

Fekete hattyú események és a globális ellátási láncok rugalmassága

Black swan events and the resilience of global supply chains

NAGY Gábor¹, SZENTESI Szabolcs¹

¹ Miskolci Egyetem, Logisztikai Intézet, 3515 Miskolc-Egyetemváros, Tel.: +36 (46) 565-111, e-mail: gabor.nagy4@uni-miskolc.hu, <http://www.uni-miskolc.hu/>

Abstract

This paper examines the critical challenges facing global supply chain management in the context of black swan events — unpredictable and high-impact occurrences that disrupt traditional systems. The research highlights the importance of enhancing supply chain resilience through proactive risk assessment, scenario planning, diversification, and redundancy. The integration of advanced technologies such as IoT, blockchain, and AI is presented as pivotal. Additionally, collaboration with stakeholders, agile supply chain practices, and resilient financial planning are emphasized. This study identifies continuous improvement and global network optimization as essential elements for long-term sustainability and competitive advantage in an increasingly volatile global environment..

Keywords: supply chain, black swan events, resilience, risk assessment

Összefoglaló

Ez a tanulmány a globális ellátási láncok kezelésének kritikus kihívásait vizsgálja a fekete hattyú események kontextusában. Kiemeli az ellátási láncok rugalmasságának erősítését, hangsúlyozza a proaktív kockázatkezelést, a forgatókönyv-tervezést, a diverzifikációt és a redundancia fontosságát. A tanulmány rávilágít az olyan technológiák alkalmazásának szerepére, mint az IoT, a bloklánc és a mesterséges intelligencia. A közös munka, az agilis ellátási gyakorlatok és a szabályozói megfelelés is előtérbe kerül. Az elemzés végül a folyamatos fejlesztés és a globális hálózatok optimalizálását hangsúlyozza.

Kulcsszavak: ellátási lánc, fekete hattyú események, ellenálló képesség, kockázatértékelés

1 BEVEZETÉS

A globális kereskedelem dinamikus, változó környezetében az ellátási láncok rugalmassága és adaptációs képessége elengedhetetlenné vált a versenyképes vállalatok számára, amelyek folyamatosan új kihívásokkal néznek szembe. Ezek közül kiemelkednek a fekete hattyú események, amelyek olyan rendkívüli jelenségek, amelyek meghaladnak a hagyományos előrejelzési modellek által nyújtott kereteket, és képesek nem várt zavarokat előidézni az ellátási lánc rendszereiben (Ivanov & Dolgui, 2020; Queiroz et al., 2020). Ahogyan a vállalkozások egyre gyakrabban szembesülnek kiszámíthatatlan kihívásokkal, kulcsfontosságúvá válik a fekete hattyú események okainak és hatásainak alapos megértése, az ezekre való felkészülés, valamint az ilyen eseményekre adandó gyors és hatékony reakciók kialakítása. Jelen tanulmány részletesen vizsgálja az ellátási láncok rugalmasságának meghatározó szerepét a globális kereskedelmi struktúrák gyorsan változó környezetében (Christopher & Peck, 2004). A tanulmány konkrét példákkal támasztja alá az ellátási láncok sebezhetőségét, amelyeket a COVID-19 járvány okozta zavarok (Ivanov & Dolgui, 2020), valamint a kiberbiztonsági támadások következményei tettek középpontjává (Smith et al., 2021). Ezek az események rámutattak arra, hogy a hagyományos ellátási láncok gyakran nem képesek kezelni az előre nem látható és gyorsan terjedő zavarokat. A tanulmány célja, hogy átfogó elemzést nyújtson arról, miként befolyásolják a fekete hattyú események a globális ellátási láncok működését, valamint hogyan képesek a vállalatok rugalmasabbá és hatékonyabbá tenni rendszereiket ezekkel a kihívásokkal szemben. Az elemzés során a tanulmány külön figyelmet fordít a fekete hattyú események és a globális ellátási láncok rugalmas adaptációja közötti bonyolult kapcsolatok feltárására (1. ábra). Az elemzés kiemeli a kockázati menedzsment, a forgatókönyv-alapú tervezést, valamint a beszállítói diverzifikációt és redundancia fontosságát a kritikus ellátási folyamatok megőrzése érdekében (Lee et al., 2022). Továbbá hangsúlyozza a

technológiai integráció, az érdekelt felekkel való aktív együttműködés, valamint az agilis ellátási lánc-menedzsment alapelveinek kritikus szerepét.

A tanulmány a rugalmas ellátási lánc stratégiák további aspektusaira is rávilágít, beleértve a pénzügyi tervezés, a szabályozási megfelelés és az alkalmazottak mentális és fizikai jóllétének szerepét az agilis folyamatok erősítésében. Az átfogó megközelítés célja, hogy ne csupán a jelenlegi zavarokat küldje meg a vállalatok számára, hanem hosszú távú versenyképességet biztosítson a gyorsan változó globális gazdaságban. Ezen ismeretekkel és stratégiákkal felfegyverkezve a vállalatok ellenállóképességet építhetnek ki, amely megalapozza a sikeres jövőt egy olyan korszakban, ahol a kiszámíthatatlanság az egyetlen állandó tényező.



1. ábra Fekete hattyú események bevezetése (saját szerkesztés)

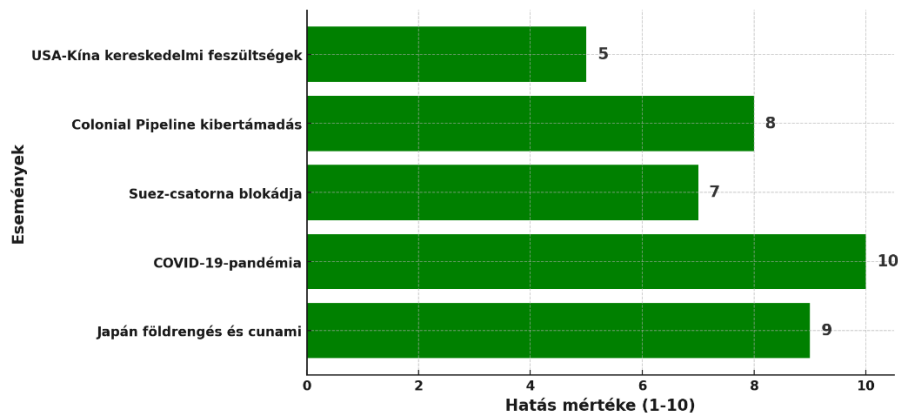
2 GLOBÁLIS ELLÁTÁSI LÁNCOK

A fekete hattyú események, melyeket kiszámíthatatlanságuk és jelentős hatásuk jellemez, folyamatosan kihívások elé állítják a globális ellátási láncokat. A közelmúlt zavarai, különösen a COVID-19-járvány, rávilágítottak az összekapcsolt gazdaságok sebezhetőségére (Ivanov és Dolgui, 2020). Az országokon átnyúló ellátási láncoknak számolniuk kell az előre nem látható eseményekkel, mint a természeti katasztrófák, geopolitikai feszültségek és kiberfenyegetések okozta kockázatok (Smith et al., 2021; Chowdhury et al., 2021). A nemzetek és iparágak közötti függés erősíti az ellátási láncok hajlamát a nagyhatású zavarokra. Ezekre a kihívásokra reagálva a vállalatok stratégiáik átfogó áttekintését kezdték meg, amelynek középpontjában az ellenállóképesség növelése áll az egyszerű hatékonysággal szemben. Az alapvető intézkedések közé tartozik a beszállítói hálózat diverzifikálása, a valós idejű monitorozásra alkalmas digitális technológiák, mint az IoT, és a készletügyi tervek kidolgozása (Christopher és Peck, 2004). Ezek az átalakítások létfontosságúak az esetleges fekete hattyú események hatásának csökkentése érdekében (Ivanov & Dolgui, 2020). Az ellátási láncok sikeres navigálásához az hatékonyság és a kockázatkezelés finom egyensúlyának megtalálása alapvető fontosságú. A folyamatos adaptáció, a robusztus kockázattertékelés és az érdekelt felek közötti szoros együttműködés olyan alapelvek, amelyek nélkülözhetetlenek egy rugalmasabb ellátási lánc kialakításához (Lee et al., 2022). Ahogyan azt a 2. ábrán is láthatjuk, a fekete hattyú események gyakran olyan egyedi tényezők kombinációját jelentik, amelyek egyedül is kihívást jelentenének, de összekapcsoltáguk további nehezítő körülményeket okoz.

Ez az összetettség igazolja a proaktív és holisztikus megközelítés szükségességét az ellátási lánc-menedzsment terén. Egy olyan korszakban, ahol a kiszámíthatatlanság az egyetlen állandó, a rugalmasság növelése és a technológiai innováció integrációja lehetővé teszi, hogy a vállalatok hatékonyan reagáljanak a gyorsan változó környezet kihívásaira.

2.1 Fekete hattyú események

Az elmúlt évek során számos olyan fekete hattyú esemény következett be, amelyek jelentős hatást gyakoroltak a globális ellátási láncokra. Ezek az események rámutattak az ellátási láncok rugalmasságának fontosságára, valamint arra, hogy a vállalatoknak hogyan kell alkalmazkodniuk az ilyen kihívásokhoz. Az alábbiakban áttekintjük a legjelentősebb eseményeket és azok hatásait (2. ábra):



2. ábra Fekete hattyú események hatása a globális ellátási láncokra (saját szerkesztés)

1. 2011-es Japán földrengés és cunami:

- *Jellemzés:* A 2011-es Japán földrengés és az azt követő cunami jelentős zavart okozott, különösen az elektronikai és autópárban, ahol a gyártóüzemek jelentős koncentrációban helyezkedtek el. Ez az esemény rávilágított a termelés földrajzi koncentrációjával járó kockázatokra.
- *Hatás:* Japán kulcsfontosságú szereplője a globális elektronikai és autópár ágazatoknak, így az esemény globális elektronikai alkatrészhiányt, különösen félvezető-hiányt okozott, jelentős késéseket eredményezve az autópár ellátási láncokban (Nakatani et al., 2012).

2. COVID-19-pandémia (2019-2020):

- *Jellemzés:* A COVID-19 pandémia alapjaiban rengette meg a globális ellátási láncokat. A gyári zárások és szállítási korlátozások mellett jelentősen megnövekedett az egészségügyi termékek iránti kereslet.
- *Hatás:* Az ellátási láncokban gyártási nehezítéseket és logisztikai kihívásokat okozott. Emellett a kereslet gyors és jelentős átalakulása tovább nehezítette a vállalatok alkalmazkodási lehetőségeit (Ivanov & Dolgui, 2020).

3. Suez-csatorna blokádja (2021):

- *Jellemzés:* Az Ever Given konténerszállító hajó 2021-ben történt megakadása a Suez-csatornában jelentős zavart okozott a globális kereskedelemben.
- *Hatás:* A blokád megemelte a szállítási költségeket és logisztikai kihívásokat eredményezett, amelyek további nyomást gyakoroltak az ellátási láncok rugalmas alkalmazkodására (Notteboom et al., 2021).

4. Colonial Pipeline kibertámadás (2021):

- *Jellemzés:* A Colonial Pipeline kibertámadása rávilágított a kritikus infrastruktúrák, különösen az energetikai ellátási láncok, sebezhetőségére.
- *Hatás:* Az esemény ideiglenesen leállította az üzemanyag-szállítást az USA keleti partján, jelentős gazdasági hatásokat okozva (Smith et al., 2021).

5. USA- Kína közötti kereskedelmi feszültségek (folyamatban):

- *Jellemzés:* Az USA és Kína közötti kereskedelmi feszültségek bizonytalanságot és zavarokat okoztak a globális ellátási láncokban.
- *Hatás:* A vállalatoknak át kellett gondolniuk ellátási lánc stratégiáikat, miközben a költségnövekedéshez és árstruktúrákhoz alkalmazkodtak (Zhang et al., 2020).

Ezen események rávilágítottak arra, hogy a globális ellátási láncok mennyire sebezhetők a váratlan és jelentős zavarokkal szemben. Ez hangsúlyozza a rugalmasság növelésének fontosságát, valamint a vállalatok azon képességét, hogy alkalmazkodjanak a gyorsan változó környezeti feltételekhez.

3 MEGOLDÁSI STRATÉGIÁK

A modern gazdasági környezetben a globális ellátási láncok ellenálló képessége kulcsszerepet játszik a vállalatok fenntarthatóságában és versenyképességében. A fekete hattyú események, mint például természeti katasztrófák, geopolitikai konfliktusok vagy pandémiák, rávilágítottak arra, hogy mennyire fontos a gyors alkalmazkodás és a proaktív kockázatkezelés. Ez a szakasz átfogó stratégiákat és eszközöket mutat be, amelyek lehetővé teszik a vállalatok számára, hogy megerősítsék ellátási láncukat a bizonytalan környezet kihívásaival szemben.

A globális ellátási láncok ellenálló képességének erősítése érdekében olyan átfogó stratégiákra van szükség, amelyek különböző technológiai és kockázatkezelési gyakorlatokat integrálnak. Az alábbi pontok kiemelik azokat a kulcsfontosságú intézkedéseket, amelyek segíthetnek minimalizálni a fekete hattyú események hatásait, miközben növelik az ellátási lánc rugalmas alkalmazkodási képességét. Az intézkedések legfontosabb eredményei közé tartozik a beszállítói hálózat diverzifikálásából fakadó kockázatsökkentés, a valós idejű monitorozás által lehetővé tett gyorsabb reagálás, valamint a technológiai beruházások révén elért hatékonyságnövekedés. Ezek a stratégiák együttesen egy olyan átfogó keretet nyújtanak, amely képes támogatni a vállalatok fenntartható működését a globális kihívásokkal szemben.

- **Beszállítók és földrajzi helyszínek diverzifikálása:** A beszállítók körének bővítése és a termelési létesítmények földrajzilag eltérő elhelyezése jelentősen csökkentheti a regionális kockázatokat. Ez a megközelítés csökkenti a nyersanyagok és alkatrészek forrásaira való túlzott támaszkodás kockázatát (Lee et al., 2022).
- **Ellátási hálózatok láthatósága és monitorozása:** Az IoT, blokklánc és adatelemzési technológiák alkalmazásával valós idejű betekintést nyerhetünk az ellátási lánc működésébe. A folyamatos monitorozás lehetővé teszi a problémák korai felismerését, valamint a gyors reagálást (Queiroz et al., 2020; Christopher & Peck, 2004)).
- **Rugalmas raktárkezelés:** Stratégiai készletek fenntartása segít a váratlan hiányok ellensúlyozásában, miközben egyensúlyban tartja a költséghatékonyságot és a biztonsági tartalékok szükségességét (Christopher és Peck, 2004).
- **Együttműködő kapcsolattartás a beszállítókkal:** Az átlátható kommunikáció és szoros együttműködés erősíti a beszállítói kapcsolatokat biztonságát, lehetővé téve a kockázatok közös azonosítását és megoldását (Notteboom et al., 2021).
- **Szituációs tervezés és kockázatértékelés:** A forgatókönyv-alapú tervezés és a különböző zavarok modellezése segíti a vállalatokat a jobb felkészülésben és hatékony válaszstratégiák kidolgozásában.
- **Agilis és rugalmas ellátási lánc stratégiák:** Az agilis stratégiák elfogadása lehetővé teszi a gyártási és elosztási folyamatok gyors adaptálását a változó környezeti feltételekhez (Notteboom et al., 2021).
- **Technológiai és innovációs beruházások:** Automatizálás, robotika és mesterséges intelligencia bevezetése növeli a hatékonyságot és az ellátási lánc gyors reagálóképességét (Smith et al., 2021).
- **Ágazati együttműködési kezdeményezések:** A közös kihívások kezelésére irányuló ágazati kezdeményezések és legjobb gyakorlatok megosztása hozzájárulhat az általános ellátási lánc ellenállóképességéhez.
- **Válságkezelési tervek:** Átfogó válságkezelési terveket kell kialakítani, amelyek rendszeres felülvizsgálatokon és aktualizáláson mennek keresztül, hogy a vállalatok mindig felkészültek legyenek.
- **Kormányzati és szabályozói támogatás:** Az ellátási láncokat érintő kockázatok csökkentéséhez elengedhetetlen az aktív kormányzati támogatás és szabályozói együttműködés.

Ezek a stratégiák együttesen egy átfogó keretet alkotnak egy ellenálló és alkalmazkodóképes ellátási lánc kialakításához. Az üzleti környezet komplexitásainak hatékony navigálásához és határozott válaszadáshoz ezeknek a stratégiáknak a kombinációja révén a vállalkozások hozzájárulhatnak egy ellenállóbb globális ellátási lánc létrehozásához, amely képes ellenállni és helyreállni a fekete hattyú eseményekből.

4 ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunkban a globális ellátási láncok rugalmasságának és ellenállóképességének kritikus szerepét vizsgáljuk a fekete hattyú események – például természeti katasztrófák, pandémiák, geopolitikai konfliktusok vagy kiberbiztonsági fenyegetések – kontextusában. Ezek az események kiszámíthatatlanságuk és jelentős rendszerszintű hatásuk miatt alapvető kihívások elé állítják a globális ellátási láncokat, megkövetelve tőlünk az adaptív stratégiák alkalmazását és a proaktív kockázatkezelést.

Kutatásunk során részletesen elemezzük az ellátási láncok sebezhetőségének főbb tényezőit, ideértve a nemzetközi függőségeket, a centralizált termelési struktúrákat, az alacsony készletszinttel működő just-in-time (JIT) rendszereket, valamint az ellátási lánc digitális infrastruktúráinak sérülékenységet. Az egyes események hatásának bemutatására esettanulmányokat alkalmazunk, amelyek között szerepel a COVID-19 járvány globális gyártási és logisztikai rendszerekre gyakorolt hatása, a Suez-csatorna blokádjá miatti szállítási késedelmek, valamint a kiberbiztonsági incidensek, például a ransomware támadások következményei a kritikus ellátási láncokban. Hangsúlyozzuk, hogy az ellátási láncok ellenállóképességének növelése érdekében integrált stratégiákra van szükség. Az egyik kulcsfontosságú tényező a diverzifikáció, amely magában foglalja az alternatív beszállítók bevonását, a földrajzi kockázatok csökkentését és a nearshoring vagy reshoring stratégiák alkalmazását. Kutatásunk külön kitér a technológiai innovációk szerepére, így az IoT (Internet of Things) alapú valós idejű nyomon követési rendszerekre, a mesterséges intelligenciával támogatott előrejelző analitikára és a blokklánc-alapú ellátási lánc menedzsmentre, amelyek növelhetik az átláthatóságot és csökkenthetik a kockázatokat. Továbbá, kiemeljük az együttműködés és az érdekelt felek közötti kommunikáció fontosságát, különös figyelmet fordítva a válságkezelési tervek kidolgozására és a szituációs tervezés szerepére. Az agilis ellátási lánc stratégiák, amelyek moduláris szervezési elvekre épülnek és gyors alkalmazkodást tesznek lehetővé a változó körülményekhez, szintén kiemelt szerepet kapnak. A digitalizáció lehetőségei között foglalkozunk a digitális ikrek (digital twins) használatával is, amelyek valós idejű adatokat biztosítanak a szimulációkhoz és optimalizációs döntésekhez. Tanulmányunk konklúziója, hogy a vállalatok hosszú távú sikerének biztosítása érdekében elengedhetetlen egy átfogó, holisztikus megközelítés alkalmazása. Ez magában foglalja a kockázatok folyamatos értékelését, a fejlett technológiai megoldások bevezetését, valamint az adaptív és redundáns rendszerek kialakítását. Meggyőződésünk, hogy az ilyen ellátási láncok nemcsak a jelenlegi zavarok kezelésére alkalmasak, hanem alapot nyújtanak a jövőbeni kihívásokra való hatékony felkészüléshez is, elősegítve a fenntartható és rugalmas globális ellátási hálózatok kialakítását.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

„Project No. 2023-1.2.4-TÉT-2023-00027 has been implemented with the support provided by the Ministry of Culture and Innovation of Hungary from the National Research, Development and Innovation Fund, and was financed under the 2023-1.2.4-TÉT funding scheme.”

„A Kulturális és Innovációs Minisztérium Egyetemi Kutatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.”

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. *International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–14. <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>
- Chowdhury, P., Paul, S. K., Kaiser, S., & Moktadir, M. A. (2021). COVID-19 pandemic related supply chain studies: A systematic review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 148, 102271. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102271>
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viable supply chain model: Integrating agility, resilience, and sustainability perspectives—Lessons from and thinking beyond the COVID-19 pandemic. *Annals of Operations Research*, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03640-6>

- Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect. *Management Science*, 43(4), 546–558. <https://doi.org/10.1287/mnsc.43.4.546>
- Notteboom, T., Pallis, T., & Rodrigue, J. P. (2021). Disruptions and resilience in global container shipping and ports: The COVID-19 pandemic versus the 2008–2009 financial crisis. *Maritime Economics & Logistics*, 23(2), 179–210. <https://doi.org/10.1057/s41278-020-00180-5>
- Queiroz, M. M., Ivanov, D., Dolgui, A., & Fosso Wamba, S. (2020). Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: Mapping a research agenda amid the COVID-19 pandemic through a structured literature review. *Annals of Operations Research*, 1–38. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03685-7>
- Smith, A., Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: Mapping a research agenda amid the COVID-19 pandemic through a structured literature review. *Annals of Operations Research*, 1–38. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03685-7>
- Taleb, N. N. (2007). *The Black Swan: The impact of the highly improbable*. Random House.
- Taleb, N. N., & Blyth, M. (2011). The black swan of Cairo: How suppressing volatility makes the world less predictable and more dangerous. *Foreign Affairs*, 90(3), 33–39.
- Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 451–488. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.12.006>