

LOGISZTIKAI

TRENDEK ÉS LEGJOBB GYAKORLATOK

X. évfolyam 1. szám 2024. június



A logisztikai szektor optimalizálása

Fókuszban a generációváltás



BI-KA

LOGISZTIKA

Cégismertető számokban

Bizalom, Biztonság, BI-KA

Több mint 25 év
szakmai tapasztalat

ISO 9001:2008
Minőségirányítási
rendszer

100 db saját
tehergépjármű

1,6 km
hosszú iparvágány
hálózat

Közel 200
magasan kvalifikált
és tapasztalt
munkatárs

AEO
tanúsítvány

Tagság 10 szakmai
szervezetnél

1.200 állandó partner

100 %

100 %-ban magyar
tulajdonú vállalat

200 db szerződött
alvállalkozói
gépjármű flotta

14.000 m² fedett
tárolóterület

23000000
Évente több mint
23 millió megtett
kilométer

6 év alatt
12 elismerés

Évente több mint
36.000 fuvarfeladat
teljesítése

Évente több mint
685.000 tonna
szállítmány

ISO 14001
Környezetirányítási
rendszer



Szállítmányozás



Szaktanácsadás



Raktárlogisztika



Vasút



Szállítmánybiztosítás



BI-KA Logisztika Kft.

Telefon: +36 56 524 050

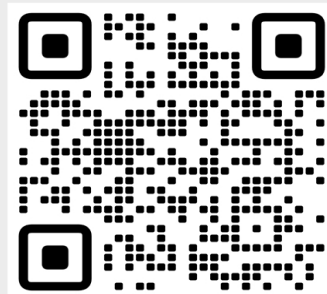
Email: info@bi-ka.hu

H-5000 Szolnok, Városmajor út 23.

H-5000 Szolnok, Tószegi út 2.

H-1146 Budapest, Thököly út 116.

www.bikalogisztika.hu



Kritikus közlekedési infrastruktúrák ellenálló képessége

Dr. Jámor Zsófia

egyetemi adjunktus

Budapesti Corvinus Egyetem

E-mail: zsofia.jam@uni-corvinus.hu

Absztrakt

Az elmúlt évek eseményei kihívások elé állították világunkat, társadalmunkat, gazdaságunkat, a különböző iparágakat, ellátási láncokat, vállalatokat. Az értékteremtő folyamata során a nyersanyagok, félkész termékek, és késztermék jelentős része a közúti infrastruktúrán keresztül jut el a sorban következő felhasználási ponthoz. Ezért kijelenthető, hogy a közúti közlekedési infrastruktúra megfelelő működése és elfogadható szintű rugalmassága kiemelkedő jelentőséggel bír. A közúti infrastruktúra rugalmasságát mérő reziliencia index áll jelen tanulmány fókuszában. A dolgozat először bemutatja egy ország kritikus közúti közlekedési infrastruktúrájának reziliencia indexére vonatkozó elméleti keretét azáltal, hogy definiálja a sebezhetőség, az expozíció, a fogékony-ság és a megküzdési képesség fogalmakat, ezek között fellelhető összefüggéseket. Az index alkalmas egy választott régió vagy országcsoporthoz (pl. EU) kritikus közúti infrastruktúrájának ellenálló képességéről képet adni rangsoroláson keresztül.

Abstract

The events of the past few years have challenged our world, our society, our economy, our various industries, supply chains and companies. In the process of value creation, a significant part of raw materials, semi-finished and finished products is transported via road infrastructure to the next point of use. It can therefore be said that the proper functioning and an acceptable level of resilience of road transport infrastructure is of high importance. The focus of this study is on the resilience index measuring the resilience of road infrastructure. The paper first presents a theoretical framework for the resilience index of a country's critical road transport infrastructure by defining the concepts of vulnerability, exposure, susceptibility and coping capacity and the inter-relationships between them. The index can provide a picture of the resilience of the critical road infrastructure of a selected region or group of countries (UE) through a ranking.

Kulcsszavak:

kritikus közlekedési infrastruktúra, sebezhetőség, kitettség, megküzdési képesség, reziliencia index

Keywords:

critical transport infrastructure, vulnerability, exposure, coping capacity, resilience index

DOI: 10.21405/logtrend.2024.09.1.34

1. Bevezetés

Az elmúlt évek eseményei (járvány, háború, természeti katasztrófák stb.) kihívások elé állították világunkat, társadalmunkat, gazdaságunkat, a különböző iparágakat, ellátási láncokat és vállalatokat (Bögel, 2020; Lévai, 2019), az ellátási láncok kitettsége tehát növekedett (Gurtu – Johny, 2021). A COVID-19 világjárvány megjelenését követően a világ kitüntetett figyelmet fordított az ellátási láncokra, hiszen az ellátási láncok megszakadásának következményei világsszerte hatással voltak a társadalom tagjaira. A világjárvány rávilágított a hagyományos ellátórendszerek eredendő érzékenységre az ilyen nagy mértékű zavarok esetén (Cinar, 2023; Pournader et al., 2020). Az ellátási láncok egyes szereplői között, az értékteremtő folyamat megvalósulása során az anyagáramlás (nyersanyagok, félkész termékek, késztermékek) jelentős része a közúti infrastruktúrán keresztül jut el a sorban következő felhasználási ponthoz (Lévai, 2020; Lévai – Albert, 2022). Így

az ezt érintő negatív hatások, zavarok kitétté teszik nem csak magát a közlekedési infrastruktúrát, hanem az azt használó ellátási láncot, köztük az adott ellátási lánc szereplőit (Sheffi – Rice, 2005). Nem újkeletű jelenség fent jelzett különböző negatív eseményeknek, zavaroknak a kezelése (Abonyi Palotás – Kecskeméti, 2020), ezen kihívások mindig is érték és várhatóan mindig is fogják érinteni a társadalmat. Hogy ezek fizikai elemek vagy éppen virtuális események formájában, de folyamatos figyelmet igényelnek. A kritikus infrastruktúrák védelme, biztonságának növelése tehát kiemelkedő jelentőséggel bír (Király – Pataki, 2013; Ani et al., 2023; Mead, 2022).

A kritikus infrastruktúra általában olyan elemeket foglal magában, amelyek elengedhetetlenek a társadalom működése és biztonsága szempontjából (Janeckova, 2023; Bonnyai, 2019). Ezek lehetnek az energiaellátás, a víz- és csatornahálózatok, a különböző egészségügyi intézmények és telekommunikációs rendszerek, továbbá az informatikai infrastruktúra (Horváth,

2013a; Fang – Sansavini, 2019).

A kritikus szállítási infrastruktúra pedig azokat az infrastruktúraelemeket foglalja magában, amelyek egyrészt a szállítással, közlekedéssel kapcsolatosak, másrészt kritikusak a társadalom működése, biztonságának fenntartása szempontjából (Horváth – Lévai, 2021). Ide tartoznak az egyes szállítási módokhoz köthető olyan közlekedési rendszerek, mint a közúti szállítást, közlekedést jelentő utak, úthálózat, autópályák, a kötött pályán megvalósuló mozgatót jelentő vasúthálózatok, a légiforgalmat támogató repülőterek, a vízi szállítást, közlekedést lehetővé tevő kikötők, valamint a csővezetékes szállítás keretét adó csővezeték hálózatok. Azért nevezzük őket kritikusnak, mert nélkülözhetetlenek nemcsak az anyagáramlás, de a munkaerő mozgatásához, mozgásához, és ezek a kritikus szállítási infrastruktúrák használhatók különböző válságok vagy katasztrófák idején történő segítségnyújtáshoz is. (Horváth, 2013b, Király – Pataki, 2013). A létfontosságú rendszerelemek nélkülözhetetlenek a tár-

sadalom alapvető feladatainak ellátásához, és szoros összefonódásuk miatt egyetlen elem sérülése több másik működésére is kihatással lehet (Mógor – Angyal, 2022). Ilyen értelemben tehát a kritikus infrastruktúra a legrágabb fogalom (Pursiainen, 2018), amely magában foglalja a kritikus szállítási infrastruktúrákat, ezen belül is szűkebb fogalmaz jelent a kritikus közúti infrastruktúra, amely jelen tanulmány vizsgálati fókuszában áll. Jelen tanulmány célja értelmezését adni a reziliencia fogalmának a közúti infrastruktúrákat vizsgálatában. Miként azonosíthatóak a kritikus közúti infrastruktúra ellenálló képességét jelentő legfőbb befolyásoló tényezők? Milyen összefüggés azonosítható ezen tényezők és a kritikus közúti infrastruktúra között?

A tanulmány felépítése a következő. A bevezető sorokat követően az elméleti fejezetben a feltett kutatási kérdéshez kötődő legfontosabb fogalmakat és a közöttük fennálló kapcsolatot definiálja, úgy, mint sebezhetőség, kitettség, megküzdési képesség, ellenálló képesség, reziliencia index. Ezt követően a reziliencia indexet alkotó változók kerülnek meghatározásra, valamint bemutatásra egy konkrét időszak és konkrét országcsoport esetében. Az itt kapott eredmények elemzését követően pedig a tanulmány az összegző gondolat-sorral zárul.

2. Elméleti keret

A reziliencia vagy más néven ellenálló képesség fogalmához számos más koncepció is szorosan kapcsolódik (Harrop – Matteson, 2014). Ezek gazdálkodástudomány területén többnyire a kockázat-menedzsment szakirodalomból eredő fogalmakat jelentenek (White et al., 2004). A kockázat-menedzsment szakirodalom alapján, benne a kockázat fogalmának meghatározását Markowitz (1952) fektette le portfólió elemzés munkájában. Eszerint a befektetés során kialakított portfóliónál a kiegyensúlyozást kell, hogy találjon az a nyereség, amely jutalomként a vállalt kockázattért jár. Erre a várakozástól való eltérésre utal a kockázat ISO 31000:2018 szerinti megfogalmazása is, miszerint a kockázat nem más, mint „a bizonytalanság hatása a célokra” (ISO Org, 2018). A gazdálkodástudományi és benne az el-látásilánc-menedzsment irodalomban is konkrétan megfogalmazva viszont a kockázat nem más, mint olyan 0 és 100%

közötti bekövetkezési valószínűségű esemény (hiszen a biztosan nem, valamint a biztosan bekövetkező esemény sem tekinthető kockázatnak), ami a teljesítmény negatív irányú eltérését jelenti az előzetes várakozásoktól. A kockázat bekövetkezésekor tehát az adott vállalat, ellátási lánc, érintett szereplő valamilyen hiányban, károsodásban, kárban, veszteségben (legyen az gazdasági, társadalmi vagy erkölcsi), negatív teljesítményben megjelenő változást észlel működése során.

A „kitettség” fogalma különböző kontextusokban értelmezhető. Ez az értelmezés függ az alanytól (egyén, élőlény, vállalat, iparág, ország, biológiai rendszer stb.) a tudományterületről (biológia, gazdasági, menedzsment, környezetgazdaság, szociológiai stb.) vagy az érintett tényezőktől. Ha gazdasági, vagy menedzsment szempontból nézzük, az alábbiak szerint definiálható. Gazdasági értelemben a kitettség arra utal, hogy egy egyén, vállalat, ellátási lánc, iparág mennyire van kitéve bizonyos kockázatoknak vagy olyan változó tényezőknek, amelyek hatással lehetnek az üzleti tevékenységekre vagy pénzügyi helyzetre. Ez magában foglalhatja a piaci változásokat, árfolyam-ingadozásokat, kamatváltozásokat vagy más olyan tényezőket (legyenek azok pl. környezeti tényezők), amelyek befolyásolhatják ezen szereplők jövedelmét, pénzügyi helyzetét vagy normál működési körülményeit. Menedzsment szempontból pedig a kitettség fogalma arra utal, hogy mennyire kitétt egy vállalat vagy ellátási lánc bizonyos kockázatokkal vagy kihívásokkal szemben. Ez a kockázat lehet pénzügyi, működési, stratégiai vagy egyéb jellegű. A Disaster Reduction Institute (UNISDR, 2009) által megfogalmazott definíció szerint a kitettség nem más, mint „a veszélyzónákban lévő emberek, vagyontárgyak, rendszerek vagy egyéb elemek, amelyek ezáltal potenciális veszteségeknek vannak kitéve”.

A kitettség mellett, amely valakire vagy valamire irányul, és erősen kötődik a kockázatokhoz, megkülönböztetendő az állapotról vagy jellegtől, amelyet inkább a fogékonysággal írhatunk le. A „fogékonyság” Molarius et al. (2014) és Leviakangas és Aapaoja (2015) szerint „az az állapot vagy jelleg, hogy képes valamilyen káros hatás befogadására, befogadására, elszívására, vagy annak hatása alá kerülni”. Tehát, amennyiben infrastruktúráról van

szó, egy fejlettebb infrastruktúra kevésbé mondható fogékonynak a negatív hatások befogadására, elszívására.

Amikor egy kockázat már nem valószínűséget, lehetséges eseményt jelöl, hanem bekövetkezik a zavaró esemény és az adott egyén, entitás, rendszer reagál erre, megjelenik a „megbirkózási képesség” fogalma. Ugyancsak a Disaster Reduction Institute (UNISDR, 2009) fogalmát idézve a megbirkózási képesség nem más, mint „az emberek, szervezetek és rendszerek azon képessége, hogy a rendelkezésre álló készségeket és erőforrásokat a kedvezőtlen körülményekkel, vészhelyzetekkel vagy katasztrófákkal való szembenézés és azok kezelése érdekében használják fel.”

Fenti meghatározásokból levezethető, hogy a „sebezhetőség” fogalma a kitettség, a fogékonyság és a megbirkózási képesség kombinációjában keresendő. A sebezhetőség fogalma ugyanis átfogóan jellemzi az egyén, entitás, rendszer kitettségét, fogékonyságát és megbirkózási képességét negatív hatások, pl. egy zavar bekövetkezésekor (Fekete et al., 2017). A Disaster Reduction Institute (UNISDR, 2009) meghatározása alapján ugyanis a „sebezhetőség a közösség, a rendszer vagy az eszköz azon jellemzői és körülményeit jelentik, amelyek érzékennyé teszik azt egy veszély károsító hatására”. A cél tehát nem lehet más a kritikus infrastruktúrák védelme esetében, mint a sebezhetőség elhárítása, csökkentése, minimalizálása.

Végig gondolva a korábbi fogalmakat, belátható, hogy maga az ellenálló képesség, azaz a „reziliencia” pedig a sebezhetőséggel éppen ellentétes kapcsolatban álló fogalom (Walker – Cooper, 2011; Osei-Kyei et al., 2021, Rehak et al., 2019). Hiszen, ami kevésbé sebezhető, az ellenállóbb, ami sebezhetőbb, az kevésbé ellenálló, kevésbé rugalmasan tud reagálni az őt érő eseményekre, azokra való reagálásra. Az alanya ebben az esetben is lehet egyén, egy szervezet, vagy akár egy egész rendszer. Holling (1973) megfogalmazása alapján a reziliencia nem más, mint „a rendszerek állandóságát és azon képességét méri, hogy képesek elviselni a változásokat és zavarokat, és továbbra is fenntartani a populációk vagy állapotváltozók közötti azonos kapcsolatokat”. Összefoglalásképpen az alábbi táblázat mutatja a rezilienciával kapcsolatos legfontosabb fogalmak definícióit.

Fogalom	Definíció	Szerző(k), évszám
kockázat	a bizonytalanság hatása a célokra	ISO 31000:2018, ISO Org (2018)
kitettség	a veszélyzónákban lévő emberek, vagyontárgyak, rendszerek vagy egyéb elemek, amelyek ezáltal potenciális veszteségeknek vannak kitéve	UNISDR, 2009
fogékonyság	állapot vagy jelleg, hogy képes valamilyen káros hatás befogadására, befogadására, elszívására, vagy annak hatása alá kerülni	Leviakangas és Aapaoja (2015)
megbirkózási képesség	az emberek, szervezetek és rendszerek azon képessége, hogy a rendelkezésre álló készségeket és erőforrásokat a kedvezőtlen körülményekkel, vészhelyzetekkel vagy katasztrófákkal való szembenézés és azok kezelése érdekében használják fel.	UNISDR, 2009
sebezhetőség	sebezhetőség a közösség, a rendszer vagy az eszköz azon jellemzői és körülményeit jelentik, amelyek érzékenyebbé teszik azt egy veszély károsító hatására	UNISDR, 2009
reziliencia	a rendszerek állandóságát és azon képességét méri, hogy képesek elviselni a változásokat és zavarokat, és továbbra is fenntartani a populációk vagy állapotváltozók közötti azonos kapcsolatokat	Holling, 1973

1. táblázat: A tanulmányban használt fogalmak gyűjteménye

Forrás: Saját szerkesztés

3. Módszertan

A módszertani fejezet első részében a szakirodalmi elemzésben bemutatott fogalmak kritikus szállítási infrastruktúrára történő értelmezése következik, majd az ezekhez használt adatbázisok rövid bemutatása.

A kritikus közúti infrastruktúra (Liu – Song, 2020) kitettsége azt jelenti, hogy maga az a közúti szállítási rendszer olyan veszélynek van kitéve, amelynek következtében részben vagy teljesen egészében megsérülhet, megsemmisülhet. Emiatt pedig az áruellátás folyamata sérül, veszélyeztetve az értéketermelő folyamat folytonosságát. Fogékonyság értelmezése egy kritikus közúti infrastruktúra esetén arra utal, hogy maga a közúti infrastruktúra milyen mértékben képes egy adott veszélyhelyzet, káros esemény, zavar hatását elszívni, befogadni, elkapni. Azt követően pedig, hogy bekövetkezik

egy ilyen zavar, amely negatív irányú eltérést fog okozni a teljesítményben, normál működés lefolytatásában, mennyire képes kezelni a következményeket, visszatérni a normál működésbe. Hazai városok reziliencia indexét vizsgálta munkájában Nagy et al. (2022) és Sebestyén Szép et al. (2020), de tágabb kontextusban, mint jelen tanulmány célja.

Mindezek alapján, felhasználva Yang et al. (2023), Molarius et al. (2014), White et al. (2005) és Molarius et al., 2014 munkáját, és azt alkalmazva a kritikus infrastruktúrára elmondható, hogy egy kritikus közúti infrastruktúra sebezhetősége nem más, mint a kitettség és a fogékonyság szorzata, osztva a megbirkózási képességgel (1):

$$\text{Sebezhetőség} = (\text{Kitettség} \times \text{Fogékonyság}) / \text{Megbirkózási képesség} \quad (1)$$

Azaz, a kitettség és a fogékonyság egyenes arányosságban, a megbirkózási képesség fordított arányban áll a sebezhetőséggel. A rezilienciát pedig egy kritikus közúti infrastruktúra rugalmasságának értelmezzük. Azaz, hogy mennyire képes, alkalmas az adott infrastruktúra egy nem kívánt negatív esemény bekövetkezésekor arra, hogy a káros hatások ne mozgítsák ki egyensúlyi állapotából. Ha kimozdították egyensúlyi állapotából ezek a negatív hatások, akkor a legrövidebb idő alatt térjen vissza eredeti egyensúlyi állapotába vagy kerüljön át egy másik egyensúlyi állapotba.

$$\text{Reziliencia} = 1 / \text{Sebezhetőség} = \text{Megbirkózási képesség} / (\text{Kitettség} \times \text{Fogékonyság}) \quad (2)$$

Változó neve	Változó leírása	Változó tartalma	Az adat forrása
Kitettség	közúti teljesítmény	(millió gépjármű - km) x népsűrűség (fő/km ²)	Eurostat adatbázis
Fogékonyság	infrastruktúra minőség mutató	1-7 skálán a GVR „infrastruktúra” pillére (általános infrastruktúra minőség és az utak minősége alapján)	Globális Versenyképességi Ríport (GVR)
Megbirkózási képesség	GDP / fő	GDP / fő / év (USD-ban)	Világbank adatbázis

2. táblázat: A sebezhetőség, reziliencia indexhez felhasznált változók

Forrás: Saját szerkesztés

A sebezhetőség (1) és a reziliencia (2) között tehát azonosítható az ellentétes viszony. Hiszen, ha csökkentjük egy kritikus közúti infrastruktúra sebezhetőségét, akkor az ellenállóképessége javul egy negatív esemény bekövetkeztekor, és ugyanígy fordítva is.

A tanulmány bevezetésében megfogalmazott cél, hogy fenti sebezhetőség vs reziliencia indexet példán keresztül vizsgálni egy adott régióra. A vizsgálatra az EU került kiválasztásra, az egyes tagállamok kritikus közúti infrastruktúrájának összehasonlítása a reziliencia index eredmények által. Az elemzést az EU28 tagállamára két évre, 2013-ra és 2019-re végeztem el, az egyes változók adatforrása az Eurostat, a Globális Versenyképességi Riport és a Világbank adatbázisai voltak.

Az indexhez felhasznált kitettség változójaként a közúti teljesítményként került definiálásra. Ennek forrása egyrészt a megtett gépjármű-km, másrészt egy adott ország népsűrűsége. Előbbi esetben millió gépjármű-km adatokat, utóbbi esetben pedig a népsűrűség adatokat gyűjtöttem, mindkét esetben az Eurostat adatbázisból kinyerhető adatokkal. Belátható, hogy minél magasabb egy országban a jármű-km érték, annál inkább kitettségnek minősíthetünk egy kritikus közúti infrastruktúrát, hiszen a negatív esemény bekövetkeztekor az okozott hatásokat, a negatív következményeket, károkat nehezebben tudja magába szívni. Valamint minél sűrűbben lakott egy ország, szintén annál inkább ki van téve annak, hogy adott infrastruktúrát érintő károk negatív hatásai,

következményei komolyabban érintik.

A fogékonyság változó vizsgálatokor meg kell vizsgálni, hogy milyen az adott infrastruktúrának az állapota. Nyilvánvalóan egy jó állapotban lévő infrastruktúra kevésbé sebezhető egy rossz állapotban lévő infrastruktúrához képest. Ha végig tekintünk az EU tagállamain, eltérő infrastrukturális színvonallal találkozhatunk. A fogékonyság értelmezését ebben az elemzésben egy adott ország meglévő szállítási infrastruktúrájának minőségével írhatjuk le, aminek meghatározásához a Globális Versenyképességi Riportból kinyerhető információt vettem alapul. Egyrészt figyelembe vettem az infrastruktúra általános állapotára kapott értékeket, másrészt kifejezetten a közúti infrastruktúra megítélését jelző értékeket. Ezeket

Sebezhetőség index	2013	2019	Reziliencia index	2013	2019
Ausztria	0,0234	0,0156	Ausztria	42,67	64,00
Belgium	0,0938	0,1406	Belgium	10,67	7,11
Bulgária	0,2500	0,1250	Bulgária	4,00	8,00
Ciprus	0,0156	0,0234	Ciprus	64,00	42,67
Csehország	0,3164	0,3164	Csehország	3,16	3,16
Dánia	0,0313	0,0156	Dánia	32,00	64,00
Egyesült Királyság	0,3750	0,2500	Egyesült Királyság	2,67	4,00
Észtország	0,0352	0,0234	Észtország	28,44	42,67
Finnország	0,0156	0,0313	Finnország	64,00	32,00
Franciaország	0,1250	0,1250	Franciaország	8,00	8,00
Görögország	0,2109	0,2813	Görögország	4,74	3,56
Hollandia	0,0469	0,0469	Hollandia	21,33	21,33
Horvátország	0,0625	0,0625	Horvátország	16,00	16,00
Írország	0,0156	0,0313	Írország	64,00	32,00
Lengyelország	1,0000	0,7500	Lengyelország	1,00	1,33
Lettország	0,0625	0,0625	Lettország	16,00	16,00
Litvánia	0,0703	0,0703	Litvánia	14,22	14,22
Luxemburg	0,0078	0,0117	Luxemburg	128,00	85,33
Magyarország	0,4219	0,4219	Magyarország	2,37	2,37
Málta	0,0938	0,0625	Málta	10,67	16,00
Németország	0,1250	0,1250	Németország	8,00	8,00
Olaszország	0,3750	0,3750	Olaszország	2,67	2,67
Portugália	0,1055	0,0703	Portugália	9,48	14,22
Románia	0,5000	0,7500	Románia	2,00	1,33
Spanyolország	0,1250	0,1250	Spanyolország	8,00	8,00
Svédország	0,0703	0,0352	Svédország	14,22	28,44
Szlovákia	0,2813	0,2813	Szlovákia	3,56	3,56
Szlovénia	0,0352	0,0703	Szlovénia	28,44	14,22

3. táblázat: A sebezhetőség és reziliencia index értékek alakulása 2013-ban és 2019-ben

Forrás: Saját szerkesztés

az ismérveket a megkérdezettek GVR-ban 1-7-ig terjedő skálán értékelték.

A megbirkózási képesség esetén pedig azt az egyszerű összefüggést vettem figyelembe, hogy minél magasabb egy ország egy főre eső GDP értéke, annál inkább meg tud birkózni egy bekövetkezett negatív esemény következményeivel, okozott hatásaival. Ehhez a Világbank adatbázisában rendelkezésre álló információkat vettem alapul, az értékeket USD-ban gyűjtöttem össze.

Az egyes változók operacionalizálását mutatja összefoglalásképpen a 2. táblázat.

Az egyes változókhoz tartozó értékek 2013 és 2019 évekre történő gyűjtése és kiszámolását követően minden egyes változónál (kitettség, fogékonyság, megbirkózási képesség) rangsort készítettem, majd a rangsort negyedekre (Q1-Q4) bontottam, minden negyedbe 7-7 tagállam kapott helyet, 0,25, 0,5, 0,75 és 1 értékeket rendeltem a negyedekhez. Ezen értékek szorzata alapján került kiszámolásra a sebezhetőség és a reziliencia index.

Fontos azonban tisztázni, hogy miként kerültek negyedekbe sorolásra az egyes tagállamok. A kitettségnél a Q1 negyedbe esett az a 7 tagállam, ahol a legalacsonyabb a gépjármű km és népsűrűség szorzata, azaz a legkevésbé sűrűn lakott országról van szó, a legalacsonyabb megtett gépjármű-km értékekkel. Hiszen az ilyen országok kevésbé sebezhetőek, kevésbé sűrűek az utak, kevésbé lakott országokról van szó, ami csökkenti a sebezhetőséget. A fogékonyság esetében úgy definiáltuk, hogy milyen a meglévő infrastruktúra, közúti infrastruktúra minősége. Vagyis, minél magasabb az adott ország infrastruktúrájának a színvonala, annál kevésbé sebezhető. Így a Q1 negyedbe (azaz 0,25 értéket rendelve) azokat az országokat soroltam, akik a legmagasabb pontszámot kapták a GVR infrastruktúra pillérére kapott eredményei alapján. A megbirkózási képesség esetében megállapítható, hogy minél magasabb ez az érték, azaz minél magasabb az egy főre eső GDP, annál kevésbé sebezhető egy ország. A negyedekbe sorolásnál viszont, ha a Q1-be a legmagasabb GDP / fő eredményrel rendelkező tagállamok kerülnek besorolásra, módosítani kell a kiinduló képletet. Ez a korábban Molarius et al. (2014), Leviakangas – Aapaaja (2015) és Leviakangas et al. (2013) alapján bemutatott sebezhetőségi index átalakítható az alábbiak szerint:

$$\text{Sebezhetőség} = \text{Kitettség} \times \text{Fogékonyság} \times \text{Megbirkózási képesség} \quad (3)$$

Az alkalmazott módszer számos korláttal rendelkezik. Egyrészt a változók definíálásának és az adatok forrásának megváltoztatásával módosul magának a sebezhetőségnek az értelmezése. Másrészt az egyes változók-nál használt rangsorolás a vizsgálat alá került országokról kialakított kép árnyaltságát csökkenti (hiszen csak adott értékeket vehet fel 0,25 és 1 között). Továbbá, a sebezhetőség fogalmánál nyilvánvalóan további változók is beépíthetők lennének. A cél viszont egy relatíve egyszerű képlet kialakítása volt, amely könnyen kezelhető és gyors összevetésre ad lehetőséget. A kapott eredmények értelmezése fentiek ismeretében történt meg.

4. Elemzés

Az alábbi 3. táblázat mutatja az EU28 tagállamára kiszámolt kritikus közúti infrastruktúrák sebezhetőség és reziliencia értékeit. Az értékek két adott évre, 2013-ra és 2019-re kerültek kiszámolásra, lévén bizonyos változók (pl. GDP / fő értékek vagy az infrastruktúra minősége) nem változnak egyik évről a másikra. Továbbá mivel az Egyesült Királyság 2020-ban kilépett az EU-ból, cél-szerű volt azt az utolsó évet is megjeleníteni, amikor még EU28-t lehet vizsgálni, ez is a választott időszak magyarázata is

A sebezhetőség indexek alakulása a két vizsgált évre érdekes eredményeket mutat. Maga az index 0 és 1 közötti értékeket vehet fel. A 0-hoz közeli értékek arra utalnak, hogy egy ország kritikus közúti infrastruktúrája nem vagy kevésbé sebezhető, az 1-hez közelítő értékek pedig azt jelentik, hogy zavarok, negatív események bekövetkezésekor egy ország közúti infrastruktúrája igen sebezhető, így veszélyezteti azokat az ellátási láncokat is, amelyek ezt az infrastruktúrát használják értékteremtési folyamatuk megvalósítása során.

Az eredményekből az látszik, hogy a sebezhetőség index legmagasabb értékeit a 20 éve csatlakozott tagállamok köréből Magyarország, Románia és Lengyelország kapta, a sor utolsó harmadában jelenik meg Bulgária, Szlovákia és Csehország is, habár ezek magasabb reziliencia értékeket mutatnak. Érdekes azonban, hogy mind az Egyesült Királyság, mind Olaszország az eredmények alapján a leginkább sebezhetőbb országok közé tartozik, ami a közúti infrastruktúrát illeti. A sort viszont jellemzően ugyanazok a tagállamok vezetik mind 2013-ban, mind 2019-ben, bár némi átrendeződés ugyan megfigyelhető. Luxemburg a rangsort ve-

zető tagállamként jelenik meg mindkét évben, azaz az egyik legkevésbé sebezhető tagállamnak tekinthető. Amennyiben negatív hatások érik közúti infrastruktúráját, megbirkózási képességének köszönhetően a bekövetkezett károkból, kimozdult egyensúlyából visszarendeződni vagy új egyensúlyi állapotot kialakítani képes infrastruktúrával rendelkezik.

Természetesen, az ilyen jellegű rangsorok számos értékes következtetést képesek megfogalmazni a kritikus szállítási infrastruktúra és a válságkezelés terén, de a levont következtetésekkel óvatosan kell bánni. Mégis, néhány lehetséges következtetést jelen kutatásból is le lehet vonni. Az erősségek és gyengeségek azonosítása. Az egyes országok helyezése a rangsorban segíthet az infrastrukturális erősségek és gyengeségek azonosításában. Például, ha egy ország alacsony helyezést ér el a rangsorban, az arra utalhat, hogy szükség van az infrastruktúra fejlesztésére vagy a válságkezelési kapacitások javítására, erre enged következtetni, hogy Bulgária, Magyarország és Lengyelország mindkét vizsgált évben az utolsó helyen szerepel, azaz a leginkább sebezhető tagállamokat jelenti.

Továbbá egy rangsor lehetőséget ad a legjobb gyakorlatok megosztására is. Azok az országok, amelyek előkelő helyet foglalnak el a rangsorban (így pl. Ausztria, Dánia vagy az első helyen megjelenő Luxemburg), lehetnek jó példák az infrastruktúra és a válságkezelés terén. Más országok tanulhatnak ezekből a példák-ból, alkalmazhatják a legjobb gyakorlatokat saját környezetükben.

A rangsor segíthet a szükségletek és prioritások meghatározásában, pl. az erőforrások szétosztásában és a prioritások meghatározásában, ami az infrastrukturális fejlesztéseket jelenti a válságkezelés terén. Azok az országok, amelyek a rangsor utolsó harmadában szerepelnek, a legnagyobb szükséggel rendelkeznek a fejlesztések vagy a támogatások terén.

Az elvégzett kutatás alapján készült rangsor lehetővé teszi az általános trendek és összefüggések azonosítását az infrastruktúra és a válságkezelés terén. Ebben az esetben például azonosítható Bulgária, Lengyelország és Magyarország révén a földrajzi terület, ahol a leginkább sebezhető kritikus közúti infrastruktúrával rendelkező tagállamokat találhatjuk. Ezen a területen azonosíthatjuk az infrastrukturális és válságkezelési kihívásokat.

4. Következtetések, összefoglalás

Napjainkban a világ számos kihívást tartogat a gazdaság és az egész társadalom számára. Az ellenálló képesség fogalma az elmúlt néhány évtizedben fókuszba került, erősítette ezt járvány, háború és minden olyan zavar és veszélyhelyzet, ami megakadályozta normál napi működést a gazdasági életben. Számtalan kutatás folyik a különböző ellátási láncok rugalmasságával, ellenálló képességével kapcsolatban (Wieland – Durach, 2021; Pettit et al., 2019; Shishodia et al., 2023; Rahman et al., 2022), de talán kicsit kevesebbet foglalkozunk az olyan kritikus infrastruktúrával (jelen tanulmány esetében a közúti infrastruktúrával), amelynek használójaként jelennek meg a különböző ellátási lánc szereplők. A vevői érték létrehozása során nem csak a használati érték, hanem a hely- és az időérték létrehozására is figyelniük kell ezeknek az ellátási lánc szereplőknek, ehhez pedig a különböző szállítási infrastruktúrákat kell használniuk. Jelen tanulmány célja az volt, hogy a sebezhetőség és az ellenálló képesség fogalmát értelmezze a kritikus szállítási infrastruktúrára, ezen belül is a közúti infrastruktúrára. Ezzel lehetőséget ad arra, hogy magának az infrastruktúrának az ellenálló képességére adjon egy véleményt. Teszi ezt országos szinten értelmezve, jelen tanulmányban az EU28 tagállamára két választott évre.

Maga az index és az elméleti keret természetesen továbbfejlesztést igényel, jelen tanulmányban egy kísérlet történt arra, hogy az egyes tagállamok kritikus szállítási infrastruktúráját összevessük és az eredmények alapján fejlesztési javaslatokat tegyünk. A kutatás további irányvonala tehát ennek az index finomítása, további, esetleg más változók beemelésével, így például a közlekedési balesetek gyakorisága, a meglévő infrastruktúra életkora vagy a közúti infrastruktúra felépítése (autópályák, főútvonalak, mellékútvonalak hálózatának mélyebb elemzése) további olyan szempontok figyelembe vételét jelentené, amelyek által az eredmények célzott kezelési javaslatokat eredményezhet. Ugyanígy érdemes lehet egy-egy régió mélyebb elemzését elvégezni, amely segít jobban megérteni a kihívásokat, így hatékonyabb megoldási lehetőséget tud nyújtani az infrastruktúra fejlesztésére. Komplex statisztikai módszerek alkalmazása pedig a különböző befolyásoló tényezők közötti összefüggéseket segítik megérteni.

„A KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM ÚNKP- 23-4-II-CORVINUS-18 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.”



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM

Felhasznált irodalom

- Abonyi Gyuláné Palotás, J. – Kecskeméti L. (2020): Gondolatok a logisztikai tevékenységgel szemben támasztott növekvő elvárások és az infrastruktúra kapcsolatáról, *Logisztikai trendek és legjobb gyakorlatok*, 6(2), 45-49. DOI: 10.21405/logtrend.2020.6.2.45
- Ani, U.D. – Watson, J.D.M. – Nurse, J.R.C. – Cook, A. – Maple C. (2019): A review of critical infrastructure protection approaches: improving security through responsiveness to the dynamic Modelling landscape. PETRAS/IET Conference Living in the Internet of Things: Cybersecurity of the IoT. 2019; 1-16, <http://arxiv.org/abs/1904.01551>.
- Bógel, Gy. (2020): Azonnali reakciók a koronavírus-válságra az élelmezési ellátási láncokban. *Logisztikai trendek és legjobb gyakorlatok*, 6(1), 21-26. DOI: 10.21405/logtrend.2020.6.1.21
- Bonnyai, T. (2019): Történeti áttekintés. In: Bognár et al. (Szerk.) Kritikus infrastruktúrák védelme I., Dialóg Campus Kiadó, Budapest
- Cinar, B. (2023). Supply Chain Cybersecurity: Risks, Challenges, and Strategies for a Globalized World. *Journal of Engineering Research and Reports*, 25(9), 196-210. <https://doi.org/10.9734/jerr/2023/v25i9993>
- Fang, Y.P. - Sansavini, G. (2019): Optimum post-disruption restoration under uncertainty for enhancing critical infrastructure resilience. *Reliability Engineering & System Safety*, 185, 1-11, <https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.12.002>

- Fekete, A. – Tzavella, K. – Baumhauer, R. (2017): Spatial exposure aspects contributing to vulnerability and resilience assessments of urban critical infrastructure in a flood and blackout context, *Natural Hazards. Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*, 86(1), 151-176., DOI 10.1007/s11069-016-2720-3
- Gurtu, A. - Johny, J. (2021): Literature Review. *Risks*, 9(1), 16, <https://doi.org/10.3390/risks9010016>
- Harrop, W. - Matteson, A. (2014): Cyber resilience: a review of critical national infrastructure and cyber security protection measures applied in the UK and USA. *J Bus Contin Emerg Plan*. 7(2), 149-62. PMID: 24457326.
- Holling, C. S. (1973): Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23. <http://www.jstor.org/stable/2096802>
- Horváth A. (2013a): A kritikus infrastruktúra védelem komplex értelmezésének szükségessége. In: *Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből* (Szerk. Horváth A.). Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest
- Horváth A. (2013b): Az ellátási láncok biztonsága, *Magyar Rendészet*, 13 (Különszám), 45-54.
- Horváth A. – Lévai Zs. (2021): A magyarországi vasúthálózat létfontosságú elemeinek azonosítása; In: Földi László (szerk.): *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I.*, Ludovika Egyetemi Kiadó, 2021, pp. 131-146.
- ISO Org. (2018): Risk management Principles and guidelines, <https://www.iso.org/standard/43170.html>, letöltés ideje: 2024.04.30.
- Janeckova, H. (2023): The Basis for Strengthening Organisational Resilience of Critical Transport Infrastructure Entities. *Transportation Research Procedia*, 74, 1300-1307. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>
- Király, L. – Pataki, J. (2013): Egy multinacionális nagyvállalat kritikus infrastruktúrájának illeszkedése a hazai (vertikális és horizontális) kritikus infrastruktúrákhoz. *Hadtudomány*, 23(1), 1-15. <https://www.>

- mhtt.eu/hadtudomany/2013/2013_elektronikus/2013_e_Kiraly_Laszlo_Pataki_Janos.pdf
- Lévai, Zs. (2019): Vasút és terrorizmus – „puha” célpontok a terroristák célkeresztjében. *Katonai logisztika*, 17(4), pp. 86-113. DOI:10.30583/2019/4/086
 - Lévai, Zs. (2020): A vasúti ágazat jelenkori kapcsolódása a közlekedési támogatás rendszeréhez. *Katonai Logisztika*, 28(1-2), 198-223.
 - Lévai, Zs. – Albert, G. (2022): Vasúti infrastruktúra beruházások tervezése a kritikus infrastruktúra védelem szempontjainak figyelembevételével. *Közlekedéstudományi Szemle*, 72(1), 5-19.
 - Leviäkangas, P. – Molarius, R. – Könönen, V. – Zulkarnain, Z. – Hietajarvi, A-M. (2013): Devising and Demonstrating an Extreme Weather Risk Indicator for Use in Transportation Systems. *Transportation Research Record*, 2329(1), 45-53. <https://doi.org/10.3141/2329-06>
 - Leviäkangas, P. – Aapaoja, A. (2015): Resilience of transport infrastructure systems. *CSID Journal of Infrastructure Development*, 1(1), 80-90. <https://doi.org/10.32783/csid-jid.v1i1.11>
 - Liu, W. – Son, Z. (2020): Review of studies on the resilience of urban critical infrastructure networks. *Reliability Engineering & System Safety*, 193, <https://doi.org/10.1016/j.res.2019.106617>
 - Markowitz, H. (1952): Portfolio selection. *Journal of Finance* 7(1), pp. 77-91.
 - Mead, N. R. (2022): Critical Infrastructure Protection and Supply Chain Risk Management. In: 2022 IEEE 30th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW), pp. 215-218. DOI: 10.1109/REW56159.2022.00047
 - Mógor, J. – Angyal, I. (2022): A létfontosságú rendszerek védelmére vonatkozó szabályozás fejlesztése. *Scientia et Securitas*, 3(2), 118-125. DOI: <https://doi.org/10.1556/112.2022.00102>
 - Molarius, R. – Könönen, V. – Leviäkangas, P. – Zulkarnain, J. – Hietajarvi, A-M. – Oiva, K. (2014): The extreme weather risk indicators (EWRI) for the European transport system. *Natural Hazards*, 72, 189-210. DOI:10.1007/s11069-013-0650-x
 - Molarius, R. – Tuomaala, P. – Pira, K. – Raikkönen, M. – Aubrecht, C. – Polese, M. – Rannat, K. (2014): Systemic vulnerability and resilience analysis of electric and transport network failure in cases of extreme winter storms. In: *Vulnerability, Uncertainty, and Risk: Quantification, Mitigation, and Management*, pp. 608-617. <https://doi.org/10.1061/9780784413609.062>
 - Nagy, Z. – Tóth, G. – Szép, T. (2022): A magyarországi városok rezilienciájának vizsgálata. *Észak-Magyarországi Stratégiai Füzetek*, 19(3), 84-99. <http://doi.org/10.32976/strat-fuz.2022.37>
 - Osei-Kyei, R. – Tam, V. – Ma, M. – Mashiri, F. (2021): Critical review of the threats affecting the building of critical infrastructure resilience. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 60, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102316>
 - Pettit, T.J. – Croxton, K.L. – Fiksel, J. (2019): The evolution of resilience in supply chain management: a retrospective on ensuring supply chain resilience. *Journal of business logistics*, 40(1), 56-65. <https://doi.org/10.1111/jbl.12202>
 - Pournader, M. – Kach, A. – Talluri, S. (2020): A review of the existing and emerging topics in the supply chain risk management literature. *Decision sciences*, 51(4), 867-919.
 - Rahman, T. – Paul, S.K. – Shukla, N. – Agarwal, R. – Taghikhah, F. (2022): Supply chain resilience initiatives and strategies: A systematic review. *Computers & Industrial Engineering*, 170, 108317.
 - Rehak, D. – Senovsky, P. – Hromada, M. – Lovecek, T. (2019): Complex approach to assessing resilience of critical infrastructure elements. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 25, 125-138, <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2019.03.003>
 - Sebestyén Szép, T. – Szendi D. – Nagy Z. – Tóth G. (2020): A gazdasági reziliencia és a városhálózaton belüli centralitás közötti összefüggések vizsgálata. *Térületi Statisztika*, 60(3):352-369. DOI: 10.15196/TS600303
 - Sheffi, Y. – Rice, J. B. (2005): A supply chain view of the resilient enterprise. MIT Sloan management review, <https://sloanreview.mit.edu/article/a-supply-chain-view-of-the-resilient-enterprise/>, letöltés ideje: 2024.04.29.
 - Shishodia, A. – Sharma, R. – RAJESH, R. – MUNIM, Z.H. (2023): Supply chain resilience: A review, conceptual framework and future research. *The International Journal of Logistics Management*, 34(4), 879-908.
 - UNISDR (2009): The United Nations International strategy for disaster reduction (UNISDR) terminology, Geneva, Switzerland. Elérhető: http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf, letöltés ideje: 2024.04.30.
 - Pursiainen, C. (2018): Critical infrastructure resilience: A Nordic model in the making? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 632-641, <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.08.006>
 - Yang, Z. – Barroca, B. – Weppe, A. – Bony-Dandrieux, A. – Laffréchine, K. – Daclin, N. – November, V. – Omrane, K. – Kamissoko, D. – Benaben, F. – Dolidon, H. – Tixier, J. – Chapurlat, V. (2023): Indicator-based resilience assessment for critical infrastructures – A review. *Safety Science*, 160, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106049>
 - Walker, J., – Cooper, M. (2011): Genealogies of resilience: From systems ecology to the political economy of crisis adaptation. *Security Dialogue*, 42(2), 143-160. <https://doi.org/10.1177/0967010611399616>
 - Wieland, A. – Durach, C.F. (2021): Two perspectives on supply chain resilience. *Journal of Business Logistics*, 42(3), 315-322. <https://doi.org/10.1111/jbl.12271>
 - White, P. – Pelling, M. – Sen, K. – Seddon, D. – Russel, S. – Few, R. (2004): Disaster risk reduction: a development concern. A scoping study on links between disaster risk reduction, poverty and development. Overseas Development Group, School of Development Studies, University of East Anglia Norwich. https://www.prevention-web.net/files/1070_drrscopingstudy.pdf