázat: A szakirodalmi áttekintés során vizsgált mutatók és a lean pénzügyi hatásaira vonatkozó következtetések.....	42
5. táblázat: A vizsgálathoz kijelölt lean benchmark vállalatok és az általuk alkalmazott lean módszerek.....	51
6. táblázat: A vizsgálathoz kijelölt kontrollcsoport vállalatai.....	52
7. táblázat: Interjú alapadatok összefoglalása.....	58
8. táblázat: A szakirodalom alapján kiválasztott KPI-ok csoportosítása típus szerint	61
9. táblázat: A szakirodalom alapján kiválasztott KPI-ok közvetlen hozzárendelése a lean veszteségforrásokhoz	65
10. táblázat: Az 1. logisztikus regressziós modell prediktorai és számítási képletei	69
11. táblázat: Az 1. logisztikus regressziós modell eredményei	70
12. táblázat: A 2. regressziós modell mutatóinak hozzárendelése a hét veszteségforráshoz..	72
13. táblázat: A 2. logisztikus regressziós modell eredményei	73
14. táblázat: A multikollinearitás mutatói (VIF-értékek) a 2. regressziós modell esetében...	74
15. táblázat: A 3. regressziós modell mutatóinak hozzárendelése a hét veszteségforráshoz..	75
16. táblázat: Az 3. logisztikus regressziós modell prediktorai és számítási képletei	76
17. táblázat: A 3. logisztikus regressziós modell eredményei	77
18. táblázat: A multikollinearitás mutatói (VIF-értékek) a 3. regressziós modell esetében...	78
19. táblázat: A 4. modell prediktorai és számítási képleteik	78
20. táblázat: A 4. logisztikus regressziós modell eredményei	79
21. táblázat: A multikollinearitás mutatói (VIF-értékek) a 4. regressziós modell esetében...	80
22. táblázat: Random Forest modell főbb paraméterei és teljesítménymutatói.....	82
23. táblázat: A prediktorváltozók fontossága a Random Forest modellben	83
24. táblázat: Az SVM-modellek eredményeinek összefoglalása.....	86
25. táblázat: DEA modell bemeneti és kimeneti tényezői és azok kapcsolata a KPI-okkal...	88
26. táblázat: A modell logikai struktúrájának felépítése.....	91
27. táblázat: Modellben alkalmazott KPI-ok lean szempontú értelmezése és kapcsolódó veszteségforrásai	93
28. táblázat: Modellakotás során tesztelt fuzzy tagsági függvények összehasonlítása.....	95
29. táblázat: A Gauss-tagsági függvény optimalizált bemeneti paraméterei a fuzzy modellben	98
30. táblázat: Fuzzy modell eredménye az átlagos Lean Score alapján.....	100
31. táblázat: Fuzzy modell eredménye az átlagos Lean Score alapján.....	102

- 32. táblázat:** A Fuzzy alapú Lean Score értékelése során alkalmazott teljesítményszintek . 104
- 33. táblázat:** Lean szempontból releváns pénzügyi KPI-ok az 1. számú vállalat esetében .. 109
- 34. táblázat:** Lean szempontból releváns pénzügyi KPI-ok az 2. számú vállalat esetében .. 111
- 35. táblázat:** Lean szempontból releváns pénzügyi KPI-ok az 3. számú vállalat esetében .. 113
- 36. táblázat:** Lean szempontból releváns pénzügyi KPI-ok az 4. számú vállalat esetében .. 115

M3. Ábrák jegyzéke

1. ábra: A kutatás módszertani felépítése és a modellfejlesztés folyamata	47
2. ábra: Modellalkotás során tesztelt fuzzy tagsági függvények általános alakjai	54
3. ábra: A szakirodalom alapján leggyakrabban vizsgált KPI-ok (gyakoriság ≥ 3)	64
4. ábra: A Random Forest modell változóinak relatív fontossága.....	83
5. ábra: Vizsgált csoportok technikai hatékonysága a DEA-módszer alapján.....	89
6. ábra: A gyártók technikai hatékonysága a DEA-módszer alapján, lean csoporttagság szerint	90
7. ábra: A fuzzy modell célfüggvényének háromdimenziós ábrázolása a ROS és ISR tagsági paraméterek mentén, PSO-optimalizációval (100 iteráció, 23 részecske).....	97
8. ábra: Az ISR bemeneti változóhoz tartozó tagsági függvények a fuzzy modellben	99
9. ábra: Fuzzy alapú lean teljesítményértékelő modell eredménye (0-100% közé skálázva)	105
10. ábra: A Subaru lean teljesítményének idősoros alakulása	107