

**DEBRECENI EGYETEM
GAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR**

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**ÚT A JÖVŐ ELLÁTÁSI LÁNCHOZ: A MESTERSÉGES
INTELLIGENCIA ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEI A ZÖLD
ELLÁTÁSI LÁNCOKBAN**

**PATH TOWARDS THE SUPPLY CHAIN OF THE FUTURE:
APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN GREEN
SUPPLY CHAINS**

Konzulensek:

Dr. habil Gál Tímea
egyetemi docens

Buglyó-Nyakas Erzsébet Tünde
egyetemi tanársegéd

Debrecen

2024.

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3
1. Célkitűzés	5
2. Irodalmi áttekintés	7
2.1. A zöld ellátási lánc története és fejlődése.....	7
2.2. Fenntartható ellátási lánc menedzsment	8
2.3. Környezettudatos ellátási lánc menedzsment	8
2.4. Zöld ellátási lánc menedzsment.....	8
2.5. Fenntarthatósági elméletek és modellek.....	9
2.5.1. A hármas eredménykritérium (Triple Bottom Line, TBL).....	9
2.5.2. Életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment, LCA)	9
2.5.3. Környezetközpontú Irányítási Rendszer (KIR)	10
2.5.4. Ökocímke	11
2.5.5. Környezetvédelmi benchmarking.....	12
2.6. A zöld ellátási lánc menedzsment motivációját és alkalmazását befolyásoló faktorok	13
2.7. Az ellátási lánc menedzsment főbb területei feladatai	15
2.7.1. Zöld terméktervezés	15
2.7.2. Zöld beszerzés	15
2.7.3. Zöld gyártás	16
2.7.4. Zöld csomagolás, elosztás	17
2.7.5. Zöld logisztika előnyei, hátrányai	18
2.8. Inverz, másnéven fordított logisztika	19
2.9. A zöld ellátási lánc menedzsment stratégiája	21
2.10. Mesterséges intelligencia a logisztikai szektorban	22
3. Anyagok és módszerek	24
4. Eredmények és értékelésük	27
4.1. Következtetések és javaslatok	41
Összefoglalás	45
Irodalomjegyzék	46

BEVEZETÉS

A logisztikai folyamatok célja az anyagok, áruk és információk hatékony áramlásának biztosítása a termelési (például mezőgazdasági) és a fogyasztási (végtermék) pontok között. Ezek a folyamatok magukban foglalják a termelést, beszerzést, bizonyos esetekben az előállítását, valamint a raktározást, elosztást, szállítást és szükséges esetekben a fuvarozást is (Bowersox et al., 2002).

A megfelelés kritériumait a 6M, 7M és 9M elvei foglalják össze, amelyek szerint a logisztikai folyamatok célja a megfelelő terméket, megfelelő helyre, megfelelő időben, megfelelő minőségben, megfelelő mennyiségben és megfelelő költséggel juttatni el, továbbá a 7M elv a megfelelő emberhez való eljuttatással, míg a 9M elv a megfelelő információ és energia biztosításával egészül ki (Mihály et al., 2019).

Az első és legfontosabb a beszerzés, melyben a nyersanyagok beszerzésének tevékenysége. Ebbe beletartozik a szállítók kiválasztása, szelektálása, megrendelések leadása és a beérkezett rendelések minőségi és mennyiségi ellenőrzése is (Monczka et al., 2015).

A logisztikai környezetterhelés tevékenységek során keletkező környezeti hatások. Főbb tényezői között egyik legkiemelkedőbb a szállítás, ahol nagymértékű környezetterhelés figyelhető meg az üzemanyag-fogyasztás és kibocsátások során. Raktározás során is kialakul ez a negatív hatás a hűtési és fűtési folyamatok során. Anyagmozgatás során a gépek és automatizáló rendszerek hatalmas energiát képesek felhasználni. Csomagolás tekintetében a környezetterhelés ugyan úgy jelen van az anyagok felhasználása és keletkező hulladék mennyiségeknél (McKinnon et al., 2015). Hatalmas mennyiségű nyersanyag, víz és energia felhasználása történik, ezek optimalizálása csökkenti az erőforrás-felhasználás, valamint a káros anyagok kibocsátását ezzel hozzájárulva a környezet fenntarthatóságához (Sarkis, 2012).

A környezetbarát csomagolások sokkal pozitívabb hatással bírnak a vállalatok hírnevére és ezek által növelheti egy termék vagy termékek keresleti hatását. Napjainkban egyre nagyobb szerepet kapnak azok a cégek, akik elkötelezettek a fenntarthatóság és a negatív környezeti erők visszaszorítása miatt (Walker et al., 2008).

A szállítás az áruk mozgatását jelenti a gyártótól a raktárig vagy egyből a közvetlen fogyasztóig. A szállítmányozási és fuvarozási módok közé tartozik szigorú szabályokkal övezve a közúti fuvarozás (CMR fuvarlevél), tengeri fuvarozás (hajóraklevél, Bill of Lading), a vasúti fuvarozás vagy folyami fuvarozás és a légi fuvarozás (IATA egységes feltételeket dolgozott ki a fuvarlevelekre, díjszabásra és szolgáltatások összehangolására) (Bowersox et al., 2013; Constantinovics – Sipos, 2014). A raktározás alapvető szerepe az anyagáramlás

ütemének eltéréseiből fakadó különbségek kiegyenlítése és a készletek biztonságának garantálása, mivel a raktárkészletek révén gyorsan kielégíthetők az igények. Emellett fontos feladata az áruk mennyiségi és minőségi tárolása, valamint megóvása (Gubán – Gubán, 2023). A készletgazdálkodás az áruk optimális mennyiségének fenntartását jelenti, hogy elkerüljük a hiányt vagy a túlzott felhalmozást. A logisztikai menedzsment során a készletgazdálkodási döntéseket mindig tételeként, azaz egyedi cikk szintjén (SKU, Stock Keeping Unit szintjén) hozzák meg. A vállalatok készletgazdálkodásának célja, hogy a zavartalan értékteremtési és logisztikai folyamatokat a gazdaságossági szempontok figyelembevételével biztosítsa (Silver et al., 1998; Veres – Szerb, 2016). A fentebb említett folyamatokban is megjelennek a környezetterhelő faktorok negatív tényezői.

A fenntartható ellátási láncok a környezeti, társadalmi és pénzügyi szempontok integrálása az áruk és szolgáltatások beszerzésében, előállításában és elosztásában. Napjainkban ez a folyamat nélkülözhetetlen, hiszen a népesség növekedése egyre nagyobb hatással van ezekre a folyamatokra. Az ellátási-láncok egyre nagyobb hatást gyakorolnak a környezetre. A szénlábnyom csökkentésén túl, a vállalkozások számára is hatalmas előnyökkel járhatnak ezeknek a rendszereknek a visszaszorítása. Ilyennek például a hulladék csökkentése, energiaszükséglet növelése, ezek a tényezők javíthatnak a rendszer rugalmasságán és stabilitásán. Az alábbi faktorok jelentős magtakarításokat eredményezhetnek és nagyban befolyásolják a jövedelmezőséget (IMB, 2024).

Következtetésképpen levonható, hogy a fenntartható ellátási lánc célja a környezetre és társadalomra gyakorolt negatív hatásainak a visszaszorítása és minimalizálása, miközben garantálja a hatékonyságot és megbízhatóságot is a termékek és szolgáltatások egész folyamatában.

1. CÉLKITŰZÉS

A zöld ellátási lánc folyamatának elemzése napjaink egyik meghatározó témájává vált a világgazdaságban, hiszen egyre több vállalat helyez hangsúlyt a fenntarthatóságra és környezetvédelemre. A hagyományos ellátási láncokkal szemben a zöld ellátási lánc (Green Supply Chain Management, GSCM) célja nemcsak a termékek, szolgáltatások hatékony eljuttatása a fogyasztóhoz, hanem a környezeti terhelés visszaszorítása vagy minimalizálása is. Ennek érdekében a vállalatok olyan stratégiákat vezetnek be, amelyek csökkentik a környezeti lábnyomot, optimalizálják az energiafelhasználást, és minimalizálják a hulladéktermelést a legkisebb gyártási és logisztikai folyamatok során (Sarkis – Dou, 2017).

A környezetbarát technológiák és eljárások bevezetése az ellátási lánc minden szakaszában hozzájárul a karbonlábnyom mérsékléséhez és a fenntartható gazdasági fejlődés előmozdításához (Seuring – Müller, 2008).

A zöld ellátási lánc fontossága az utóbbi években egyre nagyobb növekedésnek indult különböző okok miatt, mint például a klímaváltozás, amely során egyre sürgetőbb szemponttá válik a környezetvédelmi intézkedések kialakítása és bevezetése világszinten. A klímaváltozás visszaszorításához valamelyest hozzájárul a zöld ellátási lánc és ezek menedzselési folyamatai. További okokhoz sorolható még a fogyasztói igények megváltozása is, hiszen a fogyasztók figyelembe veszik mely termék jár kisebb környezeti terheléssel (Srivastava, 2007; European Commission, 2020).

Az Európai Unió (EU) 2015-ben fogadta el az első Körforgásos Gazdaság cselekvési tervet, viszont az Európai Bizottság 2020 márciusában új cselekvési tervet fogadott el. A terv fő célja a környezeti terhelés csökkentése, mely során meghosszabbítja a termék életciklusát és ennek következtében mérsékeli a hulladékképződést. Ezek a folyamatok összességében magába foglalják az újrahasznosítás és újrafeldolgozás előmozdítását, a termék élettartamának fokozását és a környezetbarát tervezést is. A körforgásos gazdaság nagyban hozzájárul a vállalatok társadalmi és környezeti felelősségvállaláshoz, mely során elősegíti a természeti erőforrások fenntartható és biztonságos használatát és közreműködik a termelés, fogyasztás és hulladékgazdálkodás körforgásának fenntartásához. Ez tökéletesen kapcsolódik a zöld ellátási láncához, mivel nem csak a gyártást, hanem a hulladékkezelésre is hatalmas figyelmet fordít. Megállapítható, hogy zöld ellátási lánc és a körforgásos gazdaságra történő folyamat kulcsfontosságú eszközei egymásnak (European Commission, 2020).

A környezeti szempontok figyelembevétele egyre széleskörűbb elterjedést indukálnak a vállalatokban, viszont ez egyre nagyobb nyomást eredményez életükben, mely megfigyelhető az egyre szigorodó kormányzati rendeletekkel is. A vállalatok által okozott legnagyobb környezetterhelést a beszerzés, gyártás és a logisztikai folyamatok okozzák. Szükséges kísérni azt is, hogy a vállalatok figyelembe vegyék ezeket a környezeti hatásokat, felmérjék és csökkentsék azokat. Az ellátási lánc menedzsment feladata új folyamattal bővül, amely nem más, mint a környezeti tényezők figyelembevétele és ezek optimalizálási folyamata (Beamon 1999).

A kutatás célkitűzései:

- Az ellátási láncsal és logisztikával kapcsolatos kutatások alakulását megvizsgálni, kiemelt tekintettel a zöld ellátási láncra.
- A fenntarthatósági elméletek és modellek alkalmazását megvizsgálni a zöld ellátási láncban.
- Feltárni a zöld logisztikai gyakorlatok előnyeit és kihívásait (költségcsökkentés, vállalati imázs javulás, ismerethiány és magas kezdeti költség).
- A mesterséges intelligencia (MI) alkalmazási lehetőségeinek feltárása a zöld ellátási lánc menedzsmentben.
- Megismerni, hogy az MI milyen innovációs lehetőségeket kínál a zöld ellátási lánc folyamatainak fejlesztésére.
- A zöld ellátási lánc motivációs tényezőinek vizsgálata: feltárni, hogy melyek azok a tényezők, amelyek ösztönzik a vállalatokat a zöld ellátási lánc bevezetésére.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A zöld ellátási lánc története és fejlődése

A zöld ellátási lánc menedzsment (Green Supply Chain Management, GSCM) koncepciója az 1990-es években jelent meg, amikor a vállalatok egyre inkább felismerték a környezetvédelmi szempontok integrálásának fontosságát az ellátási lánc folyamataiba (Brundtland, 1987; Harangozó et al., 2019).

A témában történő első nagyobb kutatás Murphy-Poist – Braunschweig (1994) nevéhez köthető, mely során mélyen feltárják a zöld logisztikai folyamatokat és azt vizsgálják, hogy a vállalatok hogyan és miként kezelik a környezeti kérdéseket a logisztikai folyamatok teljes életciklusában. Áttekintést végeznek a múlt, jelen és jövőbeli lehetőségek kapcsán, mely szerint a fő szempontok a következők: energiahatékonyság növelése, hulladékcsoökkentés, környezeti hatások visszaszorítása, környezetbarát csomagolások. A szerzők továbbá hatalmas hangsúlyt fordítanak arra is, hogy a zöld logisztika összességében nem csak a költségek mérséklését jelenti, hanem a fenntarthatóságra, környezetvédelemre és a környezeti hatások minimalizálására is törekszik (Murphy et al., 1994). Drumwright (1994) cikkében a zöld beszerzési szempontokkal foglalkozik, amelyben rávilágít, hogy a negatív környezeti hatás nemcsak gazdasági tényezők sokasága, azonban a társadalmi felelősségvállalás a beszerzési folyamatokban is hangsúlyosan megjelenik.

Megfigyelhető, hogy egyre több cég vezet be környezetkímélő vásárlási gyakorlatokat. A termékek környezeti hatása elengedhetetlen szemponttá válik, csakúgy, mint az ár vagy a minőség. Ez az aspektus nagyban segít hozzájárulni a hosszútávú fenntarthatósági célok megvalósítása, valamint a vállalatok könnyedén hozzá tudnak járulni a fogyasztói és társadalmi elvárásokhoz egyaránt. Ennek következtében a zöld beszerzés lassan eltávolodik a gazdasági tényezőktől így a vállalat a fenntarthatóságot és környezetvédelmet helyezi a döntéshozatal középpontjába (Drumwright, 1994).

Az utóbbi időben a zöld ellátási lánc jelentős fejlődésen ment keresztül, különösen a globalizáció és innováció fejlődés hatására. A cégek egyre jobban tudomásul veszik, hogy a fenntarthatósági javaslatoknak és kezdeményezéseknek fontos kiterjednie a teljes ellátási láncra, hogy elkerüljék a környezeti problémák sokaságát (Harangozó et al., 2019).

2.2. Fenntartható ellátási lánc menedzsment

Roger (2011) szerint a fenntartható ellátási láncok kialakításához nélkülözhetetlen figyelembe venni a jövedelmezőségi, a társadalmi és környezeti tényezőket.

Dakov – Novkov (2008) valamint Harms (2011) kutatása szerint a gazdasági, társadalmi és környezeti tényezők összességét összehangoltan szükséges kezelni és működtetni. Ezt az összehangolt működést a vállalaton belül négy belső vállalati terület támogatja. Az első a stratégia, amely a hosszú távú tervezés alapját adja, a második a kockázatkezelés, mely hozzájárul a lehetséges veszélyek kiküszöböléséhez (ellátási lánc zavarai, beszerzés hiányai). A harmadik vállalati terület az átláthatóságot biztosítja, ahol a vezetők, s munkavállalók megfelelő információhoz juthatnak a fenntarthatóság kérdésében, amely versenyelőnyt jelenthet számukra. A negyedik ilyen terület a vállalati kultúra, mely elősegíti az új nézőpontok elfogadását, és támogatja a változások megvalósítását.

2.3. Környezettudatos ellátási lánc menedzsment

A környezettudatos ellátási lánc menedzsment alkalmazásakor figyelembe kell venni a vállalat minden termékének és folyamatának közvetett és közvetlen környezeti hatását, a természetes környezet védelme érdekében (Beamon, 2005).

Másik megfogalmazás szerint a természeti környezet védelmére irányuló intézkedések, tevékenységek és kapcsolatrendszerek összessége, amely magában foglalja a vállalat termékeinek vagy szolgáltatásainak tervezését, beszerzését, gyártását, forgalmazását, használatát, újrahasznosítását és ártalmatlanítását is (Zsidisin – Siferd, 2001).

2.4. Zöld ellátási lánc menedzsment

A zöld ellátási lánc menedzsmentjének fő célja az, hogy csökkentse a környezetszennyezést az ellátási lánc minden szakaszában, beleértve az alapanyagok beszerzését, a gyártást, a disztribúciót, a termékek értékesítését és a használaton kívüli termékek kezelését. Az ellátási láncban a beszállító vállalatok által előállított veszélyes anyagok komoly környezeti károkat okozhatnak. Emiatt kiemelkedően fontos, hogy a beszállítók kiválasztásakor környezeti szempontokat is figyelembe vegyünk (Kuo et al., 2010). A klasszikus ellátási láncokhoz képest a fenntartható ellátási láncokban a vállalat vezetői nagy figyelmet fordítanak a környezeti hatások javítására és visszaszorítására. Ebben az esetben kiemelt figyelmet kapnak az ökológiai célok és intézkedések (Nielsen et al., 2014).

2.5. Fenntarthatósági elméletek és modellek

2.5.1. A hármas eredménykritérium (Triple Bottom Line, TBL)

Az alábbi modell fő célja, hogy a vállalatok ne csak a pénzügyi teljesítményüket mérijék és korrigálják, hanem a környezeti és társadalmi hatásokat is. Az eredménykritérium a vállalt teljesítmény mérésére alkalmazható szempont, mely fogalmi lehatárolása a kilencvenes évek közepére világossá vált (Elkington, 1998).

A hármas eredményességi kritériumrendszer szűkebb értelemben ösztönzi a vállalatokat, hogy a gazdasági teljesítmény figyelemmel kísérése mellett fontos figyelmet fordítsanak a környezeti és társadalmi értékteremtésre. Elmondható, hogy ez a folyamat mérési és jelentési keretrendszer, amiben a vállalati teljesítményt gazdasági, társadalmi és környezeti mutatók alapján minősíti. Tágabb értelemben olyan folyamatokat, célokat és értékrendszert jelent, amely segítséget nyújt a vállalatoknak, hogy a tevékenységükben megjelenő károkat csökkentsék vagy minimálisra visszazorítsák és környezeti, gazdasági és társadalmi értékeket hozzanak létre és valósítsák meg (Braun, 2015).

2.5.2. Életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment, LCA)

A másik fontos modell az életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment, LCA), mely a termék teljes életciklusára vonatkozó környezeti hatások összességét vizsgálja. Az LCA segítségével köszönhetően a vállalatok realizálhatják a legnagyobb környezeti hatásokat előidéző folyamatokat és ennek következtében intézkedéseiket alakíthatnak ki azok redukálására (Harangozó et al., 2019).

A teljes életciklus-menedzsment (Life Cycle Management, LCM) az LCA teljes alapjára épül és a fő célja a termékek környezeti szempontú fejlesztésének támogatása ezenfelüli nyomon követése az ellátási lánc egészében (Seuring, 2004).

Az LCA négy fő fázisból épül fel Golsteijn (2022) alapján:

1. Cél és hatáskör meghatározás: Az első fontos lépés, mely meghatározza széleskörűen az életciklus-elemzés célját és a vizsgálat határait. A rendszerhatárok leírják, hogy mi kerüljön be az értékelésbe és mi maradjon ki. Egy kis mennyiségű összetevő, amely kisebb mértékben járul hozzá a teljes lábnymhoz, kihagyhatók a vizsgálatból.
2. Leltár elemzése: A második lépés folyamán a kitermelések és kibocsátások leltárelemzése történik, mely során megvizsgáljuk a termékhez vagy szolgáltatáshoz kapcsolódó összes környezeti inputot és outputot. Ez a ráfordítás

olyan dolog, amely kivesz a környezetből annak érdekében, hogy a termék sikeresen bekerüljön az életciklusba a termékpálya teljes kapcsán. A leltár fő célja, a releváns adatokat összegyűjtése és ezek megfelelő modellezése a bemenetek és kimenetek figyelembevételével.

3. Életciklus-hatásvizsgálat: Értékeli a leltárelemzésből származó lehetséges környezeti hatásokat. Ez segítséget nyújt a fenntarthatósági kihívások jobb megértéséért, valamint a jobb üzleti döntések kialakításáért és meghozataláért. A leltározási folyamat során összegyűjtött és modellezett összes folyamat környezeti hatásait osztályozza és ezeket környezeti témákká alakítja át (globális felmelegedés, emberi egészség). A legfontosabb döntés, amit meg kell hoznia az az, hogy milyen mértékben kíván integrált eredményeket elérni.
4. Értelmezés: Az alábbi szakasz a következtetések áttekintésével és azok megalapozottságának biztosításával zárja le az értékelést. Az ISO 14044 szabvány elmagyaráz számos ellenőrzési eljárást, annak biztosítására, hogy a teljesítmény alátámasztására használt adatok és módszerek megbízhatóak legyenek (Golsteijn, 2022).

2.5.3. Környezetközpontú Irányítási Rendszer (KIR)

A Környezetközpontú Irányítási Rendszer (KIR) egy olyan egymásra épülő tevékenységekből álló műveleti lánc, mely segíti végrehajtani azt a célkitűzésünket, hogy megvédjük azt a környezetet, ahol cégünk üzemel, vagy amely tevékenységünket közvetlenül vagy közvetve befolyásolja. Az egyik legelterjedtebb környezetirányítási struktúra napjainkban az ISO 14001 nemzetközi irányelv, amely hatalmas szerepet játszanak belföldi és külföldi piacokon melyek fokozatosan kiegészítik a kötelező környezetvédelmi előírásokat. Az EMAS rendszer a KIR másik legfontosabb rendszere, viszont ennek szükséges előfeltétele az ISO 14001 szabvány megléte. Az ISO 14001 szabvány célja, hogy segítse a vállalatok környezeti hatékonyság javításában, a környezeti eredmények csökkentésében és a jogszabályi kritériumok, követelmények betartásában. A szennyezést a lehető lekisebb szintre csökkentse, aminek köszönhetően folyamatos fejlődést ér el a környezetvédelem területén. Konkrét célkitűzések meghatározása mentén halad a vállalat mely során a tevékenységek folyamatos monitorozása, ellenőrzése során a kockázatok és lehetőség kezelésével hozzájárul a környezeti hatások folyamatos mérsékléséhez (Juhász – Koczor, 2002; Kovács et al., 2018).

Az ISO 14001 irányelv alapelvei közé tartozik a PDCA-ciklus (Plan-Do-Check-Act), amely egy folytonos fejlesztést garantál a KIR és a vállalatban felszínre kerülő eseményekben (ISO, 2015).



1. ábra: **Plan-Do-Check-Act**

Megjegyzés: Plan (P) = Tervezés, Do (D) = Megvalósítás, Check (C) = Ellenőrzés, Act (A) = Cselekvés

Forrás: Saját szerkesztés Demeter et al. (2008) alapján OpenAI által (2024)

A KIR rendszer nagyban hozzájárul a vállalat versenyképességének kialakításához, amiben a verseny úgy fokozható, hogy a cég elvárja minden partnerétől a KIR rendszer sikeres működtetését. Hozzájárul az emberek egészségének a javításához és biztosításához. Optimalizálja az anyag- és energiafelhasználást és csökkenti a környezetterhelés mértékét (erőforrások felhasználása), melynek köszönhetően a költségek is csökkenést mutatnak a későbbi kimutatásokban. Összehangoltságot teremt a fogyasztói társadalom szereplőivel, befektetőkkel, környezetvédelmi szervezetekkel és a munkavállalókkal is. Minden helyzetben potenciális lehetőséget nyújt a környezeti hatékonyság fejlődésére és a forgalom növelésére (Juhász – Koczor, 2002).

2.5.4. Ökocímke

Napjainkban sok ökocímkével találkozhatunk hazánkban és világszerte is. Találkozhatunk olyan címkékkel is, amelyek csak adott országokban vannak elfogadva (magyar termék, védjegy, Kiváló Magyar Élelmiszer), de vannak olyanok is, amelyek nemzetközi szinten is jelen vannak (CE, energiacímkék, WEEE-címkék) (Kovács et al., 2018; European Union., „n.d”).

A címkék fő célja, hogy hiteles adatokat szolgáltatassanak a fogyasztóknak a fogyasztási cikk környezeti sajátosságairól és ezáltal egyszerűbb megkülönböztetése legyen a zöld termékeknek és szolgáltatásoknak. Fontos megemlíteni, hogy jelentős funkciója van a zöld beszerzés végrehajtása során, azonban elmondható, hogy alkalmazásuk nem gördülékeny, mivel szaktudással és ismerettel kell rendelkeznie a beszerzőknek (Diófási, 2015).

Az EU Ecolabel egy 25 éve bevezetett, elismert ökocímke. A címke tartalma biztosítja, hogy az ezzel a jelzéssel ellátott termékek, szolgáltatások alacsonyabb környezeti terhelést okoznak, mint hasonló termékek. A címke figyelembe veszi a termékek teljes életciklusát, beleértve a gyártást, felhasználást és megsemmisítést is, ezzel garantálja az alacsony környezetterhelést. Az Energy Star programot az amerikai kormány hozta létre. A program az energiahatékonyságot helyezi középpontba, amely során az irodai berendezések energiatakarékosságát célzó megoldásokra koncentrált, például arra, hogy az eszközök inaktív időszakokban automatikusan kikapcsoljanak vagy energiatakarékos módba lépjenek. A kutatások szerint az Energy Star címkével ellátott számítógépek akár 50%-kal is kevesebb energiát fogyasztanak a nem minősített társaikhoz képest, ezzel jelentős energia- és költségmegtakarítást biztosítva (Kovács et al., 2018).

2.5.5. Környezetvédelmi benchmarking

A környezetvédelmi benchmarking egy folyamat, amely során a vállalatok összevetik egyéni környezetvédelmi teljesítményüket más vállalatokkal, hogy megismerjék a legjobb tapasztalatukat és gyakorlatukat és korrigálják saját környezeti termelékenységüket. Ez a stratégiai rendszer segít a vállalatoknak rávilágítani, hogyan teljesítenek másokhoz képest és fejlesztési lehetőséget biztosít folyamatosan. A folyamat során rengeteg környezeti mutatót használnak, ilyenek például az energiafelhasználás, a vízfelhasználás, szén-dioxid kibocsátás. Ezek az információk lehetővé teszik a vállalatok számára, hogy felismerjék a fejlesztési lehetőségeket és stratégiákat alakítsanak ki a környezeti teljesítményük javítására (Gonçalves et al., 2022; World Benchmarking Alliance 2024; European Union, „n.d”)

Az Európai Unió (EU) előtérbe helyezi az alábbi módszert, főleg a zöld gazdaság és a fenntartható fejlődés előmozdítása érdekében. Ezzel a folyamattal célja, hogy a tagállamok minden esetben együttműködve dolgozzanak a környezeti eredmények minimalizálásán és a természeti energiák megőrzésén (European Union, „n.d”).

2.6. A zöld ellátási lánc menedzsment motivációját és alkalmazását befolyásoló faktork

A környezettudatos ellátási lánc menedzsment használata olyan piaci közegben válik szükségessé, ahol a vállalatokra egyszerre nehezedik az ellátási lánc hatékonyságának növelése és a környezetvédelem iránti nyomás. Ezt a nyomást több irányból is tapasztalhatják (Bala et al., 2008).

Kálmán (2002) megkülönböztet termelésre ható és piacra ható tényezőket. A termelésre hatott tényezők melyek általánosságban elengedhetetlen érvényű és kormányzati intézkedések kapcsán alakul ki míg a piaci tényezők a népesség, s vállalat érdekeltjei felől érkező hatás. Az 1. táblázatban látható, hogy modellbe foglalja a motivációs lehetőségeket és az arra kialakított környezetmenedzsment válaszokat az ellátási lánc egészében.

1. táblázat: **Motiváció lehetősége a termelésben és a piacra ható környezeti tényezőkben**

		<i>a piacra ható környezeti nyomás</i>	
		gyenge	erős
<i>a termelésre ható környezeti nyomás</i>	erős	Költségorientált környezeti stratégia Szállítóoldali környezetmenedzsment	Fogyasztó- és költségorientált környezeti stratégia Az egész értékláncon átvonuló környezetmenedzsment
	gyenge	Nincs egyértelműen lefektetett környezeti stratégia Gyenge környezetmenedzsment	Fogyasztóorientált környezeti stratégia A zöld ellátási lánc menedzsmentre koncentráló környezetmenedzsment

Forrás: saját szerkesztés Kálmán (2002) ábrája alapján

Az 1. táblázatban összesen négy hatás látható, mely a vállalkozások életét gyenge vagy erős módon befolyásolják a termelési és piaci tényezők mentén.

1. Termelésre ható erős nyomás – piacra ható erős nyomás

A vállalatoknak más kis szennyezés esetén megéri környezetvédelmi beruházásokkal foglalkozni. A gazdaság iparágainak magasabb arányát érintik a szabályozások, ezért környezetvédelmi projekteket magasabb arányban valósítanak meg, mint egyéb gazdaságokban. A környezetbarát termékek és politika után a fogyasztók fogékonyabbak,

valamint kompromisszum képesebbek azon fogyasztókkal szemben, akik kisebb környezeti tudatossággal rendelkeznek. A környezetbarát fogyasztók hisznek abban, hogy tetteikkel, vásárlásaikkal és ezek terjesztésével valóban hozzájárulnak a környezetvédelemhez. A fogyasztóknak a termék környezetbarát volta értékteremtő, a vállalat tehát megfelelő marketinget folytat. A fogyasztók jobban informáltak, hogy a termék valóban környezetbarát-e egy ilyen jól működő rendszerben. A gyártók a környezetbarát fogyasztók kielégítésére, valamint a tudatos költségcsökkentés elérésére állítja fel a stratégiáját. A vállalatok vezetése integrált ellátási lánc környezet management kialakítására törekszik. Az ellátásilánc partnereivel maga keresi az együttműködési lehetőségeket az érdekeiből adódóan (Kálmán, 2002).

2. Termelésre ható erős nyomás – piacra ható gyenge nyomás

Egy vállalat számára nagy nyomás a zöldebb magatartás követése és az erős szabályozások betartása, de ebből keveset tud érvényesíteni a piacon. Vannak csoportok, akiknek nem jelent hozzáadott értéket, hogy a termék környezetbarát nem hajlandóak kompromisszumra és környezetbarát termékek vásárlására, fogyasztásra mert nem hisznek abban, hogy javíthatnak a kialakult állapotban. A vállaltoknak viszont célul kell kitűzni, hogy a hatósági szabályozások és költségek miatt csökkenti a szennyeződések, valamint környezetvédelmi fejlesztéseket végez. Az ellátási láncban a szállítókra koncentrálnak, a fogyasztókra, valamint a kis és nagy kereskedésekre pedig nem (Kálmán, 2002).

3. Gyenge termelési nyomás – gyenge piaci nyomás

Semmi nem kényszeríti a vállalatot környezetmenedzsmentre. Nincs semmilyen nyomás sem termelési, sem fogyasztói, sem szabályozási oldalról. A környezetvédelemmel foglalkozó fejlesztések csak olyanok, melyek a szabályzó keretek figyelmen kívül hagyásával a nettó jelenlét így is pozitív kimenetelű. Mivel a környezetmanagement nem jelenik meg a vállalat stratégiájában az esettanulmány nem foglalkozik vele. Az értékláncban nem jelenik meg szoros együttműködés a szereplők között a környezetmenedzsmentet tekintve, mert nincs olyan gazdasági érdekeltségi alap, ami a résztvevőket kooperációra ösztönözte (Kálmán, 2002).

4. Gyenge termelési nyomás – erős piaci nyomás

Nincs érzékelhető nyomás a környezetvédelmi intézkedéseket tekintve a hatóságok részéről. A fogyasztók szemszögéből, amennyiben a vállalat különböző stratégiát alkalmaz a termék oldalon meg kell vizsgálni, hogy a környezettudatos termék hozzáadhat-e a fogyasztói értékekhez. Sok olyan vásárló van a piacon, akik nagy figyelmet fordítanak az összetevőkre, a

zöld jelzésre mennek a csomagoláson vannak. A vállalat a termékek környezetbarát megjelölését használja fel stratégiaként. A Customer Relationship Management (CRM) első részével foglalkozik az értéklánc (Kálmán, 2002).

2.7. Az ellátási lánc menedzsment főbb területei feladatai

2.7.1. Zöld terméktervezés

A környezettudatos tervezés lényege, hogy a termékek fejlesztése során a környezeti hatások minimalizálása mellett megőrizzük a termékek teljesítményét és gazdaságosságát (Eltayeb et al. 2011). A zöld terméktervezés során a szennyezés csökkentésére, az erőforrások hatékony felhasználására és a hulladéktermelés mérséklésére helyezik a hangsúlyt úgy, hogy minden fontos környezetvédelmi szempontot számba vesz (Lin, 2013). Ezek a megközelítések nemcsak a környezetvédelmi szempontokat szolgálják, hanem hozzájárulnak a fenntartható fejlődéshez is.

A Zöld Ellátási Lánc Menedzsment beillesztése a terméktervezési folyamatba elengedhetetlen, mivel az ellátási lánc minden egyes szakaszában figyelembe kell venni a környezeti hatásokat, mivel minden esetben keletkeznek káros hatások. A termék tervezésénél nemcsak a gyártás, hanem az egész életciklus, vagyis az alapanyagok kinyerésétől a végső ártalmatlanításig tartó folyamat környezeti hatásait is számba kell venni. Ez magában foglalja az anyag- és energiafelhasználást, az újrafelhasználási lehetőségeket, valamint a kibocsátásokat is, amelyek mind hozzájárulnak a fenntarthatóbb termékfejlesztéshez (Dakov – Novkov, 2008; Srivastava, 2008).

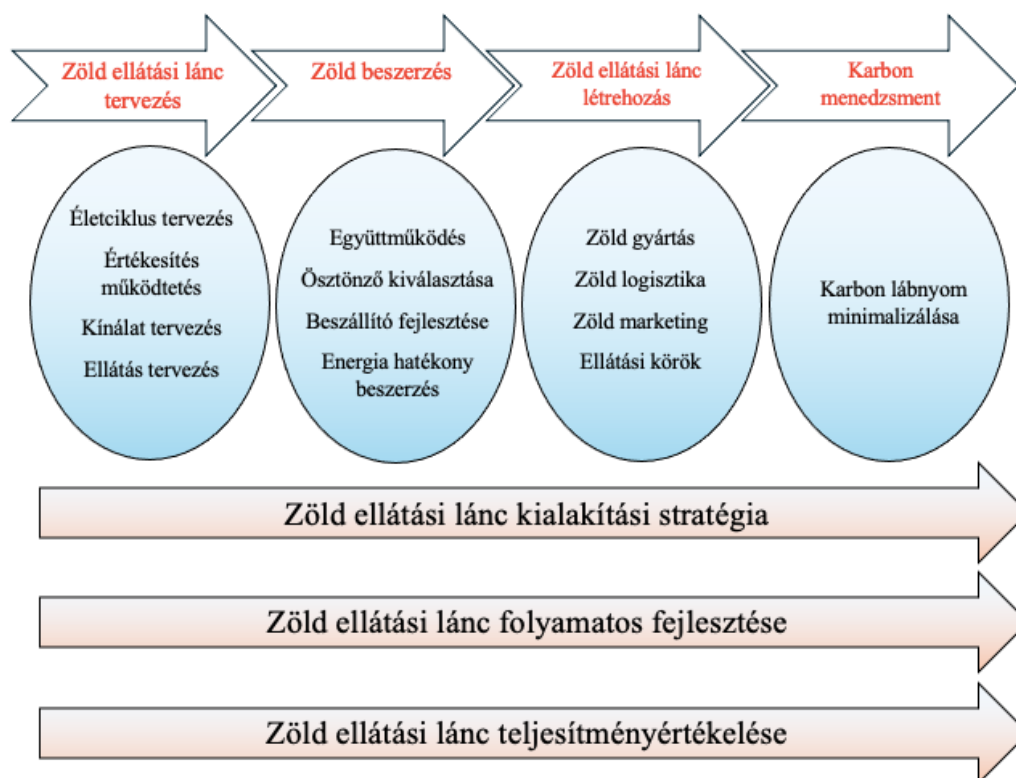
2.7.2. Zöld beszerzés

Egy 2005-ös kutatásból kiderül (Zhu et al., 2005), hogy a zöld beszerzési tevékenységek ösztönző háttérre koncentrálódnak. Későbbi tanulmányukban az ellátási lánc egységeként kutatják és többféle szempont szerint értékelik, amelyek egyike a fogyasztókkal való környezeti szempontú együttműködés (Zhu et al., 2015).

Vörösmarty – Tátrai (2010) fogalmi lehatárolása alapján a beszerzés feladata a gyártáshoz szükséges erőforrások biztosítása, valamint a beszerzés felelős a tevékenységek elvégzéséhez szükséges kiadások kezeléséért, vannak olyan területek, ahol a beszerzési folyamatok kevésbé hatékonyak: ilyen területek például a humán erőforrás vagy adó jellegű kiadások. Ennek célja a vállalati stratégiai célokkal való összehangolás és a kiadások kontrollálása. Megfigyelhető, hogy ez egy olyan stratégiai metódus, amely megkönnyíti a

vállalaton belüli környezeti és pénzügyi törekvések megvalósításához (Vörösmarty – Tátrai, 2010; Kovács et al., 2018).

A 2. ábrán jól látható, hogy a zöld beszerzés csupán egy részterülete a zöld ellátási láncnak és több más fontos elemet is magába foglal a rendszer. Ezek közé tartozik a zöld ellátási lánc tervezése, megvalósítása és a karbon menedzsment is. Nemcsak a fenntartható beszerzési gyakorlatokra koncentrál, hanem a teljes folyamat optimalizálására, a tervezéstől a kivitelezésig figyelembe véve a környezetre gyakorolt nyomást. Egy komplex rendszer, amely számos összetevőt és menedzsment területet ölel fel, és a fenntarthatóság megvalósítása szempontjából az egyik legátfogóbb megközelítést biztosítja.



2. ábra: **Zöld ellátási lánc**

Forrás: saját szerkesztés Emmett – Sood (2010) és Kovács et al. (2018) alapján

2.7.3. Zöld gyártás

Az alábbi részben a fő cél a gyártási eljárás folyamatos fejlesztése a károsanyag kibocsátás redukálása, csökkentése érdekében. Az eljárás mentén az alábbi dolgoknak kell beteljesülnie: alacsony környezeti ráhatású inputok közvetlen felhasználása, rendkívüli produktivitás, és a lehető legalacsonyabb hulladék- és szennyezőanyag kibocsátás visszaszorítása. Ennek következményeképpen a költségek (alapanyag, környezeti,

hulladékkezelési) csökkenésnek indulnak, a hatékonyságból fakadó előnyök felértékelődnek így jobban kihasználhatóak, valamint a vállalat megítélése is javulhat vállalati és társadalmi szempontból (Chien – Shih 2007; Ninlawan et al. 2010; Chen et al. 2012).

Négy gyakorlati tanács figyelhető meg Sebhatu – Enquist (2007) kutatásában:

- Ha egy cég bevezeti az ISO14000 szabványt, abban az esetben fontos figyelemmel kísérni, hogy az alapvető vállalati értékek és a vevőközpontúság semmilyen módon ne sérüljön és ezek a tényezőket mindenképpen szükséges integrálni a fenntarthatósági célokkal.
- Nagyon fontos szempont a fenntartható gyártáshoz kapcsolódó mérőszámok kidolgozása és egyben szabályszerű alkalmazása is. Erre a kutatás szerint alkalmas eljárás a benchmarking (elemzési és tervezési folyamat).
- Elengedhetetlen a folyamatos kommunikáció a vállalat és vevői között, hogy a vevő igények minden szempontból ki legyenek elégítve.
- Hatalmas szükség van a vezetői gondolkodásmód és a szervezeti kultúra kialakítására. Ennek hiányában elképzelhető a vállalat hanyatlásának kialakulása.

2.7.4. Zöld csomagolás, elosztás

Ninlawan et al. (2010) megállapítása alapján a zöld elosztást a zöld csomagolás és a zöld logisztika kombinációjaként definiálja. A csomagolás környezeti hatásai két fő tényezőből adódnak: az anyaghasználatból és a szállítandó termékek dimenzióinak meghatározásából, amelyek befolyásolják a szállítási és tárolási kapacitásokat, valamint az eszközök kihasználását.

A kutatásuk során az alábbi elemeket azonosították:

- Zöld csomagolás: A csomagolás méretének csökkentése, a felhasznált anyagok mennyiségének minimalizálása, a csomagolás egyszerűsítése a kicsomagolási idő csökkentése érdekében, továbbá az újrafelhasználás és újrafeldolgozás támogatása.
- Zöld szállítás: Közvetlen szállítás a felhasználóhoz, alternatív üzemanyaggal működő járművek használata, nagy tételes szállítások preferálása, környezetbarát közlekedési módok alkalmazása. Emellett fontos szerepe van a környezetbarát csomagolóanyagok használatának, a csomagolás szabványosításának a beszállítók bevonásával, valamint a visszaváltható csomagolás alkalmazásának.

2.7.5. Zöld logisztika előnyei, hátrányai

A zöld logisztika számos előnnyel és hátránnyal jár, amelyek a fenntarthatóságra törekvő vállalkozások számára meghatározóak lehetnek.

Előnyök:

- *Környezetvédelmi hatás pozitivitása:* A zöld logisztikai megoldások, mint például az elektromos járművek előtérbe kerülése vagy az útvonal optimalizálás nagymértékben hozzájárulhat a szén-dioxid kibocsátás redukálásához és ezáltal egyben a fenntarthatósághoz is. A hulladékok szelektíven gyűjtése és azok újrahasznosítása szorosan kapcsolódnak a környezet mérséklésének lehetőségéhez (FuvarBLOG, 2020).
- *Költségcsökkentés:* A fenntartható gyakorlatok hosszú távon költségmegtakarítást eredményezhetnek, például az üzemanyag-hatékonyság növelésével vagy az energiafogyasztás csökkentésével. Ezenkívül javíthatják a vállalatok versenyképességét, mivel egyre több ügyfél előnyben részesíti a környezetbarát megoldásokat (Logisztika, 2011).
- *Pozitív vállalati imázs, hírnév javulása:* A környezettudatos működés javíthatja a vállalat hírnevét és a vállalat iránti bizalmat vonzóbbá teheti azt a fogyasztók és partnerek számára. Javítja a társadalmi felelősségvállalás és fenntarthatóság iránti elkötelezettség megítélését (FuvarBLOG, 2020; Régens vámprogram, 2020).

Hátrányok:

- *Magas kezdeti költség:* Az új zöld technológiák, mint például az elektromos járművekre és a megújuló energiaforrásokra való átállás, valamint az infrastruktúra bevezetése jelentős kezdeti beruházási költségeket ölölhet fel (FuvarBLOG, 2020).
- *Komplexitás, ismerethiány megléte:* Az alábbi folyamat implementálása nehézkes lehet az új technológiákhoz szükséges ismeretek hiánya miatt. Emellett a megfelelő menedzsment, szakértelmet és stratégia kidolgozása is kihívást jelenthet (DHL, 2022).
- *Technológiai korlátok jelenléte:* A fenntartható alternatívák, ilyenek például az elektromos járművek elérhetősége és hatékonysága még mindig korszerűsítés alatt áll, így a tradicionális megoldásokkal szemben korlátozott lehetőségek állnak rendelkezésre bizonyos helyzetekben (Logisztika, 2011).

2.8. Inverz, másnéven fordított logisztika

Amikor az ellátási láncokra gondolunk, megfigyelhető, hogy az emberek a beszerzéstől, előállításától, beszállítókon keresztül a végfelhasználóig képződő teljes termék életpályára gondolnak. Vannak azonban az ellátási láncban olyan áruk vagy anyagok, amelyek nem mindig csak előre haladnak, hanem néha visszafelé is mozognak, ennek a folyamatnak az egészét nevezzük inverz ellátási láncoknak. A vállalkozások életében a fordított logisztika alapvető fontosságú, így egy jól kidolgozott fordított logisztikai stratégia nagyban hozzájárulhat a hatékonyság erősítéséhez, profit növeléséhez, valamint a fogyasztói szint elégedettségének gyarapításához. Az inverz logisztika és a fordított logisztika ugyanazt a fogalmat takarja (Basnyat, 2023).

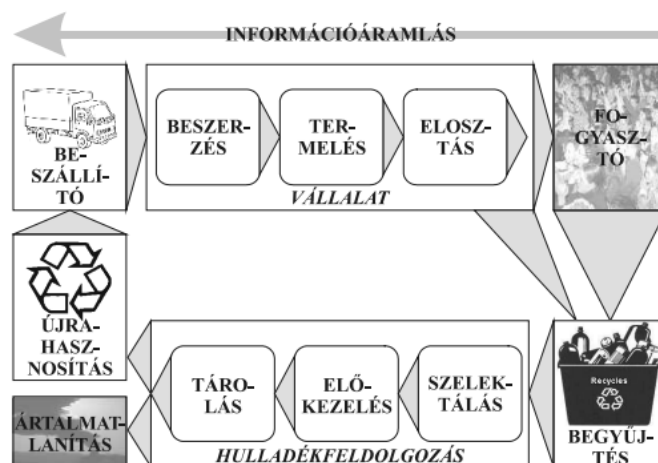
Newcastle Systems (2023) megállapítása alapján az alábbi logisztikai folyamat már most is jelentős szerepet játszik a gyártásban és a forgalmazásában, viszont kevesen ismerik ezt a folyamatot. Sok fordított logisztikát kivitelező vállalat (akárva-akaratlanul) elhalasztja azt a lehetőséget, hogy a termelési folyamat gördülékenyen, hatékonyan és potenciálisan jövedelmező elemévé alakíthassa, mint amit más üzleti területeken már természetesnek tekintenek.

2010 környékén egyre több cég kezdte el bevezetni és felhasználni az inverz logisztika alapelveit, mindeközben a kiskereskedelmi márkák a vásárlók kényelmét szem előtt tartva bevezették az összes csatornát lefedő visszaküldési politika lehetőségét. Ugyanakkor továbbra is fennállnak olyan költségek és hatékonysági kihívások, melyeket meg kell oldani azért, hogy a vállalatok még inkább profitorientáltabbak legyenek (Narashimman, 2020).

A fordított logisztika egy olyan összetett tudományos és módszertani, stratégiai terület, ami ötvözi az elméleti és gyakorlati ismereteket. Fő feladata az áruk, erőforrások és az ezekkel kapcsolatos információk áramlásának irányítása a kapcsolatrendszeren belül és különböző kapcsolatrendszerek között, különös tekintettel azokra, amelyek már nem töltik be eredeti rendeltetésüket. A fordított logisztika célja a gyártók szolgáltatásának kiterjesztése ezen felül pedig a környezetvédelmi szabályoknak a betartása és megfelelésének az elősegítése (Déri – Vándorffy, 2005).

A 3. ábra a hagyományos és fordított logisztikai modell ábrázolását mutatja be. Az ábrán megfigyelhető, hogy a hagyományos logisztika a termékek elsődleges elosztására koncentrál, míg a fordított logisztika ezzel ellentétesen, a visszagyűjtési folyamatokra helyezi a hangsúlyt. A begyűjtési mechanizmus meghatározó szerepű, mivel a többi tevékenység végrehajtásának sikere vagy kudarca ezen áll. Az ellátási lánc menedzsmentben a klasszikus modellhez általában

az összeszerelés és értékteremtés kapcsolódik míg az inverz logisztikában a szétszerelésre helyeződik a hangsúly (Mosonyiné, 2006).



3. ábra: A hagyományos és fordított logisztikai folyamatának vázlata

Forrás: Mosonyiné (2006)

Az elosztó rendszerekben a minőséget elsősorban a termékekre és azok funkcióira vonatkoztatjuk, vagyis arra, hogy a termék jól működjön és megbízható legyen. Ezzel szemben az inverz logisztikai láncban a minőség kérdése már a visszagyűjtött alkatrészekre, részegységekre terjed ki. Fontos szempont, hogy a szétszerelés megfelelő szakértelemmel történt-e, a részek újrafelhasználásra alkalmasak-e, valamint, hogy az így nyert anyagok kellően homogének-e.

Az értéklánc hagyományos logisztikai folyamatokban (2. táblázat) nagyrészt a vevők igényeire alapoz, így „fogyasztói húzás” irányítja. Ezzel szemben a World Class Manufacturing (WCM) rendszerek inkább gyártók és forgalmazók által „nyomott” folyamatként értelmezhetők. A hagyományos ellátási lánc menedzsment (SCM) célja az elsődleges fogyasztói piac igényeinek kiszolgálása, míg az inverz logisztika fő célja a fogyasztói hulladék begyűjtése, annak újrafelhasználása vagy újrahasznosítása, ha pedig ez nem megvalósítható, akkor az ártalmatlanításra vagy hulladéklerakókba történő eljuttatásra összpontosít.

2. táblázat: A hagyományos logisztika és a fordított logisztika egybevetése

	Hagyományos logisztika	Fordított logisztika
Folyamat	elosztás, terítés	begyűjtés
Művelet	összeállító	szétszerelő, bontó
Minőség	termék funkcionalitás	részegységek funkcionalitása
Értéklánc	vevővezérelt (pull)	gyártó-, importőrvezérelt (push)
Piac	elsődleges (primer)	másodlagos (szekunder)
Anyagáramlás	vevő irányába	ártalmatlanítók felé

Forrás: Saját szerkesztés Mosonyiné (2006) adatai alapján

Amennyiben az inverz logisztikát egy kiterjesztett ellátási láncként vizsgáljuk, akkor ez az elsődleges piac számára egy, a termékhez kapcsolódó környezettudatos szolgáltatást biztosít, amely növelheti a termék versenyképességét. A hagyományos logisztika anyagáramlása vevőirányú, míg az inverz logisztikai rendszerekben az áramlás fordított irányú, ahol az ártalmatlanító és újrahasznosító cégek kapacitása határozza meg a folyamat működését (Mosonyiné, 2006).

2.9. A zöld ellátási lánc menedzsment stratégiája

A GSCM (Green Supply Chain Management) területeit, módszereit és technikáit a szakirodalom széleskörűen tárgyalja, azonban ritkán kerül szóba, hogyan állnak össze ezek egy koherens egésszé. Hasonlóan más menedzsment területekhez, a különálló technikák véletlenszerű alkalmazása önmagában nem elégséges ahhoz, hogy egy vállalat jelentős sikereket érjen el a zöld ellátási lánc megvalósításában. Ehhez elengedhetetlen a célok világos meghatározása, és az azokhoz vezető lépések, azaz egy átfogó GSCM stratégia kialakítása (Simpson – Samson, 2008). Simpson és Samson (2008) négy stratégiai típust különböztet meg:

1. *Kockázat-alapú stratégia*: Ez a GSCM (zöld ellátási lánc menedzsment) legegyszerűbb megközelítése, amely kevés erőforrással is bevezethető, így ideális belépési pontként szolgálhat a vállalatok számára. Általában az érintettek – például szabályozó hatóságok vagy fogyasztók – nyomására reagálva vezetik be. A gyakran alkalmazott eszközök közé tartozik a beszállítók kötelezése a környezetvédelmi előírások betartására, illetve a piacon már elfogadott standardok átvétele. Ennek a stratégiának a hatékonysága azonban korlátozott, mivel elsősorban a helyi vagy nemzeti előírásoknak való

megfelelésre és a vállalat hírnevének javítására fókuszál. Ezen a szinten gazdasági előnyök vagy innováció még nem érhető el.

2. *Hatékonyság-alapú stratégia*: ("lean and green"): Ez a stratégia a vállalat működési folyamatait úgy alakítja át, hogy egyidejűleg javuljon a hatékonyság és csökkenjen a környezetterhelés, például a hulladéktermelés és az erőforrások felhasználásának mérséklésével. A sikeres megvalósításhoz szorosabb együttműködésre van szükség a beszállítói lánc szereplői között. Bár a teljesítménycélok kijelölése és mérése összetettebbé válik, komolyabb beruházásokra vagy innovációra nincs szükség a hatékonyság növeléséhez.
3. *Innováció-alapú stratégia*: Ebben az esetben a környezetvédelem szempontjai mélyebben beépülnek a termékfejlesztés, a gyártási folyamatok és az elosztás minden szintjére. Ide tartozik például az alapanyagok gondos kiválasztása, a termék teljes életciklusára gyakorolt hatás figyelembevétele és a fenntartható gyártási eljárások alkalmazása. Az ilyen stratégiák jelentős beruházásokat igényelnek mind a termékfejlesztés, mind az együttműködő partnerek részéről, valamint szorosabb együttműködést feltételeznek a beszállítói lánc tagjai között, például a tudástranszfer és közös beruházások révén.
4. *Zárt láncú ellátási lánc*: Ez a legmodernebb és legösszetettebb megközelítés, amely magában foglalja az úgynevezett inverz folyamatokat, mint a termékek visszagyűjtése, újragyártása és újrahasznosítása. Az ilyen rendszerek bevezetése rendkívül szoros együttműködést igényel a beszállítói lánc résztvevői között. Ugyanakkor kihívást jelenthet az inverz folyamatok feletti kontroll szétaprózódottsága, az infrastruktúra hiánya, valamint az ilyen rendszerek gazdaságossága, amely még nem bizonyított.

2.10. Mesterséges intelligencia a logisztikai szektorban

A mesterséges intelligencia (MI) és a digitalizáció technológiái az elmúlt években jelentős átalakulásokat eredményeztek a logisztikai szektorban, különösen a Logisztika 4.0 keretrendszeren belül. Az MI technológiák, beleértve a gépi tanulást és a kiber-fizikai rendszereket (CPS), lehetővé teszik a szállítmányozási és fuvarszervezési feladatok automatizálását, ezzel növelve a hatékonyságot és csökkentve a költségeket (Reisinger et al., 2022).

Az ipari automatizáció előrehaladtával a logisztikában megjelennek az önvezető járművek és a fejlett robotikai rendszerek, amelyek a raktári és szállítási folyamatok részleges vagy teljes automatizációját teszik lehetővé. A különféle logisztikai feladatok, a tervezés,

szállítmányozás és készletgazdálkodás már ma is olyan szoftverek segítségével valósulnak meg, amelyek mesterséges intelligenciát alkalmaznak a döntéshozatali folyamatok optimalizálására és javítására. A logisztikai vállalatok nagy mennyiségű adatot képesek elemezni, így jobban optimalizálhatják a készletezést, szállítást és útvonaltervezést (Amr et al., 2019; Reisinger et al., 2022; BITO, „n.d.”).

A MI alkalmazása a logisztikában nemcsak a hatékonyság javítását teszi lehetővé, hanem a költségek csökkentését és az ügyfélelégedettség növelését is. Az ilyen alapú rendszerek képesek előre jelezni a keresletet és optimalizálni a készletezést, ami csökkenti a túl- vagy alulkészletezés kockázatát. Ezenkívül az MI támogatja az útvonalak optimalizálását, figyelembe véve a forgalmi adatokat, időjárási körülményeket és más tényezőket, amelyek befolyásolhatják a szállítást. Ez nemcsak gyorsabb és megbízhatóbb kiszállítást eredményez, hanem csökkenti az üzemanyag-fogyasztást is. A mesterséges intelligencia lehetőségei továbbá magukban foglalják a prediktív karbantartást is, amely lehetővé teszi a logisztikai rendszerek (pl. raktári gépek, szállítóeszközök) állapotának folyamatos monitorozását, így megelőzhetőek a meghibásodások, minimalizálva a leállásokat. Az alábbiakban felsorolt technológiák alkalmazása a jövőben tovább növeli a versenyképességet azoknál a vállalatoknál, amelyek gyorsan adaptálódnak és beillesztik az új innovációs folyamatot (BITO, „n.d.”).

A tanulmányok rámutatnak, hogy a szellemi logisztikai munkakörök kevésbé fenyegetettek az automatizáció által, míg a kevésbé képzett, alacsonyabb kereseti lehetőséggel rendelkező pozíciók, ilyenek például a szállítmányozási ügyintézők, akik nagyobb kockázatnak vannak kitéve. A kutatások rámutattak, hogy az ilyen munkakörök automatizálása akár 98-99%-os valószínűséggel is bekövetkezhet, míg a vezetői, tervezési feladatokat ellátó pozíciók esetében ez az arány sokkal alacsonyabb. Az MI által generált adatelemzési lehetőségek és a Big Data megoldások a logisztikai folyamatok precíz irányítását is elősegítik, így a jövőbeni trendek közé tartozik az adatalapú döntéshozás erősödése a logisztikai szektorban. A szektorban megjelenő digitális transzformáció pedig új szakmai kompetenciákat és képességeket igényel a munkavállalóktól, különösen a „data scientist” és egyéb adatelemző szerepkörökben (Amr et al., 2019; Reisinger et al., 2022).

Következtetésképpen megállapítható, hogy a modernizáció növeli a logisztikai folyamatok rugalmasságát és alkalmazkodóképességét is, ugyanakkor új kihívásokat is teremt, különösen a munkaerőpiaci átrendeződés és a szellemi munkakörök átalakulása terén. A MI és a Logisztika 4.0 fejlesztéseinek mielőbbi bevezetése versenyelőnyt biztosíthat a vállalatok számára a hatékonyságnövelés, költségcsökkentés és a fenntarthatóság területén.

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

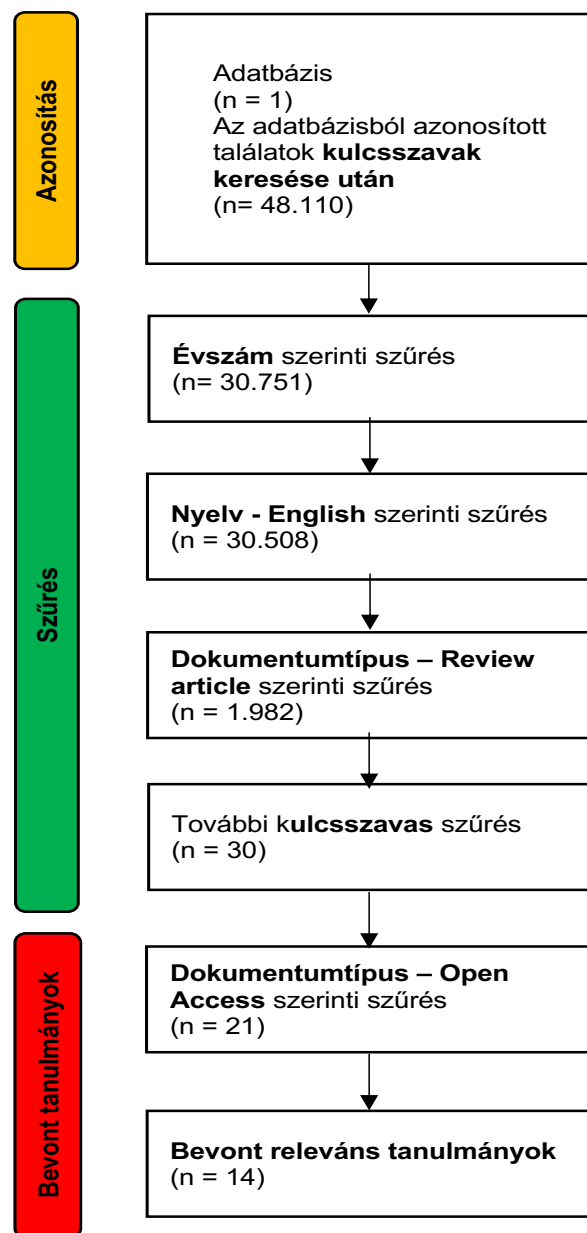
A kutatás során bibliometriai elemzési módszereket alkalmaztam, amelyek segítségével részletesen vizsgálat alá vontam a zöld logisztikával és ellátási lánc menedzsmenttel kapcsolatos publikációkat.

A szisztematikus irodalomelemzések során az egyik leggyakrabban használt adatbázis a Web of Science (WoS) Core Collection, amely egy átfogó tudományos platform különféle típusú közlemények, publikációk, konferenciaanyagok és könyvek számára (Garfield, 1964). A WoS jelenleg egy multidiszciplináris, globálisan hozzáférhető információforrás, több mint 18.000 magas impakt faktorral rendelkező folyóirattal, 180.000 konferencia-közleménnyel és több mint 80.000 könyvvel, összességében több mint egymilliárd idézettel és több mint egy évszázadra visszanyúló lefedettséggel (Clarivate Analytics, 2019). A WoS megbízható és átfogó elemzéseket tesz lehetővé a tudományos trendekről, a kulcsterületek alakulásáról, valamint az idézettségi adatok alapján a legnagyobb hatású kutatások és kutatók azonosításáról így népszerű a kutatók körében. A platform fejlett analitikai funkciói segítenek a publikációk értékelésében, a megfelelő folyóirat kiválasztásában és a jövőbeli kutatási irányok kijelölésében is, így kiváló alapot nyújt szisztematikus irodalomelemzésekhez (Schnell, 2018).

A bibliometriai elemzés során a kutatás következő lépése a téma feltárása és strukturálás, melyhez a kulcsszavas elemzés során a VOSviewer szoftvert használtam, amely sokféle adatkapcsolat feltérképezésére alkalmas. A VOSviewer szoftver hálózatalapú térképek létrehozására és megjelenítésére is kiválóan alkalmas, így a vizualizáció szempontjából egyre elterjedtebbé válik napjainkban (Yıldız - Tosun, 2021). Az előbb említett szoftver segít az előzetes kutatások során felmerülő információk rendszerezésében és a bibliográfiai elemzések elvégzésében azáltal, hogy vizuálisan ábrázolja a hálózatokat, az átfedéseket és a sűrűségi kapcsolatokat. A VOSviewer különösen hasznos, mivel támogatja az összehasonlító elemzések integrálását is (Naganuma, 2017; Eck et al., 2018).

A kutatáshoz egy adatbázist (WoS Core Collection) használtam. Az azonosítás során a Web of Science (WoS) oldalán a keresést 2024. október 13-án hajtottam végre és a keresési folyamatot a PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) modell alapján ábrázoltam (4. ábra). Első lépésként hat darab kulcsszóval indítottam a szűrést. A szavak a következők voltak: Green logistics, Green procurement, Green supply chain management, SCM, Supply chain management. A szavak szűrése után összesen 48.110 darab találat volt. Az évszám szűrése következett, ahol 2014 és 2024 közötti adatokra voltam kíváncsi, amelyek ebben az időszakban megjelentek a zöld logisztika területein. A szűrőkeresés után

30.751 elemmel rendelkeztem. Csak angol (English) nyelvű cikkekre állítottam be a szűrést és a szűrő beállításával az adatbázis összesen 30.508 találatra szűkölt, amely továbbra is magas értéknek felel meg. A „Review article” típusú cikkekre voltam kíváncsi, így ennek tekintetében a következő szűrő a dokumentumtípus meghatározása és beállítása volt. Az előző értékhez képest nagyszámú visszaesés történt, mivel ezen szűrő alkalmazása során 1.982 cikk született az eddig felsorolt feltételek mellett. Az idézettségi jelentés tekintetében ez az 1.982 publikáció önidézés nélkül történő cikkek idézése 63.707 darab míg hivatkozások száma szintén önidézések nélkül 91.489 darab és a H-indexe pedig 148.



4. ábra: A kutatás folyamata a PRISMA modell alapján

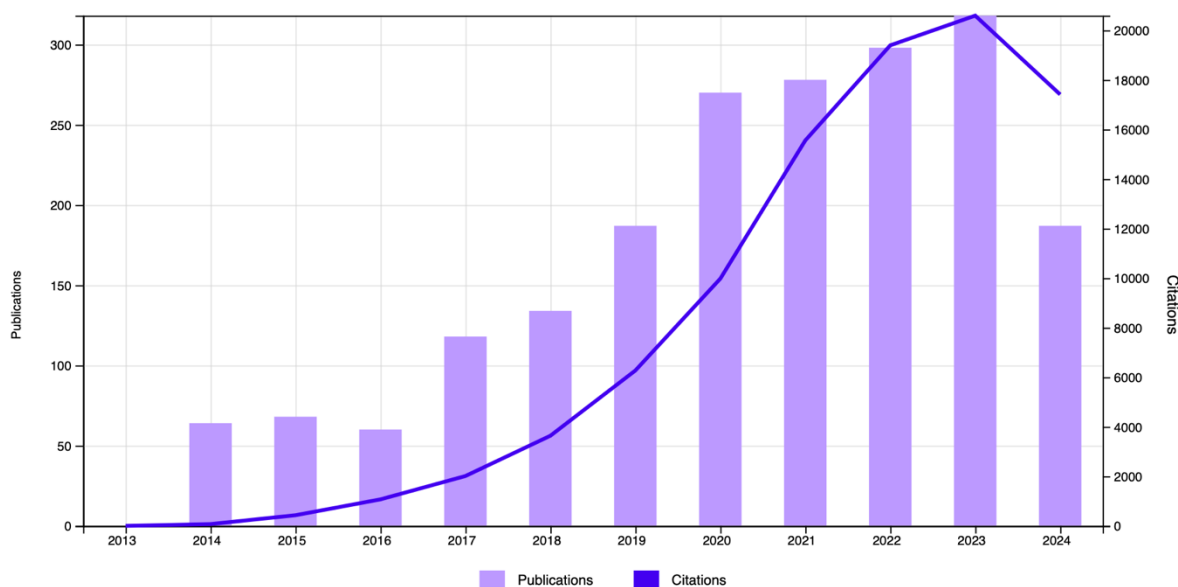
Forrás: Saját szerkesztés kutatási adatok és Page et al. (2021) alapján (2024)

Mivel kutatásomhoz ez az eredmény még mindig nagyon magas volt a részletes elemzéshez, így további kulcsszavakat vontam be. Ekkor végeztem el a VOSviewer szoftverrel a kulcsszavak időbeli megjelenéséhez kapcsolódó elemzést, amelynek eredménye az lett, hogy a digitális és technológiai innováció témaköréhez kapcsolódnak. Így ennek eredményeképpen a kulcsszavak bővítése történt a korábban meghatározott kulcsszavakon felül. Ezután 9 kulcsszóval bővítettem a keresési eredményeimet, melyek a következők voltak: Artificial intelligence, Big data, Internet of things, IoT, Machine learning, Predictive analytics, Blockchain, Industry 4.0, Sustainable supply chain management. Az alábbi szűrés beállítás után összesen már csak 30 elem volt elérhető. Az utolsó lépésként az eddigiek meghatározásán felül beállítottam a dokumentumtípust, mely az Open Access volt és ennek eredményeképpen 21 darab cikk volt elérhető az adatbázisban. A 21 darab cikk megvizsgálása során kiszűrtem számomra a legrelevánsabbakat és a témához leginkább kapcsolódókat. A tanulmányba relevánsan összesen 14 darab cikk került bevonásra és a későbbiekben további elemzésre.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A kutatás során az első lépés az adatbázis időbeli elemzése volt. A 2014 és 2024 között megjelent ellátási lánc menedzsmenttel, zöld logisztikával kapcsolatos publikációkra alkalmazott bibliometriai elemzés főbb eredményeit ismerteti az 5. ábra. Az ábra alapján 3 fő időszak határozható meg: *P1 2014-2016 között stagnáló növekedés; P2 2017-2020 között dinamikus növekedés; P3 2021-2024 között exponenciális növekedés.*

2014 és 2016 (P1) közötti időszakban egy stagnáló növekedés vette kezdetét a kutatott témában, ezt a publikációs szám is bizonyítja, mivel összesen 192 publikáció született az alábbi témában, az adott időszakban. A P1 időszakban elkészült publikációk minösszesen 9,69%-át teszi ki a teljes publikációknak. A P2 időszak már egy sokkal dinamikusabb fejlődés figyelhető meg, 709 darab publikációval, mely összesen a teljes publikációs listából 35,77%-ot tesz ki. 2017 és 2020 közötti szakaszban a megjelent publikációk száma közel háromszorosára nőtt, így megállapítható, hogy a vizsgált időszakban egyre jobban érezhető a téma iránti növekedő tendencia. A P3 szakaszában 1081 publikáció született, mely az összes publikáció 54,54 %-át jelenti. A 2021 és 2024 közötti ciklusban exponenciális növekedés látható, 2021-ben 278 publikáció jelent meg míg 2023-ra már 318-ra emelkedett. Mivel a 2024-es év még tört évnék tekinthető, így nem ad pontos értéket a publikációk vonatkozásában.



5. ábra: Az idézetek és publikációk száma az idő múlásával

(Megjegyzés: Publications = Publikációk, Citations = Idézetek)

Forrás: Saját kutatás a WoS adatbázisa alapján (2024)

A 3. táblázat bemutatja a legtöbbet idézett dokumentumokat, amely során részletesen bemutatásra kerülnek a szerzők, a kutatási év a tudományterület megnevezése is. Kutatásom során jelentős fókuszot helyeztem az idézettségre, a kutatási területre és a publikálás dátumára.

A legidézettebb cikk Zhong, Xu és Klotz 2017-ben publikálta („Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review”), amelyet összesen 1395 alkalommal idéztek. A cikk éves idézettségi adatai a következők: 2018-ban 60, 2019-ben 203, 2020-ban 247, 2021-ben 276, 2022-ben 260, 2023-ban 185, 2024-ben pedig eddig 164 idézetet kapott. A cikk főként a mérnöki tudományok területére fókuszál. A kutatás központi témája az Ipar 4.0 szerepe az intelligens gyártásban, és a technológia fejlődésével kapcsolatos innovációk áttekintése.

3. táblázat: Legtöbbször hivatkozott szerzők, publikációk a zöld logisztika témakörében

Szerzők	Publikáció címe	Kutatási terület	Hiv. száma	Év
Zhong, R. Y.; Xu, X.; Klotz, E.; Newman, S. T.	Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review	ENGINEERING	1395	2017
Govindan, K.; Soleimani, H.; Kannan, D.	Reverse logistics and closed-loop supply chain: A comprehensive review to explore the future	EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	1240	2015
Fahimnia, B.; Sarkis, J.; Davarzani, H.	Green supply chain management: A review and bibliometric analysis	INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS	1088	2015
Oztemel, E.; Gursev, S.	Literature review of Industry 4.0 and related technologies	JOURNAL OF INTELLIGENT MANUFACTURING	963	2020
Ghobakhloo, M.	Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	802	2020
Klewitz, J.; Hansen, E. G.	Sustainability-oriented innovation of SMEs: a systematic review	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	782	2014
Wang, G.; Gunasekaran, A.; Ngai, E. W. T.; Papadopoulos, T.	Big data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications	INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS	777	2016
Adams, R.; Jeanrenaud, S.; Bessant, J.; Denyer, D.; Overy, P.	Sustainability-oriented Innovation: A Systematic Review	INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT REVIEWS	747	2016
Govindan, K.; Rajendran, S.; Sarkis, J.; Murugesan, P.	Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	700	2015
Kamble, S. S.; Gunasekaran, A.; Gawankar, S. A.	Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives	PROCESS SAFETY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION	652	2018

Forrás: Saját kutatás a WoS adatbázisa alapján (2024)

A második legidézettebb cikk Govindan és szerzőtársai 2015-ben megjelent munkája, amely 1240 idézést kapott, melyből 2015-ben 37, 2016-ban 73, 2017-ben 128, 2018-ban 159, 2019-ben 174, 2020-ban 161, 2021-ben 179, 2022-ben 154, 2023-ban 104, 2024-ben eddig 69 idézetet kapott. Fő témájaként a zárt láncú ellátási láncok jövőjét és a visszas logisztikát tárgyalja.

A harmadik helyen Fahimnia et al. (2015) publikációja áll, amely 1088 idézést generált, és a zöld ellátási lánc menedzsmentet elemzi, különös figyelemmel annak gazdasági és környezeti előnyeire. A kutatást bibliometriai elemzésekre alapozza, mellyel 2015-ben 8, 2016-ban 26, 2017-ben 49, 2018-ban 78, 2019-ben 105, 2020-ban 140, 2021-ben 193, 2022-ben 185, 2023-ban 178 és 2024-ben eddig 126 idézetet gyűjtött.

A negyedik helyen Öztemel és Gursev 2020-as cikke található, amely 963 (2020 – 116 idézés, 2021 – 210 idézés, 2022 – 240 idézés, 2023 – 228 idézés, és 2024 – 146 idézés) idézést kapott. Ez a cikk áttekinti az Ipar 4.0 technológiáit és kapcsolódó fejlesztéseket, kiemelve a digitális átalakulás fő trendjeit és hatásait a gyártási szektorban.

802 idézéssel az ötödik helyen szerepel a Ghobakhloo 2020-as kutatása. 2020-ban 33, 2021-ben 125, 2022-ben 209, 2023-ban 241, és 2024-ben eddig 194 idézést gyűjtött be. A tanulmány az Ipar 4.0 digitalizációs lehetőségeit és azok fenntarthatósági aspektusait elemzi, különös tekintettel a fenntartható gyártási rendszerek kialakítására.

Klewitz, Hansen és Berg 2014-ben megjelent tanulmánya a fenntarthatóságra orientált innovációval kapcsolatos kkv-kat tárgyalja, és 782 idézést ért el. Az idézettség 2016-tól kezdve folyamatosan növekedett, ekkor már 55 idézetet gyűjtött, 2017-ben pedig 98-at. Az idézettség csúcspontját 2019-ben érte el, amikor 133 idézetet kapott, 2020-ban ez a szám tovább nőtt 143-ra. Az utóbbi években azonban csökkenés figyelhető meg: 2021-ben 109, 2022-ben 58, 2023-ban pedig 51 idézetet kapott. 2024-ben eddig 12 idézetet gyűjtött. A kutatás egy szisztematikus, átfogó áttekintést nyújt a fenntarthatósági innováció alkalmazásáról a kis- és középvállalkozások körében.

Wang és társai (2016) cikke, amely az ellátási láncban alkalmazott big data analitika jelentőségét vizsgálja, eddig összesen 777 idézetet gyűjtött. Az idézettség 2016-os megjelenése óta folyamatosan nőtt, a csúcst 2021-ben érte el 154 idézettel, majd 2022-ben 159 idézetet kapott. Az utóbbi két évben némi visszaesés figyelhető meg: 2023-ban 98, 2024-ben eddig 76 idézet. A cikk különös figyelmet fordít a fenntarthatóságra és a gyakorlatban alkalmazható megoldásokra.

Adams és szerzőtársai 2016-ban megjelent cikke, összesen 747 (2016-ban 15, 2017-ben 33, 2018-ban 71, 2019-ben 105, 2020-ban 135, 2021-ben 132, 2022-ben 113, 2023-ban 93 és

2024-ben 50 idézetet kapott) idézetett kapott, így a nyolcadik helyen szerepel a legidézettebb publikációk között. A tanulmány a fenntarthatóság-orientált innovációk rendszerezésére koncentrált különböző ipari és akadémiai szempontok alapján.

A kilencedik helyen Kannan et al. 2015-ös cikke áll, amelynek címe: „Multi criteria decision making approaches for green supplier evaluation and selection: a literature review”. Ez a publikáció összesen 700 idézetet kapott. A zöld beszállítókkal értékelésével és azok kiválasztásával foglalkozik szakirodalmi áttekintése során.

Kamble et al. (2018) cikke található az utolsó, azaz tizedik helyen áll. 2018-ban jelent meg, és összesen 652 idézést kapott. A tanulmány éves idézettsége 2018-tól folyamatosan emelkedett: ebben az évben 33 idézetet kapott, 2019-ben pedig 56-ot. A növekedés tovább folytatódott, 2020-ban 85, 2021-ben 124, majd 2022-ben elérte a csúcst 136 idézettel. 2023-ban enyhe csökkenés történt 126 idézetre, míg 2024-ben eddig 92 idézetnél tart. A kutatás az Ipar 4.0 és a fenntarthatóság közötti kapcsolatot vizsgálja.

A publikációk mindegyike jelentős hozzájárulást tett az Ipar 4.0, a fenntarthatóság, a logisztika és a zöld ellátási lánc menedzsment területén, amelyek központi kérdéseket tárgyalnak a jövőbeli ipari és technológiai fejlődés szempontjából.

A 4. táblázat az egyes kutatási területeket mutatja be, különös tekintettel az adott területen megjelent publikációkra és azok idézettségére.

4. táblázat: **Kutatási területek a kutatásba bevont publikációk esetében**

KUTATÁSI TERÜLET	PUBL. SZÁMA	ARÁNY (%)	HIVATKOZÁSOK SZÁMA
BUSINESS ECONOMICS	612	30,88%	30 826
ENGINEERING	560	28,25%	43 913
ENVIRONMENTAL SCIENCES ECOLOGY	457	23,06%	28 904
SCIENCE TECHNOLOGY OTHER TOPICS	417	21,04%	28 198
OPERATIONS RESEARCH MANAGEMENT SCIENCE	237	11,96%	20 498
COMPUTER SCIENCE	129	6,51%	7 391
MATERIALS SCIENCE	82	4,14%	3 031
CONSTRUCTION BUILDING TECHNOLOGY	69	3,48%	2 944
ENERGY FUELS	56	2,83%	4 448
CHEMISTRY	50	2,52%	2 376

Forrás: Saját kutatás a WoS adatbázisa alapján (2024)

A táblázat alapján megállapítható, hogy a legtöbb dokumentum a *Business Economics* témában született (612), ami az összes publikáció 30,88 %-át adja, 30 826 idézéssel. Az *Engineering* szerepel a következő helyen, 560 publikációval (28,25 %), valamint a legmagasabb (43 913) idézési számmal. A 3. helyen az *Environmental Sciences Ecology* látható, 455 publikációval (23,06 % - 28 904 idézés). Ezt követően a *Science Technology Other Topics* kerül a rangsor következő helyére 28 198 idézési számmal, 417 publikációval és az össze publikációk 21,04 %-át teszi ki, majd ezt az értéket az *Operation Research Management Science* terület követi 237 (11,96 %-os aránnyal és 20 498 idézéssel) publikációval követi. A *Computer Science* témában 129 dokumentum került be a publikálási listára (6,51 %), mely összesen 7 391 idézést kapott a kutatott időszakban. A *Material Science* idézettségét tekintve 3 031 darab, valamint 82 darab (4,16 %) publikációval van jelen a listán. A *Construction Building Technology* a 8.helyen szerepel 69 dokumentummal (3,50%) és 2 944 idézéssel. Az *Energy Fuels* az utolsó előtti helyen kerül felvezetésre a listában 56 darab publikációval (2,84 %), viszont 4 448 idézési számmal kiemelkedő helyen található. *Chemistry* az utolsó helyen szerepel a legalacsonyabb idézettségi (2 376) és publikációs számmal (50), mely mindössze a vizsgált sokaság tekintetében 2,54%-os arányt jelent.

A Web of Science segítségével a földrajzi eloszlás megvizsgálására is hangsúlyt fektettem a kutatásom során. Jelentős mértékben járulnak hozzá az 5. táblázatban felsorakoztatott országok a zöld ellátási láncról szóló tanulmányokhoz, így a következőkben a vizsgált időszak közötti teljesítményre összpontosítunk. A felállított rangsor a publikált cikkek száma szerint kerülnek bemutatásra.

5. táblázat: **Publikációk földrajzi eloszlása**

ORSZÁGOK/RÉGIÓK	PUBLIKÁCIÓK SZÁMA	HIVATKOZÁSOK SZÁMA	ARÁNY (%)
INDIA	313	14 696	15,79%
USA	311	20 567	15,69%
KÍNA	287	13 391	14,48%
ANGLIA	250	17 055	12,61%
OLASZORSZÁG	138	9 050	6,96%
AUSZTRÁLIA	129	6 670	6,51%
NÉMETORSZÁG	111	9 834	5,60%
BRAZÍLIA	110	6 513	5,55%
FRANCIAORSZÁG	97	6 321	4,89%
MALAJZIA	94	4 549	4,74%

Forrás: Saját kutatás a WoS adatbázisa alapján (2024)

A 6. ábra 6 klasztert különít el a témához kapcsolódóan (piros, kék, zöld, lila, türkíz), amelyek a kulcsszavak közös előfordulási hálózatát jelenítik meg. Az ábrán 182 kulcsszó szerepel, amelyeknek a teljes linkerőssége 33 427.

Az ábrán jól látható a 6 kulcsszó, a **piros** klaszterben a *supply chain management*, ami 909 publikációban szerepelt a teljes linkerősségét tekintve pedig 5 154. A **zöld** klaszter központi szava a *literature review* aminek linkerőssége 1.565 és 257 publikációban található meg. A **kék** klaszteren kulcsszava a *framework* 317 publikációval és 2.222 linkerősséggel. A **sárga** klaszter központi eleme a *performance*, ami 399 alkalommal szerepelt a dokumentumokban 2 556 linkerősséggel kalkulálva. A **lila** klaszter jelentős eleme a *bibliometric analysis*, amely 129-szer szerepelt a kutatásokban, teljes linkerősségét tekintve 838. A **türkíz** klaszter kulcsszavak a *knowledge* 94 publikációval és 622 darabszámú linkerősséggel.

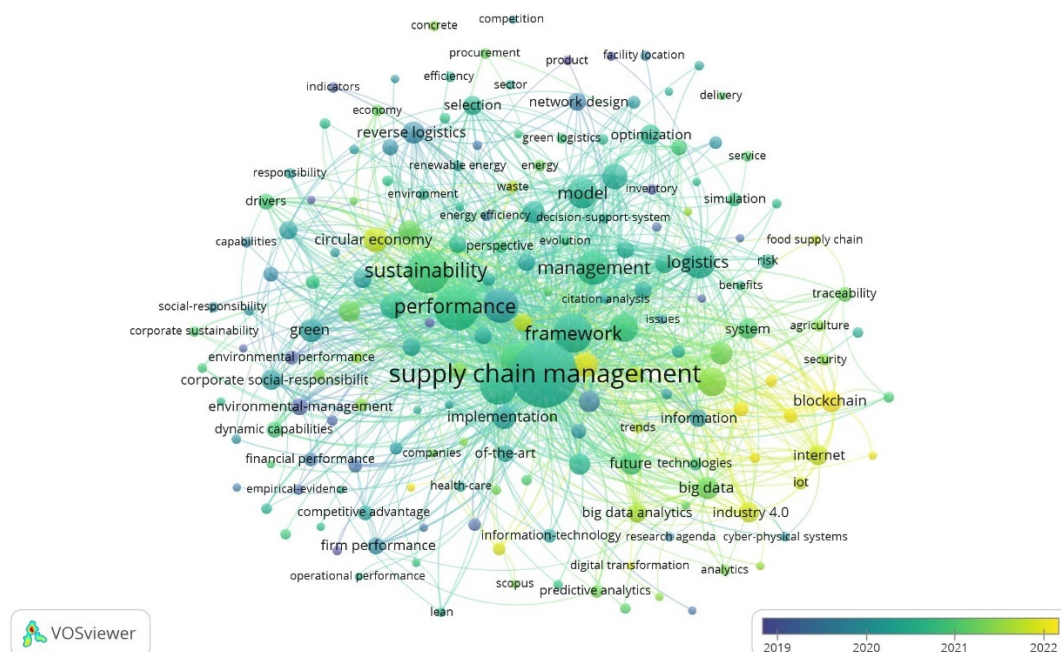
A 6. táblázat jeleníti meg azokat a szavakat, amelyek a klaszterben megjelenésre kerülnek, jelölve az elemszámokat és elemeket. Az első klaszter, amely a legnagyobb is, az a piros, ami összesen 55 elemet tartalmaz. Az első klaszter legdominánsabb szavai *supply chain management* (909), *impact* (277), *systematic literature review* (235), *green* (112). A második legnagyobb klaszter a zöld (45 elem) amiben a leggyakrabban előforduló szavak a *literature review* (257), *management* (238), *logistics* (221), *supply chain* (173). A kék a harmadik klaszter többségében a következő szavak jelennek meg gyakrabban: *framework* (317), *challenges* (172), *technology* (100), *future* (99). Negyedik (sárga) klaszterbe jellemzően a *performance* (399), *sustainability* (361), *circular economy* (128), és *innovation* (127) szavak fordultak elő. A lila klaszterben gyakoriságot megfigyelve a *bibliometric analysis* (129), *science* (35), *network analysis* (23), *citation analysis* (20) szavak kerültek leggyakrabban megemlítésre. Az utolsó (türkíz) klaszterben a *knowledge* (94), *methodology* (59), *perspective* (35) szavak kerültek felhasználásra.

6. táblázat: A kulcsszavak együttes előfordulási hálózata (n=182)

1.klaszter PIROS 55 tétel	6 sigma, balanced scorecard, behavior, business performance, capabilities, cleaner production, collaboration, companies, competitive advantage, conceptual framework, corporate social responsibility, corporate social-responsibility, corporate sustainability, critical success factors, determinants, dynamic capabilities, eco-innovation, empirical evidence, environmental performance, environmental sustainability, environmental management, financial performance, firm, firm performance, governance, green , green innovation, green practices, green supply chain management, health-care, human-resource management, impact , institutional pressures, knowledge management, lean, management practice, mediating role, meta-analysis, state of the art, operational performance, organizational performance, product development, research and development, resource-based view, responsibility, social sustainability, social responsibility, success factors, supply chain management , sustainable development, sustainable performance, sustainable supply chain management, systematic literature review , triple bottom line
2.klaszter ZÖLD 45 tétel	competition, content analysis, decision-making, decision-support system, delivery, demand, design, dynamics, e-commerce, environmental impact, facility location, flexibility, green logistics, green supply chain, greenhouse gas emissions, humanitarian logistics, integration, inventory, inventory management, literature review , logistics , management , model, network, network design, operations, operations management, optimization, performance evaluation, procurement, product, reverse logistics, review, risk, risk-management, selection, service, simulation, supply chain , systematic review, transport, transportation, uncertainty, vehicle-routing problem
3.klaszter KÉK 39 tétel	agriculture, analytics, architecture, artificial intelligence, benefits, big data, big data analytics, blockchain, blockchain technology, challenges , cyber-physical system, data analytics, digital transformation, digitalization, food, food supply chain, framework , future , industry 4.0, information, internet, iot, machine learning, opportunities, predictive analytics, quality, quality management, research agenda, rfid technology, safety, security, smart, smart contracts, smart manufacturing, social media, system, technologies, technology , traceability
4. klaszter SÁRGA 29 tétel	barriers, business, business model, carbon footprint, circular economy , concrete, consumption, drivers, economy, efficiency, energy, energy efficiency, environment, green procurement, health, implementation, indicators, industry, innovation , life-cycle assessment, performance , policy, power, renewable energy, sector, strategies, sustainability , waste, waste management
5. klaszter LILA 8 tétel	bibliometric, bibliometric analysis , citation analysis , evolution, intellectual structure, network analysis , science , scopus
6. klaszter TÜRKÍZ 6 tétel	issues, knowledge , methodology , perspective , sustainable manufacturing, trends

Forrás: Saját kutatási eredmény a VOSviewer-rel történt alapján (2024)

A téma mélyebb elemzése, valamint a jelenlegi és jövőbeli tendenciák azonosítása érdekében megvizsgáltam a kulcsszavak időbeli alakulását, amelyet a 7. ábra szemléltet. Valamint az alábbi ábra kiválóan mutatja be a kulcsszavak időbeli előfordulását és a kutatások időbeli fókuszának változását is.



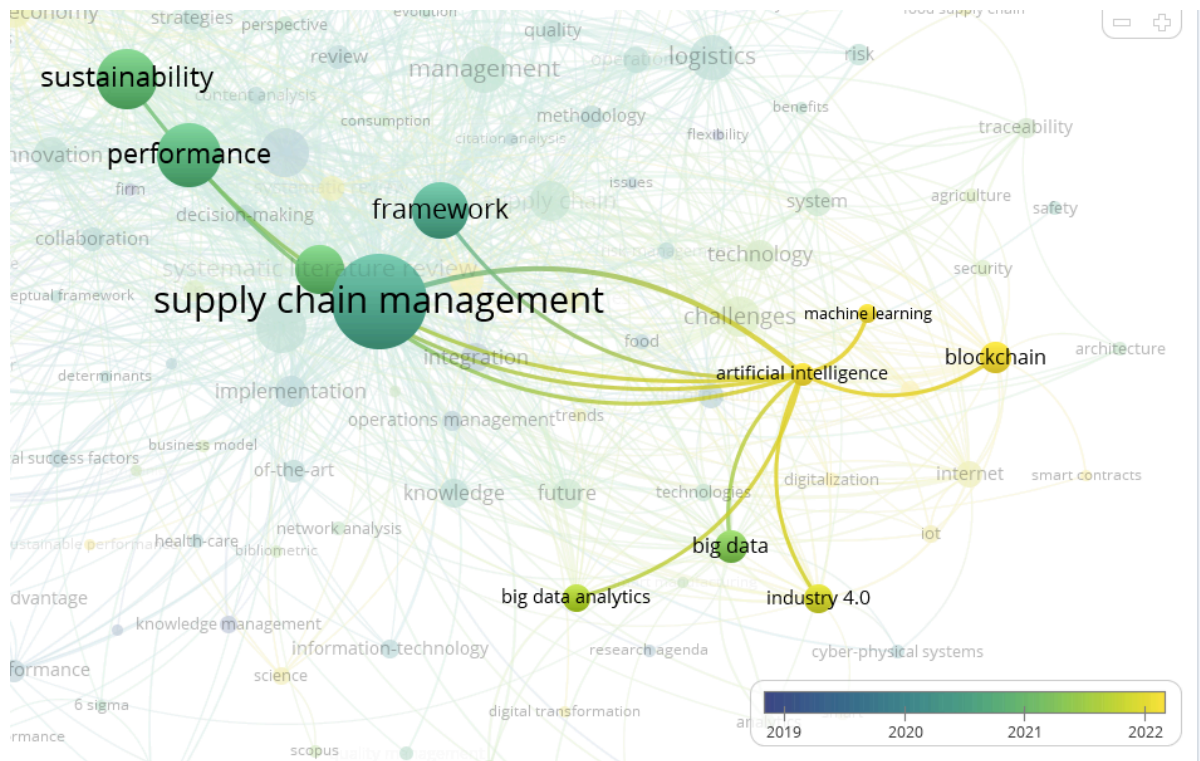
7. ábra: Overlay - A kulcsszavak időbeli megjelenítése

Forrás: Saját kutatási eredmény a VOSviewer-rel történt elemzés alapján (2024)

A kutatások nagy része az elmúlt néhány évben készült, amit a világosabb színek dominanciája is mutat. A 2019 előtti kulcsszavak inkább a kék színű területeken helyezkednek el, míg a 2021-2022-es kulcsszavak a sárga és zöld színű területeken láthatók. Jól megfigyelhető, hogy a korábbi években a kutatásokban olyan klasszikus kulcsszavak domináltak, mint a *performance*, *management*, *logistics*, *sustainability*, és a *framework*. Ezek a kulcsszavak a téma alapvető, hagyományos vonatkozásait tükrözik. Az újabb kutatásokban, különösen 2021-től kezdve megjelennek a digitális és technológiai innovációval kapcsolatos kulcsszavak, amelyet a 7. és 8. ábra is jól szemléltet, ilyenek például a *blockchain*, *big data*, *internet of things (IoT)*, *industry 4.0*, valamint a *predictive analytics*. Ezek a fogalmak jól szemléltetik a kutatások jövőbeli irányát, ahol a technológia és a digitális átalakulás kerül a középpontba a későbbiekben. A 2022-es kulcsszavak, világosan mutatják, hogy a kutatások egyre inkább a digitalizáció, adatfeldolgozás és a fenntartható fejlődés technológiai oldalára

helyezik a hangsúlyt. Ez előrevetíti a téma jövőbeli fókuszát, amely a technológiai innovációval és a fenntarthatósággal való szoros kapcsolatot erősíti meg.

A 8. ábrán jól láthatók azok a szavak, melyek a megmutatják, hogy a kutatások milyen irányba tolódnak el és mire helyezik a hangsúlyt a későbbiekben.



8. ábra: Fontosabb kulcsszavak a jövőre fókuszálva

Forrás: Saját kutatási eredmény a VOSviewer-rel történt elemzés alapján (2024)

Az alap szűrés után bővítettem a kulcsszavakat és a keresési feltételt is. A kulcsszavak a következők: Artificial intelligence, Big data, Green logistics, Internet of things, IoT, Machine learning, Predictive analytics, SCM, Supply chain management, Blockchain, Green procurement, Green supply chain management, Industry 4.0, Sustainable supply chain management, Green procurement. A keresési feltételek 2014-2024 közötti időszak, angol nyelvű Review Article és Open Access. A szűrés után összesen 21 darab cikk szerepelt, amelyből 14 volt releváns a témát illetően. A következőkben megjelent kutatásokat hasonlítom össze melyek azok a módszerek és metódusok, amelyekben mindegyik megtalálható, valamint mire fektetnek nagyobb hangsúlyt. A 7. táblázatban a megjelent publikációkat mutatja be a zöld logisztikai és digitális technológiák, innovációk témakörében.

7. táblázat: Megjelent publikációk a zöld logisztikai és digitális technológiák, innovációk témakörében

Szerzők	Publikáció címe	Kutatási terület	Hiv., WoS Core	Év
Rusch, M.; Schoegg, J.-P.; Baumgartner, R. J.	Application of digital technologies for sustainable product management in a circular economy: A review	BUSINESS STRATEGY AND THE ENVIRONMENT	96	2023
Bongomin, O.; Yemane, A.; Kembabazi, B.; Malanda, C.; Mwape, M. C.; Mpofo, N. S.; Tigalana, D.	Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art	JOURNAL OF ENGINEERING	51	2020
Tavana, M.; Shaabani, A.; Raeesi Vanani, I.; Kumar Gangadhari, R.	A Review of Digital Transformation on Supply Chain Process Management Using Text Mining	PROCESSES	36	2022
Santhi, A. R.; Muthuswamy, P.	Pandemic, War, Natural Calamities, and Sustainability: Industry 4.0 Technologies to Overcome Traditional and Contemporary Supply Chain Challenges	LOGISTICS-BASEL	26	2022
Remondino, M.; Zanin, A.	Logistics and Agri-Food: Digitization to Increase Competitive Advantage and Sustainability. Literature Review and the Case of Italy	SUSTAINABILITY	21	2022
Wang, Y.; Yang, Y.; Qin, Z.; Yang, Y.; Li, J.	A Literature Review on the Application of Digital Technology in Achieving Green Supply Chain Management	SUSTAINABILITY	17	2023
Varriale, V.; Cammarano, A.; Michelino, F.; Caputo, M.	Industry 5.0 and Triple Bottom Line Approach in Supply Chain Management: The State-of-the-Art	SUSTAINABILITY	10	2023
Alhabatab, A.; Yaqot, M.; Menezes, B.; Kerbach, L.	Transformative Procurement Trends: Integrating Industry 4.0 Technologies for Enhanced Procurement Processes	LOGISTICS-BASEL	8	2023
Labaran, M. J.; Masood, T.	Industry 4.0 Driven Green Supply Chain Management in Renewable Energy Sector: A Critical Systematic Literature Review	ENERGIES	5	2023
Patalas-Maliszewska, J.; Losyk, H.	Changes in Sustainable Development in Manufacturing in Cases of Unexpected Occurrences-A Systematic Review	SUSTAINABILITY	2	2024
Rojek, I.; Jasiulewicz-Kaczmarek, M.; Piszcz, A.; Galas, K.; Mikolajewski, D.	Review of the 6G-Based Supply Chain Management within Industry 4.0/5.0 Paradigm	ELECTRONICS	1	2024
Zrelli, I.; Rejeb, A.	A bibliometric analysis of IoT applications in logistics and supply chain management	HELIYON	0	2024
Osuna-Velarde, D. V.; Salazar-Echeagaray, J. E.; Bueno-Fernandez, M. M.; Rosado-Castellanos, D. U.; Canarte-Velez, C. R.; Baque-Cantos, M. A.; Baque-Parras, E. M.; Granados-Aya, F. A.; Cano-Vargas, A. A.; Cedeno-Ramirez, J. D.; Lemos-Tamayo, J.; Rincon-Guio, C.	The confluence of Logistics 4.0 and agribusiness: A systematic review and future directions	JOURNAL OF INFRASTRUCTURE POLICY AND DEVELOPMENT	0	2024
Khan, H. U.; Malik, M. Z.; Khan, S.	Systematic Analysis of Risk Associated with Supply Chain Operations Using Blockchain Technology	WIRELESS COMMUNICATIONS & MOBILE COMPUTING	0	2022

Forrás: Saját kutatás a WoS adatbázisa alapján (2024)

Az alábbiakban felsorolt cikkek fontos kutatási témát fednek le a digitális technológiák (például az AI, IoT és a blokklánc) alkalmazása a fenntarthatóság, az ellátási lánc menedzsment, valamint az Ipar 4.0 és 5.0 paradigmára való átállás tekintetében. A következőkben átfogó elemzést készítek a legfontosabb megállapításokról, módszertanokról és a tanulmányok közötti kapcsolatokról, különös tekintettel a mesterséges intelligencia (AI) és a digitális technológiák alkalmazásában.

Főbb összefüggések a cikkek tartalomelemzése alapján

Fenntarthatóság és körkörös gazdaság: Számos tanulmány azt vizsgálja, hogy a digitális technológiák hogyan segíthetik elő a fenntartható gyakorlatokat a körkörös gazdaság keretein belül. Rusch et al. (2023) arra összpontosít, hogy az olyan technológiák, mint a blokklánc és a mesterséges intelligencia, hogyan optimalizálhatják a termékek életciklusát, hozzájárulva a hulladék csökkentéséhez energiahatékonyság javítását és a szállítási költségek csökkentését és az erőforrás-hatékonyság javításához olyan stratégiák megvalósításával, mint az újrahasznosítás és újragyártás. A fenntartható ellátási lánc menedzsment és a zöld gyakorlatok kiemelése szintén közös téma a cikkek többségében, ami főként minden esetben a környezeti hatások csökkentésére összpontosít. A prediktív analitika előrejelzi a keresletváltozásokat, így a vállalatok gyorsabban és pontosabban reagálhatnak a piaci igényekre, minimalizálva a felesleges készletezést. Patalas-Maliszewska és Losyk (2024) tanulmánya a fenntartható fejlődést vizsgálja a váratlan események, például természeti katasztrófák és pandémiák hatásain keresztül. Az AI és a digitalizáció alkalmazása segíti a gyártási rendszerek rugalmasabbá tételét és a fenntartható fejlődési célok elérését is egyben.

Ipar 4.0 és 5.0: A cikkek mindegyike kapcsolatban áll az Ipar 4.0 koncepcióval, amely minden esetben a modern technológiák integrációját és a gyártási folyamatok átalakításával van szoros összefüggésben. Varriale et al. (2023) és Bongomin és munkatársai (2020) az Ipar 4.0-ról az Ipar 5.0-ra való váltást vizsgálják, amely a gyártás emberközpontú megközelítését foglalja magában, miközben a fenntarthatóságra, a hatékonyságra és a társadalmi jólétre összpontosít. Az Ipar 5.0-ra való átállás nagyobb hangsúlyt fektet az AI és a gépi tanulás integrációjára és a zöld logisztikai folyamatokra is, hogy intelligensebb, adaptívabb gyártási, beszerzési és szállítmányozási folyamatokat tegyenek lehetővé.

Adatelemzés és prediktív elemzés: Például Tavana et al. (2022) használja a digitális átalakulás hatásainak elemzésére az ellátási lánc kezelésében, bemutatva, hogy az AI hogyan javítja a működési hatékonyságot az összetett folyamatok automatizálásával és a prediktív elemzéssel.

Az AI valós idejű adatelemzést tesz lehetővé összetett hálózatokon keresztül, lehetővé teszi a vállalatok számára a kereslet előrejelzését, a készlet hatékonyabb kezelését és az erőforrás-felhasználás csökkentését. Wang és munkatársai (2023) az AI-t a zöld ellátási lánc kezelésében a döntéshozatal javításának eszközeként emelik ki azért, hogy nagy adatkészleteket elemezzek, hogy azonosítsák azokat a mintákat, amelyeket az emberi elemzők esetleg figyelmen kívül hagynak.

Digitális Transzformáció: Mindegyik publikáció nagy hangsúlyt fektet a digitális technológiák, mint például a mesterséges intelligencia, gépi tanulás és a Big Data analitikus szerepét az ellátási láncok menedzsmentjében. Az automatizálás egy kulcsfontosságú alkalmazása, amelyet a tanulmányok tárgyalnak. Bongomin és munkatársai (2020) szerint a mesterséges intelligencia olyan, amely automatizálja a hagyományos ipari folyamatokat, hatékonyabbá és kevésbé erőforrás-igényessé téve azokat. A blockchain technológia hozzájárul a zöld ellátási lánc átláthatóságához és nyomon követhetőségéhez. Ez különösen hasznos az olyan ágazatokban, mint az élelmiszeripar vagy a gyógyszeripar, ahol a termékek eredetének és feldolgozásának megbízható nyilvántartása kiemelt fontosságú. Az agrár-élelmiszeripari logisztika számára a digitalizáció révén csökkenthető az élelmiszerpazarlás, növelhető a fenntarthatóság, és javítható az ellátási láncok versenyképessége. Az adatalapú elemzések lehetővé teszik a pontosabb előrejelzéseket és az optimális logisztikai tervezést.

Stratégia menedzsment: A stratégiai menedzsment fontos szerepet játszik a logisztika és az ellátási lánc menedzsment közötti kapcsolatban, különösen akkor, ha a vállalatok célja a versenyképesség növelése. A két terület szorosan összefügg, mivel az ellátási lánc menedzsment (SCM) integrált folyamatokat használ a teljes logisztikai láncon belül annak érdekében, hogy az áruk, szolgáltatások és információk áramlását hatékonyan és eredményesen kezeljék. Ezzel szemben a logisztika az ellátási lánc egyik kritikus része, amely az anyagok és termékek fizikai mozgatásáért, tárolásáért, valamint a megfelelő időben történő kézbesítésért felelős.

Ellátási lánc rugalmasság és válságkezelés: A világjárványok és természeti katasztrófák kapcsán hangsúlyt kapott az ellátási láncok rugalmassága és az azonnali reagálás képessége. Az AI és a bloklánc technológiák például lehetővé teszik a gyorsabb, prediktív döntéshozatalt és a készletek hatékony kezelését, ami különösen válsághelyzetekben kulcsfontosságú.

A cikkek elemzése során az alábbi **megoldási javaslatok** születtek a zöld ellátási lánc menedzsment és mesterséges intelligencia tekintetében:

1. Rusch és társai (2023) szerint az IoT, a mesterséges intelligencia (AI), valamint az adatvezérelt rendszerek integrálása lehetővé teszik az erőforrások fenntarthatóbb felhasználását és a termékek életciklusának hatékonyabb menedzselését, mely hozzájárul a digitális technológiák és körforgásos gazdaság fejlődéséhez. A digitális transzformáció és más új technológiák segítségével jobban nyomon követhető az anyagáramlás, ezáltal támogatható a nyersanyagok újrahasznosítása és a hulladék minimalizálása, amely alapvető célja a körforgásos gazdaság előmozdításának.
2. Tavana és társai (2022) kiemelik, hogy a digitalizáció az ellátási lánc rugalmasságának növelésében is kulcsszerepet játszik, különösen az olyan válságok idején, mint a világjárványok vagy természeti katasztrófák. Az AI-vezérelt rendszerek és a blockchain technológia alkalmazása segíthet a kereslet és a kínálat pontos előrejelzésének meghatározásában, a készletek optimalizálásában, valamint az ellátási lánc átláthatóságának növekedésében.
3. Santhi és Muthuswamy (2022) kutatása hangsúlyozza az Ipar 4.0 technológiák fontosságát a vállalatok válságkezelési képességeinek javításában. Az automatizált döntéshozatal és a valós idejű adatelemzés révén a cégek gyorsabban és hatékonyabban tudnak reagálni a kihívásokra, ezáltal minimalizálva a kockázatokat és a termelési leállások következményeit.
4. Az agrár-élelmiszeripar számára Remondino és Zanin (2022) a big data és az AI alapú megoldások bevezetését javasolják, amelyek optimalizálhatják a logisztikai folyamatokat és csökkenthetik az élelmiszerpazarlást. Ezek a rendszerek segítenek az erőforrások fenntarthatóbb felhasználásában, valamint növelik az agrár-élelmiszeripari szektor versenyképességét.
5. Wang és társai (2023) a zöld ellátási lánc menedzsment előmozdítására hívják fel a figyelmet, amelynek alapja a digitális technológiák, például az AI és az IoT bevezetése. Ezek az eszközök csökkenthetik a környezeti terhelést és növelhetik az energiahatékonyságot, így hozzájárulva a fenntarthatóbb ellátási láncok kialakításához.
6. Khan és szerzőtársai (2022) kiemelik a blockchain technológia alkalmazásának fontosságát az ellátási lánc kockázatainak csökkentésére. A decentralizált és átlátható rendszerek használata lehetővé teszi a folyamatok és az adatok biztonságos követését, ezáltal csökkentve az ellátási lánc zavarainak hatásait.

4.1. Következtetések és javaslatok

Az AI és az ipar 4.0 technológiák, mint például az IoT és a blockchain, közös célt szolgálnak a fenntarthatóság és a zöld ellátási láncok elérése érdekében. Az AI lehetővé teszi az adatok folyamatos monitorozását és elemzését, míg az IoT eszközök adatokat szolgáltatnak a valós idejű döntéshozatalhoz. A blockchain biztosítja, hogy az adatok biztonságosan és átláthatóan nyomon követhetők legyenek. A modern digitális technológiák alkalmazása a vállalatok számára könnyebbé teszi a környezetvédelmi szabályozásoknak való megfelelést. A blockchain lehetőséget ad arra, hogy az összes szükséges adatot biztonságosan tárolják és osszák meg a hatóságokkal, így egyszerűsítve a nyilvántartási és jelentési folyamatokat. A mesterséges intelligencia olyan prediktív analitikai eszközöket biztosít, amelyekkel a vállalatok előrejelezhetik a kereslet változásait, optimalizálhatják az ellátási lánc folyamatait, és csökkenthetik az erőforrás-pazarlást. Ez különösen hasznos a fenntarthatóbb logisztikai és szállítási rendszerek kialakításában. Az ipar 4.0 technológiák, különösen az automatizáció és a robotizáció, hozzájárulnak a globális zöld ellátási láncok rugalmasságának növeléséhez. A vállalatok gyorsabban tudnak reagálni a piaci változásokra és a globális kihívásokra, például a pandémiára vagy a természeti katasztrófákra.

A kutatások egymást kiegészítve mutatják be, hogyan segíthetik elő a digitalizáció és az ipari innovációk a fenntarthatóságot, a rugalmasságot és a hatékonyságot. Az Ipar 4.0 és a kibontakozó technológiai eszközei, köztük a mesterséges intelligencia, az IoT, a blockchain és a digitalizáció általános alkalmazása, lehetőséget adnak az ellátási láncok stratégiai újragondolására és az olyan célok megvalósítására, mint a fenntarthatóság, az erőforrások optimalizálása és a gyorsabb reagálási képesség. Ezek a kutatások nemcsak az egyes ágazatok fejlesztésére összpontosítanak, hanem integrált megoldásokat kínálnak a globális ellátási láncok működésének javítására is.

Az ipar fejlődése nem áll meg az Ipar 4.0-nál, és az Ipar 5.0 újabb technológiai eszközöket kínál, melyek célja az emberek és gépek szorosabb együttműködésének előmozdítása a fenntarthatósági célok érdekében. Az Ipar 5.0 központi elemei, az emberközpontú megközelítés és a társadalmi jólét hangsúlyozása, arra ösztönzik a vállalatokat, hogy innovatív és zöld működési modelleket alakítsanak ki. Az intelligens szenzorok és a blockchain nyomon követhetősége különösen alkalmas arra, hogy a körkörös gazdaság elvei szerinti működést támogassa, lehetővé téve az anyagok újrahasznosítását és a hulladék csökkentését. Az Ipar 5.0 koncepciójának előretörése lehetőséget teremt a gépek és az emberi munkaerő közötti együttműködés maximalizálására, előtérbe helyezve az emberközpontú technológiákat. Ennek

következtében nemcsak a termelékenység javul, hanem a munkakörnyezet is fenntarthatóbbá és hatékonyabbá válik, amely közvetett módon hozzájárul a zöld ellátási láncok céljainak eléréséhez.

Az AI segítségével a gyártási folyamatok optimalizálhatók, lehetővé teszik a gépek és rendszerek intelligens automatizálásának folyamatát. Az algoritmusok képesek valós időben figyelni a termelési teljesítményt és az esetleges problémákat előre jelezni, így csökkentik a leállások idejét és a hibás termékek arányát is egyaránt. Ezzel a vállalatok nemcsak költségeket takaríthatnak meg, hanem a környezetre gyakorolt hatásukat is nagyban csökkenthetik. A blockchain technológia a nyersanyagok forrásának és útvonalának nyomon követésére is alkalmas. Ez lehetővé teszi, hogy a vállalatok megbízhatóbb és fenntarthatóbb szállítókkal dolgozzanak, ezzel is hozzájárulva a felelős beszerzéshez és további folyamatokhoz. Az átláthatóság biztosítása révén a vásárlók is tudatosabb döntéseket hozhatnak ennek hatására, elősegítve a fenntartható termékek keresletének növelését. Az ipar 4.0 technológiák tekintetében, különösen az IoT, segítenek a cirkuláris gazdaság koncepciójának megvalósításában. Ez csökkenti a hulladék mennyiségét, miközben maximálisan szinten kihasználja az erőforrásokat. Energiagazdálkodás tekintetében az AI és az IoT alkalmazása az energiafogyasztás optimalizálása során hatalmas kulcsszerepet játszik. Az intelligens rendszerek képesek előre jelezni az energiaigényt, és automatikusan szabályozni az energiafelhasználást a leoptimalisabb időszakokban, ezáltal csökkentve a felesleges fogyasztást és a költségeket minimalizálni.

Az integrált adatrendszerek kialakítása a vállalatok között átlátható és biztonságos adatmegosztást biztosíthat és erősítheti a vállalatok együttműködést, ezzel csökkentve az ellátási lánc megszakadásainak kockázatát. Ezen megoldások révén a vállalatok könnyebben reagálhatnak a gyorsan változó piaci igényekre és a környezeti kihívásokra. Az IoT-alapú szenzorok és az intelligens rendszerek fejlesztésével a vállalatoknak lehetősége nyílik az energiafelhasználás pontos nyomon követésére és automatikus optimalizálására. Ezáltal minimálisra csökkenthetők a felesleges energiaveszteségek, hozzájárulva az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez. A blockchain és AI-technológiák bevezetésével megvalósítható a szállítói hálózatok teljes átláthatósága. Ez lehetőséget nyújt a vállalatoknak arra, hogy fenntartható, etikus és helyi szállítókat válasszanak, ezzel csökkentve az ellátási lánc környezeti lábnyomát és elősegítve a lokális gazdaságok fejlődését.

Következtetésképpen levonható, hogy a mesterséges intelligencia és az ipar 4.0 technológiák központi szerepet játszanak a zöld ellátási lánc menedzsment nagymértékű fejlődésében. A kutatások rámutatnak arra, hogy az AI és a digitális technológiák segíthetnek a

fenntarthatósági célok elérésében, miközben növelik a hatékonyságot és a rugalmasságot az ellátási lánc minden szintjén. Ahogy a technológiai innovációk terjednek, úgy a vállalatok egyre inkább képesek lesznek fenntarthatóbb és rugalmasabb működési modellek kidolgozására, amelyek nemcsak a saját érdekeiket, hanem a társadalom és a környezet érdekeit is szolgálják.

A következő javaslatok elősegítik a fenntartható ellátási láncok fejlesztését és a mesterséges intelligencia hatékony alkalmazását a zöld logisztikai folyamatokban:

- Az energiahatékonyság növelése érdekében javasolt olyan technológiák alkalmazása, melyek csökkentik az energiafogyasztást a szállítás és raktározás során, például elektromos vagy hibrid járművek használata.
- A környezetbarát csomagolások kialakítása hozzájárul a hulladéktermelés csökkentéséhez, valamint nagyban erősíti a vállalt imázsát is. Minden esetben érdemes a beszállítói környezetvédelmi követelményeket szigorítani, hiszen a szigorúbb környezeti normákat megkövetelni a beszállítóktól, hogy az ellátási lánc minden résztvevője megfeleljen a zöld követelményeknek és elvárásoknak.
- Nagy szükség van a közeljövőben a mesterséges intelligencia alkalmazására a raktárkészlet optimalizálása, kereslet előrejelzése és útvonaltervezés szempontjából, ezáltal növelve a hatékonyságot és csökkentve a környezeti terhelést.
- A fordított logisztikai rendszerek kiépítése is egy fontos lépés, hiszen lehetővé teszik a termékek és csomagolási anyagok visszagyűjtését és újrahasznosítását, hozzájárulhat a hulladék csökkentéséhez és a zárt láncú ellátási rendszer kiépítéséhez.
- Az alacsony szénlábnymú szállítmányozási lehetőségek elengedhetetlenek, így javasolt a közlekedési módok közül a leginkább környezetbarátokat előnyben részesíteni. Ilyenek például a vasúti vagy hajózási szállítmányozást a közúti helyett, ha lehetséges.
- Az ISO 14001 környezetirányítási rendszer bevezetése egy fontos mozzanat. A rendszer bevezetése elősegítheti a vállalat környezeti teljesítményének folyamatos javítását, valamint az ügyfelek és partnerek körében való kedvező megítélését.
- Ajánlott a körforgásos gazdaság alapelveinek alkalmazása, például az anyagok visszaforgatása és újrafeldolgozása a termék életciklusának minden szakaszában.
- A Big Data elemzési rendszerének használata a nagy adatok elemzése lehetőséget adhat a fenntarthatóság növelésére a kereslet előrejelzésének finomításával, a túlkészletezés és az alulkészletezés minimalizálásával.

- Az ellátási láncban a fenntarthatóság érdekében javasolt minél több újrahasznosított alapanyag beépítése, ezáltal csökkentve a primer alapanyagok iránti igényt.
- Olyan szoftverek használata is javasolt, amelyek segítségével optimalizálható az energia- és vízfelhasználás a gyártási és logisztikai folyamatokban.
- A rendszeres auditálás révén biztosítani lehet a fenntarthatósági szabványoknak való megfelelést, ami segíti a zöld ellátási lánc célkitűzéseinek megvalósulását.
- Az ellátási lánc rugalmasságának növelése érdekében érdemes olyan rendszereket bevezetni, amelyek gyorsan alkalmazkodnak a változó piaci és környezeti feltételekhez, például a keresleti ingadozásokhoz.

Ezek a javaslatok hozzájárulhatnak a fenntartható ellátási lánc kialakításához, a vállalati hírnév javításához és a költségek csökkentéséhez is.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ellátási láncok működésének környezeti hatásai napjaink egyik kiemelt problémájává váltak, mivel a logisztikai és termelési folyamatok jelentős környezeti terhelést okozhatnak a szállítmányozás, fuvarozás, beszerzés, előállítás tekintetében. A dolgozat fő célja a zöld ellátási láncok szerepének és jelentőségének bemutatása, valamint a mesterséges intelligencia (MI) alkalmazási lehetőségeinek feltárása ezen a területen. A zöld ellátási lánc menedzsment fő célkitűzése, hogy minimalizálja a környezetre gyakorolt káros hatásokat, mind a termelési, mind a logisztikai folyamatok során, miközben fenntartja az ellátási lánc hatékonyságát és megbízhatóságát és fejlesztési folyamatokat is lehetővé tesz.

A dolgozat során szekunder kutatás alapján elemeztem a fenntartható logisztikai gyakorlatokat, és kiemeli a szállításhoz, raktározáshoz, csomagoláshoz kapcsolódó környezeti hatásokat. A primer kutatás során a Web of Science adatbázis segítségével elemeztem a témában megjelent cikkeket, melyek közül egyre nagyobb számban foglalkoznak technológiai innovációkkal (pl. blokklánc, IoT, Big Data, mesterséges intelligencia), amelyek hozzájárulnak és hozzájárulhatnak a fenntarthatóbb működéshez. A PRISMA irányelvek alkalmazásával végzett kutatás és a VOSviewer szoftver által készített kulcsszó-hálózatok alapján az MI és más technológiai megoldások elősegítik a zöld logisztikai megoldások fejlődését.

A zöld ellátási lánc megközelítése nem csupán a környezetbarát beszerzési és termelési folyamatokat összességéből tevődik össze, hanem magába foglalja a hulladék minimalizálását, az energiahatékonyság növelését és a károsanyag-kibocsátások csökkentését is. Emellett az MI-alapú technológiák, például az önvezető járművek, robotizált raktározás és az optimalizált útvonaltervezés lehetőséget adnak a logisztikai folyamatok automatizálására és hatékonyabb működtetésére.

Összességében a dolgozat kiemeli, hogy a fenntartható fejlődés érdekében az ellátási lánc menedzsmentben alkalmazott mesterséges intelligencia és környezetbarát technológiák nélkülözhetetlenek a jövőbeli gazdasági és környezeti célok eléréséhez. A vállalatok számára így a fenntarthatóság nem csupán kötelezettség, hanem versenyelőnyt is jelent, amely hosszú távon hozzájárulhat a gazdasági stabilitás fenntartásához és a környezeti hatások minimalizálásához.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Bala A. – Muñoz P. – Rieradewall J. – Ysern P. (2008): Experiences with greening suppliers. *Journal of Cleaner Production*. 16. évf. pp. 1610–1619.
2. Beamon B. M. (1999): Designing the green supply chain. *Logistics Information Management*. 12. évf. 4. sz. pp. 332–342.
3. Beamon B. M. (2005): Environmental and Sustainability Ethics in Supply Chain Management. *Science and Engineering Ethics*. 11. évf. pp. 221–234.
4. BITO (n.d.): A mesterséges intelligencia lehetőségei a logisztikában. Elérhető: <https://www.bitto.com/hu-hu/szakvelemenyt/artikel/a-mesterseges-intelligencia-lehetosegei-a-logisztikaban/> (letöltve: 2024. október 3.)
5. Bowersox D. J. – Closs D. J. – Cooper M. B. (2002): *Supply Chain Logistics Management*. McGraw-Hill Higher Education, New York, 656 p.
6. Bowersox D. J. – Closs D. J. – Cooper M. B. (2013): *Supply Chain Logistics Management*. McGraw-Hill, New York.
7. Braun R. (2015): *Vállalati társadalmi felelősségvállalás*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
8. Brundtland G. H. (1987): Report of the World Commission on Environment and Development: "Our Common Future". United Nations, New York.
9. Chen C. C. – Shih H. S. – Shyr H. J. – Wu K. S. (2012): A business strategy selection of green supply chain management via an analytic network process. *Computers and Mathematics with Applications*. 64. évf. pp. 2544–2557.
10. Chien M. K. – Shih L. H. (2007): An empirical study of the implementation of green supply chain management practices in the electrical and electronic industry and their relation to organizational performances. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 4. évf. pp. 383–394
11. Clarivate Analytics (2019): Web of Science databases. Elérhető: <https://clarivate.com/products/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-workflow-solutions/webofscience-platform/> (letöltve: 2024. október 25.)
12. Constantinovics M. – Sipos Z. (2014): *Nemzetközi üzleti technikák*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 277 p.
13. Dakov I. – Novkov S. (2008): Sustainable Supply Chain Management – Scope, Activities and Interrelations with Other Concepts. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Business and Management*, Vilnius, Lithuania, 2008. május 16–17.
14. Demeter K. – Gelei A. – Jenei I. – Nagy J. (2008): *Tevékenységmenedzsment*. Aula Kiadó, Budapest. ISBN 9789639698413
15. Dér A. – Vándorffy I. (2005): A „bővített” ellátási lánc. *Logisztikai évkönyv*. 11. évf. 50 – 58. old.
16. DHL (n.d.): *Green Logistics Toolkit*. Elérhető: <https://www.dhl.com/discover/hu-hu/logistics-advice/sustainability-and-green-logistics/dhl-green-logistics-toolkit> (letöltve: 2024. szeptember 20.)
17. Diófási-Kovács O. (2015): *A Zöld Beszerzés Sikertényezőinek vizsgálata, A zöld szempontok hazai beszerzési gyakorlatba történő integrációját támogató eszközrendszer és módszertan fejlesztése*. Doktori (PhD) értekezés, 90 p.
18. Drumwright M. E. (1994): Socially responsible organizational buying: environmental concern as a noneconomic buying criterion. *Journal of Marketing*. 58. évf. 3. sz. pp. 1–19.
19. Elkington J. (1997): *Cannibals with Forks: The Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Capstone.

20. Eltayeb T. K. – Zailani S. – Ramayah T. (2011): Green supply chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability: investigating the outcomes. *Resources, Conservation and Recycling*. 55. évf. pp. 495–506.
21. Emmett S. – Sood V. (2010): *Green Supply Chains: An Action Manifesto*. Wiley.
22. European C. (2020): A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe. 304 cikk. Elérhető: <https://edz.bib.uni-mannheim.de/edz/doku/wsa/2020/ces-2020-1189-en.pdf> (letöltve: 2024. szeptember 19.)
23. European Union (n.d.): Címkék és jelölések. Elérhető: https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/index_hu.htm (letöltve: 2024. szeptember 03.)
24. European Union (n.d.): Környezetvédelem. Elérhető: https://european-union.europa.eu/priorities-and-actions/actions-topic/environment_hu (letöltve: 2024. október 11.)
25. FuvarBLOG (2020): Környezettudatos szállítási módok – Zöld logisztika, környezetbarát szállítás. Elérhető: <https://fuvar.hu/blog/kornyeztudatos-szallitas-modok-zold-logisztika-kornyeztbarat-szallitas/> (letöltve: 2024. október 05.)
26. Garfield E. (1964): Science Citation Index—A new dimension in indexing science. *Science*. 144. évf. 3619. sz. pp. 649–654.
27. Gonçalves da Costa L. – Espíndola Ferreira J. C. – Kumar V. – Garza-Reyes J. A. (2022): Benchmarking of sustainability to assess practices and performances of the management of the end of life cycle of electronic products: a study of Brazilian manufacturing companies. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 24. évf. pp. 1173–1189.
28. Gubán M. – Gubán Á. (2023): *Fenntartható raktárkezelés autonóm drónokkal*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 131 p.
29. Harangozó G. – Csutora M. – Tátrai T. – Vörösmarty G. (2019): A zöld ellátásilánc-menedzsment fejlődése – múlt, jelen és jövő. *Vezetéstudomány - Budapest Management Review*. 50. évf. 12. sz. pp. 122–135.
30. Harms D. (2011): Environmental Sustainability and Supply Chain Management — A Framework of Cross-Functional Integration and Knowledge Transfer. *Journal of Environmental Sustainability*. 1. évf. pp. 121–141.
31. IMB (2024): What is sustainable supply chain management? IBM Topics. Elérhető: <https://www.ibm.com/topics/sustainable-supply-chain-management> (letöltve: 2024. szeptember 19.)
32. ISO 60857:2015 – Lifecycle. Elérhető: <https://www.iso.org/standard/60857.html#lifecycle> (letöltve: 2024. szeptember 22.)
33. Juhász Cs. – Koczor T. (2002): *Környezetirányítási kézikönyv az agrárium környezetirányítási vezetői és környezetvédelmi megbízottjai számára*.
34. Kálmán E. (2002): Környezetvédelmi együttműködés az ellátási láncok mentén. A Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem Környezettudományi Intézetének tanulmányai, 10. szám. BKÁE Környezettudományi Intézet, Budapest, 60 p.
35. Kovács L. – Pónusz M. – Kozma T. (2018): A zöld beszerzés stratégiai jelentősége. *Logisztika Trendek és legjobb gyakorlatok kiadvány*. 4. évf. 1. sz. pp. 28–32.
36. Kuo R. J. – Wang Y. C. – Tien F. C. (2010): Integration of artificial neural network and MADA methods for green supplier selection. *Journal of Cleaner Production*. 18. évf. pp. 1161–1170. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.03.020>
37. Life Cycle Assessment (LCA) Basics. Elérhető: <https://pre-sustainability.com/articles/life-cycle-assessment-lca-basics/> (letöltve: 2024. szeptember 15.)

38. LOGISZTIKA (2011): Zöldebb és ésszerűbb szállítványozási logisztikai megoldások. Elérhető: <https://logisztika.com/zöldebb-és-ésszerűbb-szállítványozási-logisztikai-megoldások/> (letöltve: 2024. október 22.)
39. McKinnon A. – Browne M. – Whiteing A. – Piecyk M. (2015): *Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics*. Kogan Page, London, 272 p.
40. Mihály Zs. – Lelkes Z. – Dósa T. (2019): *Logisztikai alapismeretek*. Neumann János Egyetem, Kecskemét, 121 p.
41. Monczka R. M. – Handfield R. B. – Giunipero L. C. – Patterson J. L. (2015): *Purchasing and Supply Chain Management*. Cengage Learning, Boston, 859 p.
42. Mosonyiné Ádám G. (2008): Inverz logisztikai láncok működése és optimalizálási szintjei. *EU Working Papers*. 1/2008, pp. 118–130.
43. Murphy P. R. – Poist R. F. – Braunschweig C. D. (1994): Management of environmental issues in logistics: current status and future potential. *Transportation Journal*. 34. évf. 1. sz. pp. 48–56.
44. Nielsen I. E. – Banaeian N. – Golińska P. – Mobli H. – Omid M. (2014): Green Supplier Selection Criteria: From a Literature Review to a Flexible Framework for Determination of Suitable Criteria. In: Golinska, P. (Ed.), *Logistics Operations, Supply Chain Management and Sustainability, EcoProduction*. Springer International Publishing, pp. 79–99.
45. Ninlawan C. – Seksan P. – Tossapol K. – Pilada W. (2010): The implementation of green supply chain management practices in electronics industry. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists*, 2010, Vol. III, Hong Kong.
46. Page M. J. – McKenzie J. E. – Bossuyt P. M. – Boutron I. – Hoffmann T. C. – Mulrow C. D. – Shamseer L. – Tetzlaff J. M. – Akl E. A. – Brennan S. E. – Chou R. – Glanville J. – Grimshaw J. M. – Hróbjartsson A. – Lalu M. M. – Li T. – Loder E. W. – Mayo-Wilson E. – McDonald S. – McGuinness L. A. – Stewart L. A. – Thomas J. – Tricco A. C. – Welch V. A. – Whiting P. – Moher D. (2021): The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 372. évf. n71.
47. Régens vámprogram (2020): Zöld logisztika – Digitális megoldások a fenntarthatóságért. Elérhető: <https://www.vamprogram.hu/hu/-/zold-logisztika-digit> (letöltve: 2024. szeptember 22.)
48. Reisinger D. – Reisinger V. – Nagy J. (2022): A mesterséges intelligencia és a digitalizáció hatása a logisztikai munkakörökre – Veszélyben vannak-e a munkahelyek? *Vezetéstudomány - Budapest Management Review*. 53. évf. 8–9. sz. pp. 103–110.
49. Rogers D. S. (2011): Sustainability is free – The case for doing the right thing. *Supply Chain Management Review*. pp. 10–17.
50. Sarkis J. – Dou Y. (2017): *Green Supply Chain Management. A Concise Introduction*. Routledge, 188 p.
51. Sarkis J. (2012): A boundaries and flows perspective of green supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*. 17. évf. 3. sz. pp. 202–216.
52. Schnell J. D. (2018): Web of Science: The first citation index for data analytics and scientometrics. In: Cantú-Ortiz, F. J. (Ed.), *Research Analytics: Boosting University Productivity and Competitiveness Through Scientometrics*. Taylor & Francis, Boca Raton, FL, pp. 15–29.
53. Sebhatu S. P. – Enquist B. (2007): ISO 14001 as a driving force for sustainable development and value creation. *The TQM Magazine*. 19. évf. 5. sz. pp. 468–482.

54. Seuring S. – Müller M. (2008): From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*. 16. évf. 15. sz. pp. 1699–1710.
55. Seuring S. (2004): Industrial ecology, life cycles, supply chains – differences and interrelations. *Business Strategy and the Environment*. 13. évf. 5. sz. pp. 306–319.
56. Silver E. A. – Pyke D. F. – Peterson R. (1998): *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. John Wiley & Sons, New York.
57. Simpson D. – Samson D. (2008): Developing Strategies for Green Supply Chain Management. *Decision Line*. pp. 12–15.
58. Srivastava S. K. (2007): Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*. 9. évf. 1. sz. pp. 53–80.
59. Srivastava S. K. (2008): Network design for reverse logistics. *Omega*. 36. évf. pp. 535–548.
60. Veres P. (2023): Mesterséges intelligencia kiválasztása és felhasználási lehetőségei a logisztika területén. *Multidiszciplináris Tudományok*. 13. évf. 1. sz. pp. 32.
61. Veres Z. – Szerb L. (2016): *Logisztikai döntések fókuszában a disztribúció*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
62. Vörösmarty Gy. – Tátrai T. (2010): *Beszerezés (Stratégia, folyamatok, információ)*. Complex Kiadó, Budapest, 22 p.
63. Walker H. – Di Sisto L. – McBain D. (2008): Drivers and barriers to environmental supply chain management practices: Lessons from the public and private sectors. *Journal of Purchasing and Supply Management*. 14. évf. 1. sz. pp. 69–85.
64. World Benchmarking Alliance (2024): 2022–2024 Nature Benchmark. Elérhető: <https://www.worldbenchmarkingalliance.org/research/2022-2024-nature-benchmark/> (letöltve: 2024. október 27.)
65. Yıldız S. Y. – Tosun N. (2021): Sosyal Pazarlama Literatüründe Sağlık Hizmetlerinin Gelişimi. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi*. 7. évf. 3. sz. pp. 713–725.
66. Zhu Q. – Sarkis J. – Geng Y. (2005): Green supply chain management in China: Pressures, practices and performance. *International Journal of Operations & Production Management*. 25. évf. 5. sz. pp. 449–468. In: Vörösmarty Gy. (2015): *Zöldbeszerzési gyakorlat egy hazai felmérés eredményei tükrében*. Logisztikai évkönyv, Magyar Logisztikai Egyesület, pp. 190–199.
67. Zsidisin G. A. – Siferd S. P. (2001): Environmental purchasing: A framework for theory development. *European Journal of Purchasing & Supply Management*. 7. évf. pp. 61–73.