

Faludi Tamás⁷

Kockázatmenedzsment az ellátásilánc-menedzsment 5.0 korszakában

Az ipar 5.0 a 4. ipari forradalom paradigmájának továbbfejlesztését jelenti, ami több és legfőképpen másfajta kihívások elé állítja a üzleti szféra szereplőit. A digitális korszakban, ahol gyakorlatilag minden folyamat a virtuális térben zajlik, alapvető jelentőséggel bír az, hogy az emberek, mint a szervezeti folyamatok központi szereplői, megőrizzék ellenőrző és irányító szerepüket az értékteremtő folyamatok felett. Ezek azonban újfajta kockázatokat jelentenek a vállalatok számára, melyek megfelelő kockázatmenedzsmenti rendszer nélkül negatív irányba terelik a vállalatok működését. A tanulmány célja annak feltárása, hogy az ipar 5.0 térnyerésének következtében milyen új típusú kockázati tényezők jelentek meg. Releváns szakirodalmi áttekintést követően a kutatás a kortárs ellátási láncokra jellemző specifikus kockázatokat azonosítja. Ezt követően egy kockázati mátrix kidolgozásával rangsorolja a tanulmány az azonosított kockázati tényezőket, melynek segítségével egy kockázatmenedzsment-keretrendszernek az alapja kerül kialakításra.

Kulcsszavak: kockázatmenedzsment, ipar 5.0, ellátásilánc-menedzsment 5.0

JEL kód: D21, D81, L23, M10

Risk management in the era of SCM 5.0

Industry 5.0 represents a further development of the paradigm of the Fourth Industrial Revolution, introducing a broader and fundamentally different set of challenges for actors in the business environment. In the digital era – where virtually all processes are increasingly embedded in or mediated through virtual environments – it is of fundamental importance that humans, as the central actors in organizational processes, retain their supervisory and decision-making roles in value creation activities. However, these developments also generate new categories of risks for organizations which, in the absence of an appropriate risk management system, may adversely affect corporate operations and strategic performance. The objective of this paper is to explore the novel categories of risk factors that have emerged as a consequence of the growing prominence of Industry 5.0. Following a comprehensive review of the relevant literature, the research identifies the specific risks characterizing contemporary supply chains. Subsequently, the identified risk factors are ranked through the development of a risk matrix, which serves as the foundation for establishing a risk management framework aimed at supporting more effective risk identification, prioritization, and mitigation within Industry 5.0-oriented supply chains.

Keywords: risk management, Industry 5.0, supply chain management 5.0

JEL code: D21, D81, L23, M10

<https://doi.org/10.32976/stratfuz.2026.26>

1. Bevezetés

Jelen tanulmány célja az 5. ipari forradalomban működő vállalatoknál felmerülő újfajta, ellátásilánc-menedzsmenthez kapcsolódó kockázatok azonosítása. Az ipar 4.0 által generált digitalizáció, az újabbnál újabb IT eszközök alkalmazása alapvető kockázatot jelent, de természetesen ettől sokkal mélyebb kockázatelemzés szükséges a modern vállalatok működését érintő veszélyek feltárására, melyek az ipar 5.0 esetén még nagyobb kihívást jelentenek a vállalatok számára.

Egy strukturált szakirodalmi áttekintést követően egy esettanulmány segítségével azonosítja a tanulmány a modern vállalatokat érintő kockázatokat. Ezen kockázatok mérése,

⁷ adjunktus, Miskolci Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Vezetéstudományi Intézet tamas.faludi@uni-miskolc.hu

értékelése segítségével kockázati mátrix alakítható ki, mely a vállalati ellátásilánc-menedzsment kockázatkezelési stratégiájának alapját biztosítja.

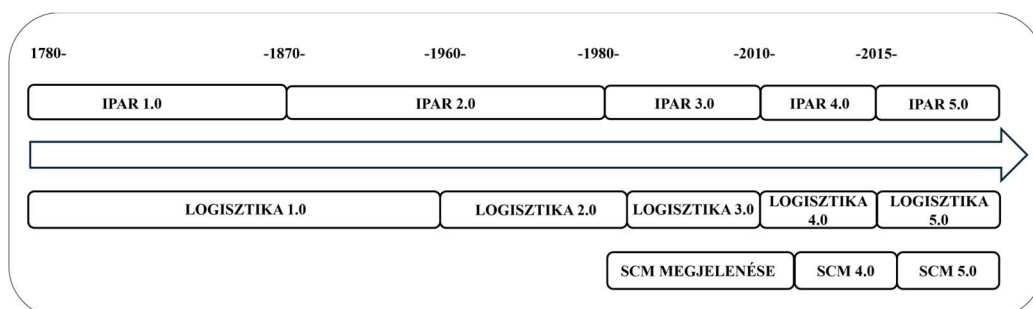
A tanulmány tudományos hozzájárulása abban rejlik, hogy kockázatmenedzsmenti aspektusból, strukturáltan összefoglalja a modern kor, vagyis az ipar 5.0 által generált újfajta kockázatok, melyek magas befolyásolási faktorral rendelkeznek a vállalati működésre. A valószínűség-hatás mátrix megalkotásával pedig egy döntéshozatali támogató modell alapja alakítható ki. Így a vállalati döntéshozók látóköre és fókusza kibővíthető olyan jellegű kockázatokra, melyekkel még azelőtt sosem találkoztak, így pedig a hatékony és eredményes vállalati működés nagyobb eséllyel valósítható meg.

2. Szakirodalmi áttekintés

A szakirodalmi áttekintés célja, hogy röviden ismertesse az ipari forradalmakat, majd a kockázatmenedzsmenti folyamatot és azon belül is az ellátásilánc-menedzsment kockázatait azonosítsa, ismertesse.

2.1. Az ipari forradalmak hatása az ellátási láncokra

Az ipari forradalom már régóta tart, a folyamatos fejlődés dinamikája az idő előrehaladtával felgyorsult, így egyre kisebb időintervallumot tölt ki egy-egy ipari forradalmi időszak (1. ábra).



1. ábra: Az ipar, a logisztika és az ellátásilánc-menedzsment fejlődése (forrás: saját szerkesztés Frazzon et al., 2019 és Madsen & Berg, 2021 alapján)

Az 1. ábrán látható idővonal párhuzamba állítja az ipari forradalmak, a logisztika és az ellátásilánc-menedzsment fejlődését.

Az ellátásilánc-menedzsment először csak az 1980-as években jelent meg. Az első két ipari forradalom a termelés és a termeléshez kapcsolódó anyagmozgató eszközök, rendszerek gépesítését, később a szállítási rendszerek gépesítését eredményezte. A 3. ipari forradalom eredményezte azokat az IT újításokat, melyek segítségével sikerült menedzsment szintre integrálni a logisztikát, az ellátási láncok működésében pedig fontos területté vált a koordináció és integráció elérése – igaz, ebben a korban még páronként, vagyis két tag közötti integráció elérése volt a cél. Az ipar 4.0 alkotta meg azon technikai feltételeket, melynek segítségével a virtuális térben integrálódhattak a vállalatok értékteremtő folyamatai. Logisztikai szempontból pedig szintén az anyag- és információáramlás digitális támogatását jelentette a 4. ipari forradalom. Ezen fejlődés ért a csúcásra az ipar 5.0 esetén. Az 5. ipari forradalmat több szakirodalom nem is tekinti igazi forradalomnak, hiszen a mesterséges intelligencia alkalmazásán kívül nagyobb technológiai újítás nem történt. Inkább paradigmaváltásként lehet felfogni ezt a korszakot. Az intelligens rendszerek ember központú irányítása, a fenntarthatósági problémák kezelésére terelődő hangsúly, illetve a reziliens és adaptív vállalati attitűd lett az ipar 5.0 vezériránya. A folyamatosan változó világ, vevői igények, ingatag gazdasági körülmények miatt szükséges a vállalatok rugalmas alkalmazkodóképességének kialakítása, mely a reziliens attitűdöt jelenti. Emellett a környezeti

változásokra történő reagálás okán létrejövő új folyamatok, módszerek, eszközök alkalmazására egy nyitott, adaptív rendszert kell biztosítani. Ez a fő irány, melyet az ipar 5.0 korszakában követnie kell a vállalatoknak (Frederico, 2021; Afroz & Singh, 2023; Bandara et al., 2024).

2.2. Kockázatkezelés az ellátásilánc-menedzsmentben

A reziliens ellátási láncok kialakítására történő fókusz oka a 2020-as évek történései. A reziliencia a gyors ütemben változó gazdasági környezet hatására létrejövő kihívásként azonosítható, melyet a vállalatoknak versenyképességük megtartásáért kénytelenek kezelni. Például a COVID-19 pandémia által átalakított piacok és vállalati működések reziliens hozzáállás nélkül nem jöttek volna létre (Niu et al., 2025). A háborús konfliktusok, és azok geopolitikai hatásai ellátási zavarokat okoztak, így alapvetően határozták meg ezen események a jövőbeli beszállítókkal történő kapcsolatok kialakítását, illetve azok minőségére vonatkozó elvárásokat (Gurbuz et al., 2023; Bargujara et al., 2025). Így egyfajta kockázatkezelést is jelent a reziliencia a vállalatok számára, melynek célja, felmérni, azonosítani, mérni és minimalizálni a kockázatok negatív hatását. Erre szükséges stratégiai menedzsmenti aspektusból is tekinteni, hiszen megfelelő stratégia alkalmazásával csökkenthetők az esetleges negatív hatások (Yang et al., 2025).

A XXI. században, az ipar 4.0 és 5.0 kialakulásának köszönhetően a folyamatos technológiai fejlődés, a vevői igények változása, és néhány olyan regionális szintű konfliktus, mely globális hatással bír, jelentős kihívások elé állítják az ellátási láncokat és azok stratégiai döntéshozóit. A reziliens hozzáállás fokozása egyértelművé vált. Ahhoz viszont, hogy megfelelő szintű rugalmassággal rendelkezzen a vállalat, szükséges felmérni a környezetben, a külső és belső folyamatokban felmerülő kockázatokat. A 4. és 5. ipari forradalom időszakában a vállalati kockázatmenedzsment az ellátásilánc-menedzsment egyik nagyon fontos pillérévé vált. Ez alapvetően változtatta meg a döntéshozók, a vállalatok működésének eddigi szemléletmódját, és napjainkban a kockázatmenedzsment és a reziliencia kialakítása helyeződött előtérbe (Alicke et al., 2020).

A kockázat szó alatt gyakran valamilyen negatív kimenetelű eseményt értenek, azonban fontos leszögezni, hogy pozitív kockázatok is léteznek, és a modernkori kockázatmenedzsment ezen kockázatok vizsgálatával is kiemelten foglalkozik. A hatályos ISO 31073:2018-as szabványban is megjelenik a kockázatok pozitív jellege (International Organization for Standardization [ISO], 2018). Pozitív kockázat esetén valamilyen lehetőségként lehet értelmezni az adott eseményt, mely kedvező módon fogja befolyásolni a folyamatok kimenetelét. Ez jelentkezhet minőségbeli javulásban, alacsonyabb költségekben vagy gyorsabb kivitelezési folyamatokban. (Testorelli, 2024). Ami viszont mind negatív, mind pozitív kimenetelű kockázatok esetében is jellemző, hogy a kockázatok komplexek, valamilyen bekövetkezési valószínűséggel, kimeneti értékkel, bizonytalansági faktorral rendelkeznek.

Az ellátási láncok kockázati kitettségének megnövekedésének több oka is van., ezt összegzi a 2. ábra.

<u>KISZERVEZÉS</u>	<u>GLOBÁLIS LOGISZTIKAI TRENDEK</u>	<u>LEAN STRATÉGIA</u>	<u>RÖVID TERMÉK- ÉLETCIKLUSOK</u>
- Kontroll elvesztése - Függőségi viszony - Technológia - Együttműködési viszony	- Moduláris gyártás - Gyártásmélységek csökkenése - Megnövekedett szállítási igények - Anyag- és információáramlási szinkronizálatlanság	- Optimalizálatlan készletminimalizálás - Csökkenő reziliencia - Növekvő reakcióidő - Ellátási biztonság csökkenése a partnerek számának csökkentése által	- Fokozott koordinációs igény a partnerek között - Előrejelzési problémák - Információs aszimmetria - Rugalmas partnerkapcsolatok iránti igény

2. ábra: Az ellátási láncok kockázati kitettségének okai (forrás: saját szerkesztés szakirodalom alapján)

Az outsourcing a logisztikai szolgáltató vállalatok iparágának kialakulásának ágyazott meg. Ezen vállalatok feladata, hogy akár teljeskörű logisztikai szolgáltatást nyújtson a megbízó partnervállalatoknak. Az ilyen vállalatok láncokba történő integrálása szintén a láncok komplexitását és bonyolultságát fokozta. Ez már definiálható egyfajta kockázatként, de ezenkívül a függőségi viszony kialakulása, az erőforrások és bizonyos értékteremtő folyamatok feletti kontroll elvesztése, valamint a szolgáltató vállalat technológiai fejlettsége, illetve a fejlődés követése is kockázatként értelmezhető (König & Spinler, 2016).

A stratégiai partnerkapcsolatok az ezredforduló előtt kezdtek elterjedni. Ekkor több vállalat is gyakran kontroll és bármilyen felülvizsgálat nélkül kötötték együttműködési szerződéseket. Így olyan partnerekkel is hosszútávú kapcsolatot létesítettek a vállalatok, melyekkel nem lett volna szükségszerű. Ez az erőforrások kiegyensúlyozatlan felhasználását eredményezte (Doz, 1996). A kockázati helyzet hasonló a kiszervezéshez, hiszen itt is főképpen a függőség okozza a problémát. Cél az, hogy a vállalatok részletes partnervizsgálati folyamatok után állapítsák meg, hogy kik a stratégiai jellegű partnerek. Ezek azok a partnerek, melyek nélkül az szervezet fő tevékenysége nem valósulhatna meg. Ezen partnerekkel érdemes hosszabb távú, stratégiai jellegű együttműködést kialakítani, míg a többi partnerrel egyszerűbb, rövidebb távú, akár versenyeztető viszonyt folytatni, és épp a piaci ad-hoc lehetőségeknek megfelelően üzleti kapcsolatot létesíteni (König & Spinler, 2016).

A logisztikai tendenciák globális trendje a gyártásmélységek csökkenése. A gyártásmélység azt jelenti, hogy a termék előállítási folyamat mekkora részét végzi saját maga, illetve mekkora részét szervezi ki külső logisztikai szolgáltató részére. Magas gyártásmélység esetén sok alkatrészt a vállalat önmaga gyárt le és így kevés beszállítóval dolgozik együtt. Ezáltal kevésbé is függ ezen beszállítói hálózattól, míg alacsony gyártásmélység esetén ez a függőség magas szintű lesz, hiszen több alkatrész is külső forrásból szerez be, vagy gyártat le a megbízó vállalat (Li et al., 2025). Szorosan ehhez kapcsolódik az, hogy a termékek gyártása moduláris jelleggel történik, így egy összetett termék kisebb, de szabványosított egységekből áll, azonban a szabványosítás miatt nehezen lehet egy esetleges új vevői igénynek megfelelően újratervezni a termék összetételét; ebben az esetben a vállalat nem képes alacsony reakcióidővel reagálni a megváltozott igényekre (Pervez et al., 2022; Kayser & Sahling, 2023). A globalizált ellátási láncokban megnövekedett a szállítandó áru mennyisége és maga a fuvarozási összeköttetések száma is. Kockázatként tekinthető ez, hiszen az ellátási zavarok, késések és minőségbeli hibák miatt sebezhetővé válhat az adott lánc. Legfontosabb szempont tehát, hogy az anyag- és információáramlás tökéletes szinkronban legyenek egymással, az anyagáramlással egyidőben – vagy csak minimális késéssel – érkezzen meg a hozzá tartozó információ is. Mind működési, mind stratégiai szintű kockázatot jelent, ha a szinkronizáció nem valósul meg (Tang & Musa, 2011; Madenas et al., 2014). A pontatlan vagy késleltetett információ hibás gyártási ütemezéshez, téves rendelésekhez és hibás készletszint becslésekhez vezethet (Durowoju et al., 2021). Összefoglalva az anyagáramlás és információáramlás között aszimmetria jelentős kockázatként definiálható, hiszen az operatív műveletek információfüggősége miatt az anyagáramlás torzítása következhet be, ami pedig a késéseket, túl- vagy éppen alulkészletezést, összességében hibás döntéseket fog eredményezni (Tang & Musa, 2011).

A lean menedzsment célja a veszteségek csökkentése a vállalati folyamatokban. Ezen folyamatok optimalizálása különféle lean eszközök segítségével valósulhat meg. Az optimalizációs folyamatok kontraproduktívak lehetnek, hiszen bizonyos kockázatokat rejtnek magukban (Ruiz-Benítez et al., 2018). A lean menedzsment által egyik veszteségforrásként definiált készletek miatt a készletszintek minimalizálására törekszik a lean menedzsment. Zéró vagy zéróhoz közeli készletszint lenne a cél, ami a pufferkészletekre is érvényes. A pufferkészlet egyfajta biztonsági készlet, mely a váratlan zavarokat hivatott tompítani (Liu, 2025). Kutatások alapján azonban az alacsony vagy szinte teljesen zéró készletszint miatt a vállalatok magasabb

szinten érzékenyebbek a különböző külső zavarokra. Ilyen esetben a lean stratégia megnövelheti a veszteségek nagyságát és meg is hosszabbíthatja a helyreállítási időket (Dzreke & Dzreke, 2025). Ez azt is jelenti, hogy bár a hatékonyság növelése a lean legfőbb célja, a rugalmas ellenállóképességet, vagyis a rezilienciát a lean menedzsment nem képes támogatni, csökkenti a gyors reagálási képességet (Ruiz-Benítez et al., 2018). A karcsúsítás elve alapján a lean stratégia a redundancia csökkentése érdekében az ugyanolyan funkciót betöltő partnerek számát is csökkentheti.

A termékélelciklus hagyományosan négy szakaszból áll: bevezetés, növekedés, érettség és hanyatlás. Az új piacokra lépő termékek gyors innovációja és változó fogyasztói igények következtében ma egyre több termék rövid élelciklussal rendelkezik, vagyis gyorsabban halad át az említett szakaszokon (Aitken et al., 2003). Ez nem csupán üzleti stratégiai kérdés, hanem logisztikai és ellátási lánc kockázatot is teremt, mert a lánc minden elemének gyorsan kell reagálnia a változásokra és a dinamikus igényekre. Ezen termékek általában gyorsan változó vagy bizonytalan kereslettel rendelkeznek. Pontosan emiatt nehéz pontos keresleti előrejelzést készíteni ezen termékek iránt, ami megköveteli az ellátási lánc tagjainak fokozott rugalmasságát és gyors reakcióképességét. A rövid termékélelciklusok miatt az információs aszimmetria is azonosított kockázatként jelenik meg (Shen et al., 2019). A kockázatok kiküszöbölése érdekében szükség van arra, hogy az ellátási lánc gyors átfutási idővel rendelkezzen, ezáltal a teljes lánc ciklusideje alacsony legyen. Mindemellett rugalmas beszállítói kapcsolatok teszik lehetővé a rövid termékélelciklusú áruk ellátási láncainak viszonylagos stabil működését (Aitken et al., 2003). A rugalmas kapcsolat fokozott ellátásilánc-koordinációt igényel, ahol magasabb szintű információ-megosztási hajlandóságra és vertikális integrációra van szükség (Shen et al., 2019).

Természetesen számításba kell venni a kockázatok egymást erősítő és tovagyűrűző hatását is, melyet Paulsson (2007) dominóeffektusnak definiált. Egy negatív esemény bekövetkezése katalizátorként hat egy másik negatív esemény bekövetkezésére, így a kockázatok egymás hatásait felerősítve, a dominó elborulásához hasonló elvvel indítják be a katasztrofális események láncreakciószerű bekövetkezését.

3. Az ellátásilánc-kockázatmenedzsmentje az ipar 5.0 aspektusából

Az ipar 5.0 kétségtelenül fontos mérföldkő és egyfajta elvárás a vállalatok életében. Az ellátási lánc tagjai azonban óvatosan közelítenek az ipar 4.0 és 5.0 eszközeinek és látásmódjának adaptálásához és elsajátításához, hiszen ez újfajta kockázatokat jelentenek.

A klasszikus kockázatmenedzsmenti eljárás alapján először fel kell venni az adatokat, be kell gyűjteni a rendelkezésre álló információkat. Ezt egy külső környezeti elemzéssel és egy belső erőforrás vizsgálattal lehet a leghatékonyabb módon megtenni, hiszen ezekkel az elemzésekkel feltérképezhetjük a belső tevékenységeket, értéketermelő folyamatokat, illetve megérthetjük a külső környezeti változások okait és következményeit. A két adathalmaz összefésüléséből lehet azonosítani azokat a kritikus pontokat, melyek kockázatként jelennek meg a vállalati működésben. A kockázatok azonosítását követően értékelni és rangsorolni kell őket. A prioritási sorrendet a gyorsan bekövetkező kockázatokkal, illetve a súlyos negatív hatással rendelkező kockázatokkal kell kezdeni, vagyis az ilyen jellegű kockázatokkal kell elsődlegesen foglalkozni a vállalatnak. Ez lesz a vállalati kockázatmenedzsment alapja, melynek így legfontosabb feladata a kockázatok bekövetkezésének elkerülése, illetve elkerülhetetlen bekövetkezés esetén a negatív hatások csökkentése (Gurtu & Johny, 2021; Elmouden & Lotfi, 2022).

A következő alfejezetek az ellátásilánc-menedzsment szempontjából felmerülő, kifejezetten az ipar 5.0 hatására kialakuló kockázatok azonosítására, mérésére és a kockázatmenedzsmenti intézkedések kialakítására fókuszálnak.

3.1. Kockázatok azonosítása esettanulmány segítségével

Az esettanulmány alapját egy olyan fiktív vállalat adja, mely már bizonyos folyamatait digitalizálta, azonban az ipar 5.0 elvárásainak megfelelően tovább szeretné mélyíteni, fejleszteni a digitalizációját.

Egy digitalizáció előtt álló vállalat számára maga a folyamatok digitalizációja jelenti a legfőbb kockázati tényezőket. Azonban amikor már digitalizálva van nagyrészt a vállalat működése – vagyis alkalmaznak integrált vállalatirányítási rendszert, valamilyen felhőalapú kommunikáció vagy együttműködési platformot, bizonyos logisztikai folyamatok már automatizálva lettek –, akkor a fejlődésben érhetők tetten a kockázatok. A kobotok biztonságosan, izoláció nélkül, az ember közvetlen környezetében dolgoznak. Ehhez azonban szükséges, hogy az adott munkatárs, képes legyen kezelni a robotokat. A digitális kompetenciák hiánya így kockázati tényezőként definiálható. Problémaként jelentkezhet továbbá a túlzott automatizáció és túl sok robot, kobot alkalmazása. Mivel ezen rendszerek szinte hiba nélkül dolgoznak, az emberekbe vetett bizalom csökkenhet. Ugyanez fordítva is jelentkezhet, hogy a kezelő emberek bizalma csökken a robotok, kobotok iránt. A robotok bevezetése továbbá munkaszervezési kockázatokat is magába rejt, hiszen az átszervezések, a robotok és kobotok beüzemelése és munkába állítása komoly szervezési feladatot vesz igénybe.

Az újfajta, ismeretlen rendszer bevezetése alapvető kockázati tényezőként jelenik meg egy vállalat életében. Egy ilyen rendszer lehet az ipar 5.0 által gyakran alkalmazott mesterséges intelligencia. Az ilyen alapon működő rendszer helyes használata a kulcskérdés. Amennyiben hibás adatokkal dolgozik, hibásan tanítják be a különböző algoritmusokat, a mesterséges intelligencia nem fog tudni pontos eredményeket biztosítani. A rendszer torzításra hajlamos lehet, illetve az MI működési alapja is nem jó minőségű, hiányos adatokra fog támaszkodni, mely szintén az MI helytelen működését fogja eredményezni. Emellett fontos kérdés, hogy a meglévő rendszer egy újabb modern eszközzel kompatibilis-e. A digitalizált világban sokféle szoftver és hardware működik, azonban nem garantált ezek szabványos működése. Egy-egy külön gyártó szoftvere nem kompatibilis más gyártó szoftverével. Kompatibilitási problémákba ütközhet a technológia bevezetésénél a cég, amennyiben ezen ERP és IoT rendszer kompatibilitását nem ellenőrzi előzetesen. Tehát egy merőben komplex rendszer alakulhat ki, mely ilyen esetben kockázatként azonosítható.

Az ipar 5.0 megköveteli az intenzív adatáramot, ami nem véletlen, hiszen az ipar 4.0 korszakában megjelentek a big data kezelési problémák, melyek az 5.0 esetén csak fokozódtak. Az adat- és információáramlás valós idejű biztosítása az ipar 4.0 és 5.0 egyik alapfeltétele, hiszen ennek segítségével lehet a vevői igények változásaira, a környezeti változásokra minél alacsonyabb reakcióidővel reagálni. Az ezt támogató technológiai integráció a rendszer komplexitását növeli ez pedig magas szintű kockázati forrásként jelentkezhet.

A kibervédelem, az információ és az adatáram védelme stratégiai fontosságú kérdés a modern kori vállalati működés során. Ezért az egyik legfontosabb kockázati tényező az ipar 5.0 alatt a kiberbiztonság és információvédelem. Mivel gyakran használnak felhőalapú platformokat a vállalatok akár adatszerére, akár kommunikációra, akár integrált vállalatirányítási rendszernek az alapjára, ezek védelme kulcsfontosságú. Magas kockázattal bír, ha az alkalmazásprogramozási felület (röviden API) nyílt rendszerben működik. Az API-k tartalmazzák azokat a szabályokat, protokollokat, eszközöket, melyek segítségével bizonyos szoftverek és rendszerek kommunikálnak egymással. Amennyiben ezt nyílt forrású, az adatfolyam könnyen illetéktelen kezekbe kerülhet. A vállalatoknak így különös figyelmet kell fordítani nem csak a saját, hanem a partnereik IT-védelmi szintjére is.

A fenntartható működés a XXI. században kiemelt jelentőséggel bíró kérdés. A 'Környezeti, Társadalmi, Irányítási (ESG) követelményrendszer' egy átfogó előírás, mely a vállalat fenntarthatósági és etikus működését szabályozza, Magyarországon 2023. évtől kezdve jogszabályi kötelezettség a vállalatoknak ESG beszámolókat készíteni. Fontos tényezővé vált a vállalatok számára, hogy nem csak önmaguk, de partnerük, és így akár a teljes ellátási lánc is

megfelelő minősítéssel rendelkezzen a társadalmi- és fenntarthatósági jelentések alapján. Mindemellett fontossá váltak az úgy nevezett zöld logisztikai törekvések, valamint az ellátási lánc-menedzsmentben is egyre több, a környezetterhelés csökkentésére vonatkozó előírás és intézkedés született.

Az ipar 5.0 egyik fontos csapásiránya a reziliens és adaptív vállalati működés biztosítása. Az ipar 4.0 és 5.0 eszközeinek köszönhetően növelhetővé vált a vállalatok és így az ellátási láncok reziliencia szintje, azonban, hogy ezen eszközöket alkalmazni tudja a vállalat, nyitott, bővíthető, vagyis adaptív rendszerben kell működnie. Ez, illetve a rugalmas alkalmazkodóképesség azonban számos kockázatot rejt magában. Bár növekszik a reziliencia mértéke az IT eszközöknek köszönhetően, mégis egy függőségi viszony alakul ki ezen digitalizált eszközökkel. A digitális infrastruktúra nélkül ugyanis maga a vállalat sem lenne képes működni, a reziliencia szintje pedig ettől az infrastruktúrától és annak fejlettségétől függ. Ennek következtében pedig a rendszer komplexitása szintén növekedni fog, a folyamatok bonyolultabbá és átláthatatlanabbá válhatnak, melyek súlyos kockázati tényezők. A digitális infrastruktúra kialakítása beruházásigényes, emellett fenntartása, a korszerű számítógépek és szoftverek alkalmazása elengedhetetlen a kiberbiztonság miatt, hiszen ezen rendszerek tartalmazznak olyan frissítéseket, melyek magasabb szintű védelmet nyújtanak a folyamatosan fejlődő hackertámadások ellen is. Ezek költsége így folyamatosan növekedni fog, mely költség főként a fix költségekben fog megjelenni. Tehát magasabb fix költségszinttel kell számolni a vállalatnak, mely szintén kockázati forrásként azonosítható.

A kockázatok azonosítását követően azok mérésének lehetőségeit és a lehetséges hatásait szükséges azonosítani (3. ábra).

KOCKÁZAT	• MESTERSÉGES INTELLIGENCIA	• KIBER- ÉS INFORMÁCIÓ- VÉDELEM	• EMBER-GÉP KAPCSOLAT	• FENNTARTHATÓSÁGI ELVÁRÁSOK
LEHETSÉGES MÉRŐSZÁMOK	• Előrejelzési hibaarány; • Ellátás-kereslet szinkronizációs hibaarány	• Terheléses támadások száma • Adott periódusra jutó vírusok száma • Hackertámadások száma	• Selejtarány • Produktivitás	• Audit indikátorok
HATÁSOK	• Készletezési költségek növekedése • Helytelen döntéselőkészítés	• Rendszerleállás • Adatvesztés • Rendszerszintű zavarok	• Termelési költségek, minőségi költségek növekedése • Kompatibilitási problémák	• ESG nem megfelelés • Beszállítói hibák • Vevői elégedetlenség

3. ábra: Azonosított kockázatok strukturált összefoglalása (forrás: saját szerkesztés)

Összegezve megállapítható tehát, hogy az egyes kockázati faktorok egymással kölcsönhatásba is léphetnek, mely így magasabb szintű veszélyt jelentenek a vállalati működésre. A mesterséges intelligencia nagyban meg tudja könnyíteni a vállalatok munkáját, azonban magas szintű hozzáértés szükséges, hogy ezt a modern eszközt megfelelő módon lehessen kezelni. Amennyiben hibás adatokra generál előrejelzéseket, vagy éppen hibásan betanult algoritmus alapján készít előrejelzéseket, készletingadozások alakulhatnak ki, melyek akár készletlátnyban, de készletezési költségek megnövekedésében is megnyilvánulhatnak. Az IoT és ERP rendszerek integráció, a felhőalapú rendszerek alkalmazása a nagy mennyiségű adatokat cseréjének és tárolásának helyszíne, mely megfelelő védelem nélkül többféle veszélynek is ki van téve. Ezért nagyon fontos a megfelelő kibervédelem biztosítása. Az ember-gép együttműködés összehangolása elengedhetetlen a megfelelő minőségű termékek gyártása esetén. A fenntarthatósági kérdés a XXI. század nagyon fontos témája. Viszont minden digitális folyamat és hozzátartozó háttérrendszer a teljes vállalati infrastruktúra és rendszer bonyolultságát, komplexitását növeli, mely végsősoron a reakcióképességre lesz hatással.

3.2. A kockázatmenedzsmenti stratégia alapja: a kockázati mátrix megalkotása

A kockázatok azonosítását követően érdemes azok számszerű, összehasonlítható formáját kialakítani. A kockázatmenedzsment következő fázisába lépve értékelni és rangsorolni szükséges az azonosított kockázati tényezőket. Ehhez a leggyakrabban alkalmazott módszer a kockázati hatás-valószínűség mátrix megalkotása.

A kockázati mátrix egy projektmenedzsmenti eszköz, mely a kockázatok szisztematikus azonosítását és osztályozását teszi lehetővé. Két szempont alapján határozzák meg a kockázatok, méghozzá a kockázatok bekövetkezési valószínűsége és a kiváltott hatás erőssége által. A mátrix célja azonosítani azokat a kockázatok, melyek a legkritikusabbak a két tengely alapján. A kockázati mátrix nem teljes megoldást nyújt a kockázatmenedzsmenthez, hanem a kockázatkezelési stratégia alapját nyújthatja. Egyfajta kiindulási alap, melynek segítségével feltérképezhetővé válhatnak a kockázatok, vizuálisan pedig láthatóvá válik, hogy mely kockázatokot kell a kezelési stratégia prioritási sorrendjének elejére tenni, és mely kockázatokkal lehet később foglalkozni. E rangsorolás adja az eszköz egyik hátrányát, hiszen itt erőteljesen jelen van a szubjektívítási faktor. (Lengyel et al., 2023; Fan et al., 2024).

Ahhoz, hogy a kockázati mátrixot ki lehessen alakítani, szükséges értékelni az azonosított kockázatok a két tengely mentén, jelen esetben egy ötös skála segítségével. Minél valószínűtlenebb a kockázat bekövetkezése, illetve minél alacsonyabb az általa kiváltott hatás, annál alacsonyabb értéket kap az adott kockázat.

A kutatás ezen pontján egy online workshop keretein belül lett 12, Borsod-Abaúj-Zemplén vármegyében különböző ipari szegmensekben működő vállalata bevonva. A vállalatok kiválasztásánál szempont volt, hogy rendelkezzen digitalizált vagy automatizált folyamatokkal. Méret szempontjából multinacionális cégek és hazai kis- és középvállalkozások is részt vettek a workshopon. Több potenciális jelölt is volt a workshopra, azonban 12 vállalat vállalta a workshopon és így a kutatásban való részvételt. Mivel a vállalatok közül nem mindegyik egyezett bele a vállalat nevének közlésében, a kutató egységesen az anonim megjelenítés mellett döntött. A workshopon belül a többlépcsős szakértői konszenzusépítési eljárás megvalósítása volt a cél, hogy szakmailag minél pontosabb tartalom és eredmény alakuljon ki. Első lépésben az NGT módszer – vagyis a Névleges Csoport Módszer – segítségével azonosították a workshop tagjai a kockázatok. A módszer segítségével egyenlő arányban lehet biztosítani a workshop résztvevőinek hozzájárulását a konszenzus eléréséhez. A kockázatok értékelése a bekövetkezési valószínűség és hatás mértéke alapján a módosított Delphi-eljárás segítségével történt. Ebben a lépésben már a konszenzus kialakítása volt a cél a kockázatok bekövetkezési valószínűségének és hatás mértékének megállapításának tekintetében. A hagyományos Delphi-eljárással ellentétben itt már egy, az előző lépésben kialakított kockázati lista értékelése a résztvevők feladata, melynek az outputja a konszenzus alapján kialakított kockázati értékek lesznek. A kockázati értékeket az adott kockázat bekövetkezési valószínűségének és a hatás mértékének szorzata adja meg (4. ábra).

JELÖLÉS	MEGNEVEZÉS	BEKÖVETKEZÉSI VALÓSZÍNŰSÉG	HATÁS MÉRTÉKE	KOCKÁZATI ÉRTÉK
K1	MESTERSÉGES INTELLIGENCIA	4	4	16
K2	KIBER- ÉS INFORMÁCIÓ- VÉDELEM	3	5	15
K3	EMBERT-GÉP KAPCSOLAT	4	3	12
K4	FENNTARTHATÓSÁGI ELVÁRÁSOK	3	4	12

4. ábra: Kockázatok értékelése (forrás: saját szerkesztés)

A K1-gyel jelölt kockázat, az MI (vagy AI) rendszer helytelen alkalmazásának valószínűsége és hatása is viszonylag magas értéket kapott, hiszen egy új rendszer bevezetése mindig magas kockázatot jelent. Rossz előrejelzések alapján történt döntéshozatal komoly problémákat okozhat a vállalati működésben, költségnövekedés jelentkezhetsz és alapvetően csökkenhet a vevői kiszolgálási színvonal, melynek végzetes következményei lehetnek a vállalati működésre vonatkozóan. A második kockázati tényező a kibervédelem hiányából kialakuló negatív események bekövetkezési valószínűsége közepes, hiszen szerencsére nem túl gyakoriak a kibertámadások vállalatok ellen, azonban, amennyiben bekövetkezne, az kritikus szintű hatással járna. Az ember-gép kapcsolata, ahol főképp a kobotokkal történő együttműködésre helyeződik a fókusz, az MI-hez hasonlóan magasabb bekövetkezési valószínűséggel rendelkező kockázat. Mivel új technológiáról van szó, a tapasztalat hiánya problémákat okozhat a robotokkal, kobotokkal történő együttműködésben. Ez a probléma azonban átmeneti és nem nagy hatásfokú, gyors reagálással tulajdonképpen nem jelent nagy veszélyt az üzlet-folytonosságra. A fenntarthatósághoz köthető kockázatok az ESG-követelményeknek történő megfelelésre helyezi a hangsúlyt, mely közepes bekövetkezési valószínűséggel rendelkezik. A fenntartható működés és együttműködés fontos szempont az ipar 5.0 korszakában, újfajta eszközök, környezetkímélő megoldások alkalmazása segítheti ennek a szempontnak az érvényesülését. Itt a vállalat társadalmi felelősségvállalása, illetve a vevői és partneri igények fogják legfőképpen kialakítani ezt az attitűdöt. Természetesen hatás szempontjából erősebb értéket képvisel ez a kockázat, hiszen egy esetleges igényeknek vagy ESG követelményeknek történő nem megfelelés, vagy rossz minősítés közvetve a bázisvállalat működését is rontja, ami pedig jelentő hatással bír a vállalati folyamatokra.

A kockázati érték kiszámításánál a valószínűségi értéket és a hatásértéket kell összeszorozni. A kiszámolt értékeket a mátrix megfelelő rubrikájába kell helyezni és már meg is alkotható a kockázati mátrix (21. ábra).

HATÁS VALÓSZÍNŰSÉG	MINIMÁLIS	ALACSONY	KÖZEPES	MAGAS	KATASZTROFÁLIS
	1	2	3	4	5
SZINTE VALÓSZÍNŰTLEN 1					
NEM VALÓSZÍNŰ 2					
VALÓSZÍNŰ 3				K4	K2
NAGYON VALÓSZÍNŰ 4			K3	K1	
GYAKORI 5					

5. ábra: Kockázati mátrix (forrás: saját szerkesztés)

A kockázati mátrix megalkotásánál a színek különböző szintű kockázati szintet jelentenek, és látható, hogy az azonosított kockázatok sajnos mindegyik sárga vagy piros színű területbe tartozik, ami azt jelenti, hogy szignifikáns és magas kockázati szinttel rendelkező kockázati tényezőket sikerült azonosítani. Ez azt jelenti, hogy az azonosított kockázati tényezőkre kiemelt figyelmet kell fordítani, mert mindegyik közepes vagy magas kockázati szintet ért el.

A kockázatkezelésre, vagyis a negatív hatásokra történő felkészülésre és a hatáscsökkentésre a szenárióelemzés egy potenciálisan jó módszer. Ennek segítségével ugyanis kész forgatókönyveket lehet az ilyen esetekre kialakítani, felkészülve így a kockázatok esetleges bekövetkezésére. Így a kockázatkezelési stratégiának ezen kockázatok egyenkénti, illetve együttes bekövetkezésére is készülni kell, ezek alapján többféle szenáriót érdemes kialakítani. A

szcenárióelemzés segítségével kész akcióterveket lehet kialakítani, melyet csökkenteni képesek a reagálási időt. Egy kockázat bekövetkezése esetében pedig ez az egyik legfontosabb tényező, az idő. Minél gyorsabban sikerül csökkenteni a kockázat által kiváltott negatív hatást, annál gyorsabban tud regenerálódni a vállalat, hogy képes legyen visszatérni az eredeti üzleti tevékenységekbe, folyamatokba.

A kockázati mátrix tehát a kockázatmenedzsment egyik leggyakrabban alkalmazott kvalitatív értékelési eszköze. Az ipar 5.0 megjelenésével jelentősen átalakult a vállalatok kockázati környezete, így olyan újfajta kockázatok azonosítása is szükséges, melyek korábban nem voltak jelen a vállalatok életében. A modern kor kockázatainak vizsgálatára célszerű a tanulmány által is alkalmazott hatás-mátrixot alkalmazni, mint egy alapot a kockázatok azonosítására, illetve a kockázatkezelési stratégia kialakítására. A mátrix egyik előnye, hogy a gyakorlatban széleskörben alkalmazható, könnyen bővíthető, ami az ipar 5.0 által generált újfajta kockázatok adaptálása végett kiemelten fontos tulajdonság. Hátránya a szubjektivitás – vagyis vállalat- és vállalaton belül is döntéshozó-függő az, hogy ki milyen kockázatokat és kockázati értékeket azonosít, illetve jelöl meg. Célszerű akár egy benchmarking keretein belül más aspektusokból is megvizsgálni az iparági versenytársak kockázatait. Összefoglalva tehát egy egyszerű módszerről van szó, ami jó kiindulási alapot nyújt a döntéshozóknak a kockázatkezelési stratégia kialakítására, azonban minél több aspektusból és minél több szakember bevonásával készül el a mátrix, annál biztosabb lábakon állhat a kockázatkezelési stratégia.

4. Összefoglalás

Az ipar 4.0 alapvetően változtatta meg az üzleti szférát. A technológia fejlődésével párhuzamosan a vállalatoknak digitalizálni és automatizálni kellett a folyamataik nagyrésztét vagy akár egészét. Az ipar 5.0 ezt a trendet tartotta, azonban kicsit finomított a digitalizációs kényszeren. Mivel már a vállalatok nagyrésze kilépett a virtuális térbe és a digitalizált működésre rendezkedett be, ennek a működésnek a finomhangolását igyekezett az ipar 5.0 kialakítani. Fókuszál az ember-robot kapcsolatra és együttműködésre, a fenntarthatósági kérdésekre, illetve az ipar 4.0 által kialakított technológiát fejlesztette még tovább, ügyelve az automatizált és digitalizált rendszerek fokozottabb védelmére.

Az azonosított kockázatok közös jellemzője a magas digitalizációs expozíció, vagyis a digitalizált világ, a virtuális tér veszélye tulajdonképpen a teljes vállalati működést befolyásolja. Ezért magas hatású digitális sérülékenységet hordoznak az azonosított kockázatok mindegyike, ami szintén a korszakra, az ipar 4.0 és 5.0 korszakának egyik sajátos jellemzője. Emellett a komplexitás növekedése miatt egy rendszerszinten bekövetkező zavar óriási károkat okozhat a vállalati működésben, ami rövidtávon, a változások bevezetése során éri el a legerősebb szintet. Hosszútávon viszont ellenkező hatást válthat ki: az új rendszerekhez történő alkalmazkodó magatartás kialakítása a reziliencia szintet emelheti, akár vállalati szinten is.

Összességében megállapítható tehát, hogy az ipar 5.0 megváltoztatta a vállalatok működését, és kiemelt figyelmet generált a kockázatmenedzsment számára. Az újfajta technológiák újfajta, eddig ismeretlen kockázati tényezőket jelentenek, melyeket amennyiben nem vesznek a vállalatok figyelembe, nem alakítanak ki ezekre a kockázatokra valamilyen kezelési stratégiát, könnyedén katasztrofális következményeket alakulhatnak ki.

A kutatás jövőbeli irányzataként megfogalmazható jelen kutatás gyakorlatban történő vizsgálata, vagyis a kutató célja egy széles körű empirikus kutatás. Jelen formában a kutatás eredménye korlátozott, hiszen csak a workshopon résztvevő vállalatok véleménye alapján lettek azonosítva a kockázatok, illetve lett kialakítva a kockázati mátrix, ezért a kutatás kibővítése és általános érvényű validitása a magasabb számú szakértői véleményhez kötött – a jövőben ez az egyik legfontosabb cél. Egy szélesebb, magasabb szakértői számmal rendelkező kutatása eredményének segítségével a vállalatok menedzsmenti szintjén jelentkező modern problémák azonosítását követően, egy szakértői csoport által készített közös kockázatmenedzsmenti folyamat kialakítása és végig vezetése a cél.

IRODALOMJEGYZÉK

- Afroz, Z., & Singh, N. (2023). The road from Industry 1.0 to Industry 4.0: Overview on history aspects. In S. Singh, R. Agarwal, R. Verma, & A. Ankita (Eds.), *Revolutionizing Industry 4.0 through digital transformation* (pp. 146-155). Rudra Publishers & Distributors.
- Aitken, J., Childerhouse, P., & Towill, D. (2003). The impact of product life cycle on supply chain strategy. *International Journal of Production Economics*, 85(2), 127–140. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00105-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00105-1)
- Alicke, K., Gupta, R., & Trautwein, V. (2020, July 21). *Resetting supply chains for the next normal*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/resetting-supply-chains-for-the-next-normal> (letöltve: 2026. 03. 12.)
- Bandara, A., Thibbotuwawa, A., Perera, N., & Nielsen, P. (2024). Industry 5.0 and supply chain management: Coevolution and future research directions. *IFAC-PapersOnLine*, 58(19), 958–963. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.09.152>
- Bargujara, N., Kalwar, M. A., Dermitzakis, I., & Wassen, A. N. (2025). The impact of the Russian-Ukraine war on the Russian supply chain. *Journal of Emerging Science and Engineering*, 3(1), e33. <https://doi.org/10.61435/jese.2025.e33>
- Doz, Y. L. (1996). The evolution of cooperation in strategic alliances: Initial conditions or learning processes? *Strategic Management Journal*, 17(SI), 55–83. <https://doi.org/10.1002/smj.4250171006>
- Durowoju, O. A., Chan, H. K., Wang, X., & Akenroye, T. (2021). Supply chain redesign implications to information disruption impact. *International Journal of Production Economics*, 232, 107939. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107939>
- Dzreke, S. S., & Dzreke, S. E. (2025). The fragility of efficiency: How lean inventory strategies amplify supply chain crisis losses—A \$2.3 trillion analysis of geopolitical shocks across 1,864 manufacturing firms. *Frontiers in Research*, 2(1), 45–66. <https://doi.org/10.71350/30624533107>
- Elmouden, I., & Lotfi, B. (2022). Supply chain risk management process: Literature review. *Journal of Operations Management, Optimization and Decision Support*, 2(2), 24–32. <https://doi.org/10.34874/IMIST.PRSM/jomods-v2i2.35390>
- Frazzon, E. M., Rodriguez, C. M. T., Pereira, M. M., Pires, M. C., & Uhlmann, I. (2019). Towards supply chain management 4.0. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 180–191. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.2019.v16.n2.a2>
- Frederico, G. F. (2021). From supply chain 4.0 to supply chain 5.0: Findings from a systematic literature review and research directions. *Logistics*, 5(3), 49. <https://doi.org/10.3390/logistics5030049>
- Gurbuz, M. C., Yurt, O., Ozdemir, S., Sena, V., & Yu, W. (2023). Global supply chains risks and COVID-19: Supply chain structure as a mitigating strategy for small and medium-sized enterprises. *Journal of Business Research*, 155(B), 113407. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113407>
- Gurtu, A., & Johny, J. (2021). Supply chain risk management: Literature review. *Risks*, 9(1), 16. <https://doi.org/10.3390/risks9010016>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 31000:2018: Risk management—Guidelines*. Geneva, Switzerland: ISO.
- Kayser, A., & Sahling, F. (2023). Relocatable modular capacities in risk aware strategic supply network planning under demand uncertainty. *Schmalenbach Journal of Business Research*, 75(1), 1–35. <https://doi.org/10.1007/s41471-022-00141-z>
- König, A., & Spinler, S. (2016). The effect of logistics outsourcing on the supply chain vulnerability of shippers. *The International Journal of Logistics Management*, 27(1), 122–141. <https://doi.org/10.1108/IJLM-03-2014-0043>

- Li, Y., Wang, A., Wu, Q., & Zhou, Z. (2025). Vertical integration, supply chain disruptions, and corporate yield spreads. *The British Accounting Review*, 101639. <https://doi.org/10.1016/j.bar.2025.101639>
- Liu, L. (2025). Rethinking lean supply chain resilience: A theoretical framework for procurement and raw material sourcing under trade war disruptions. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 191(1), 217–229. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/2025.BJ24739>
- Madenas, N., Tiwari, A., Turner, C. J., & Woodward, J. (2014). Information flow in supply chain management: A review across the product lifecycle. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 7(4), 335–346. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2014.07.002>
- Madsen, D. Ø., & Berg, T. (2021). An exploratory bibliometric analysis of the birth and emergence of Industry 5.0. *Applied System Innovation*, 4(4), 87. <https://doi.org/10.3390/asi4040087>
- Niu, Y., Werle, N., Cohen, M., Cui, S., Deshpande, V., Ernst, R., Huchzermeier, A., Tsay, A. A., & Wu, J. (2025). Restructuring global supply chains: Navigating challenges of the COVID-19 pandemic and beyond. *Manufacturing & Service Operations Management*, 27(4), 1025–1036. <https://doi.org/10.1287/msom.2024.0879>
- Paulsson, U. (2007). *On managing disruption risks in the supply chain — The DRISC model* (Doctoral dissertation). Lund University. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1748.6885>
- Pervez, H., Ali, Y., Pamucar, D., Garai-Fodor, M., & Csiszárík-Kocsir, Á. (2022). Evaluation of critical risk factors in the implementation of modular construction. *PLOS ONE*, 17(8), e0272448. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272448>
- Ruiz-Benítez, R., López, C., & Real, J. C. (2018). The lean and resilient management of the supply chain and its impact on performance. *International Journal of Production Economics*, 203, 190–202. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.06.009>
- Shen, B., Xu, X., & Guo, S. (2019). The impacts of logistics services on short life cycle products in a global supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 131, 153–167. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.07.013>
- Tang, O., & Musa, S. N. (2011). Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.06.013>
- Testorelli, R., Tiso, A., & Verbano, C. (2024). Value creation with project risk management: A holistic framework. *Sustainability*, 16(2), 753. <https://doi.org/10.3390/su16020753>
- Yang, C., Tian, K., & Gao, X. (2025). Supply chain resilience: Measure, risk assessment and strategies. *Fundamental Research*, 5(2), 433–436. <https://doi.org/10.1016/j.fmre.2023.03.011>