

A KRITIKUS INFRASTRUKTÚRA ÉS AZ ELLÁTÁSI LÁNCOK KAPCSOLATA THE CONNECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE AND SUPPLY CHAINS

János VARGA¹ – Anita PLÖTZ²

ABSTRACT

The relationship between critical infrastructure and supply chains is extremely important for the functioning of modern societies. Critical infrastructures such as energy, water and transport are essential for the smooth functioning of supply chains. The vulnerability of these systems, for example in the event of a natural disaster or cyber attack, can have serious consequences for the economy and society. Managing the dependency between supply chains and critical infrastructures requires the development of risk management strategies and disruption tolerance to ensure continuity of services and rapid recovery in crisis situations. In order to increase the flexibility of supply chains, it is necessary to continuously develop critical infrastructures and increase preparedness for threats.

KEYWORDS

kritikus infrastruktúra, ellátási lánc, kapcsolat, biztonság, veszélyek

BEVEZETŐ

A kritikus infrastruktúra és az ellátási láncok kapcsolata napjainkban egyre nagyobb figyelmet kap mind a szakmai, mind a politikai szférában, mivel ezek az összetett rendszerek alapvetőek a modern társadalmak zavartalan működése szempontjából. A kritikus infrastruktúrák olyan alapvető szolgáltatásokat és rendszereket foglalnak magukban, amelyek nélkülözhetetlenek egy ország gazdaságának, biztonságának és jólétének fenntartásához. Ilyenek például az energiaellátás, a vízszolgáltatás, a közlekedési hálózatok, a telekommunikációs rendszerek, valamint az egészségügyi és pénzügyi szolgáltatások. Ezen infrastruktúrák működése szorosan összefügg az ellátási láncokkal, amelyek biztosítják az alapvető termékek és szolgáltatások folyamatos elérhetőségét a társadalom számára. Az ellátási láncok globális hálózatok, amelyek nyersanyagok, alkatrészek és késztermékek szállítását foglalják magukban a termelési és elosztási pontok között. Ezek a láncok gyakran több országra és kontinensre kiterjednek, ami nagy mértékben növeli a bonyolultságot és a kockázatokat. Az ellátási láncok folyamatos és zavartalan működése elengedhetetlen a gazdaság stabilitásához, a vállalatok versenyképességéhez és a fogyasztók igényeinek kielégítéséhez. Ugyanakkor az ellátási láncok nagy mértékben függenek a kritikus infrastruktúráktól; például az energiaellátás és a közlekedési hálózatok elengedhetetlenek a termékek gyártásához és szállításához. A két rendszer közötti kapcsolat és kölcsönös függőség fokozottan kiszolgáltatottá teszi a társadalmakat különböző típusú veszélyekkel szemben, mint például természeti katasztrófák,

¹ Dr. Varga János, Óbudai Egyetem, Keleti Károly Gazdasági Kar, varga.janos@kgk.uni-obuda.hu

² Plötz Anita, Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, plotz.anita@phd.uni-obuda.hu

kiberbiztonsági incidensek, geopolitikai konfliktusok, vagy akár egy pandémia. Egyetlen kritikus infrastruktúra részleges vagy teljes kiesése lavinaszerűen hatással lehet az ellátási láncokra, ami széles körű gazdasági és társadalmi következményekkel járhat. Ezért a kritikus infrastruktúrák védelme és az ellátási láncok biztonságának biztosítása összetett kihívás, amely átfogó megközelítést igényel. E kihívásokra adott válaszok között egyre nagyobb szerepet kap a kockázatkezelés, a zavartűrő képesség növelése, valamint a fenyegetésekre való gyors reagálás képességének fejlesztése. Az állami és magánszféra közötti együttműködés, a nemzetközi kooperáció és a fejlett technológiák alkalmazása mind hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a kritikus infrastruktúrák és az ellátási láncok képesek legyenek ellenállni a különböző veszélyeknek, és biztosítani tudják a társadalom számára létfontosságú szolgáltatásokat. A tanulmány célja, hogy feltárja a kritikus infrastruktúrák és az ellátási láncok közötti összefüggéseket és azok sebezhetőségi pontjait, amelyek válsághelyzetekben különösen fontos szerepet játszanak. A kutatás rávilágít arra, hogy milyen kihívások és kockázatok fenyegetik a kritikus infrastruktúrákat és az ellátási láncokat, legyen szó természeti katasztrófákról, kibertámadásokról, geopolitikai konfliktusokról vagy a klímaváltozás hatásairól. Emellett célja, hogy bemutassa azokat a kockázatkezelési stratégiákat és védelmi mechanizmusokat, amelyek hozzájárulhatnak a rendszerek válságállóságának növeléséhez és a folyamatos szolgáltatás biztosításához. Az elméleti szintű tanulmány első lépéseként a kritikus infrastruktúra fogalmi meghatározása kerül definiálásra, melyet követően annak védelmi szempontjai kerülnek górcső alá. Ezt követően az ellátási láncok és a kritikus infrastruktúra szoros kapcsolata kerül vizsgálat alá, melynek zárásaként a tanulmány befejező részében a klímaváltozás negatív hatásai kerülnek összefoglalásra.

SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A modern társadalom működése és fejlődése szoros összefonódásban áll a kritikus infrastruktúrákkal és ellátási láncokkal, amelyek alapvető szerepet játszanak a gazdasági, társadalmi és környezeti stabilitás megőrzésében. E fejezet célja, hogy átfogó képet nyújtson a rendszerek háttértörténetéről, a biztonsági kihívásokról, valamint a klímaváltozás által előidézett veszélyekről.

A kritikus infrastruktúra háttértörténete

Az infrastruktúra fogalma rendkívül sokrétű és összetett, eredete a latin „*alapszerkezet*” vagy „*alépitmény*” kifejezésekre vezethető vissza (Cantú, 2017). Kezdetben ezt a kifejezést a hadászatban használták, ahol a katonai létesítményeket támogató rendszerekre utaltak vele, majd az idők során más tudományágak is átvették az infrastruktúra fogalmát, és szövegkörnyezettől, valamint tudományágtól függően különböző jelentésekkel gazdagították (Baskakova & Malafeev, 2017). A Magyar Értelmező Kéziszótár 1978-as kiadása szerint az infrastruktúra „*a társadalom zavartalan működését biztosító alapvető létesítmények és szervezetek, mint például lakások, közművek, kereskedelem, távközlés, oktatás és egészségügy rendszere*” (Magyar Értelmező Kéziszótár, 1978). Egy másik szerzőpáros megfogalmazásában az infrastruktúra a társadalmat körülvevő, ember által létrehozott környezetként definiálható, amely olyan „*rendszerek és eljárások hálózatából áll, amelyek szinergikus együttműködés révén folyamatosan alapvető termékeket és szolgáltatásokat állítanak elő és terjesztenek*” (Módoczné & Mórocz, 2004). Ez a megfogalmazás különös hangsúlyt helyez arra, hogy az infrastruktúra ember alkotta környezet, valamint arra, hogy az egyes hálózatok között erős függőségi viszonyok állnak fenn. Kovács további finomítással él az infrastruktúra meghatározásában, amikor azt a „*termeléshez kapcsolódó azon eszközök és intézmények*

összességként” határozza meg, amelyek bár nem részei a közvetlen termelési folyamatnak, mégis annak nélkülözhetetlen feltételeit képezik (Kovács, 2012; Bónyai, 2014). E megközelítés már a kritikus infrastruktúra fogalmának megértéséhez is közelebb visz, hiszen kiemeli azokat a szolgáltatásokat és eszközöket, amelyek hiánya komoly károkat okozhat mind a vállalatok, mind az országok, de akár az egyes emberek életében és vagyonában is. A kritikus infrastruktúra fogalmát a XX. század elején kezdték használni, annak érdekében, hogy rámutassanak az infrastruktúra problémás vagy különösen érzékeny jellegére. Az évek során ez a fogalom egyre inkább hangsúlyozta az infrastruktúrák létfontosságát és sebezhetőségét, különösen az élet alapvető területein (Felice et al., 2022). A közérdekű szolgáltatások fogalmát Ernst Forsthoff már 1938-ban részletesen tárgyalta, rámutatva az állami gondoskodás szükségességére az infrastrukturális szolgáltatások biztosítása érdekében (Forsthoff, 1938). Az infrastruktúra jelentősége különösen világossá vált az első világháború során, amikor egy ipari háború lefolytatásához elengedhetetlenül fontosnak bizonyult (Laak, 1999). Forsthoff azonban kevésbé az infrastruktúra háborús jelentőségére, inkább annak az élet szempontjából elengedhetetlen jelentőségére koncentrált. Álláspontja szerint a közszféra infrastruktúráinak fenntarthatósága nem egy örök érvényű adottság, hanem a modern társadalmak iparosodásának és urbanizációjának eredménye (Forsthoff, 1938). Az emberiség mindig is függött az infrastruktúrák által nyújtott szolgáltatásoktól, azonban az infrastruktúrák biztonságát fenyegető kockázatok természete és mértéke folyamatosan változott az idők során. A modern életkörülmények között, ahol az egyén már nem tudja önállóan biztosítani életének alapjait, szükségessé vált a közérdekű szolgáltatások állami garantálása (Forsthoff, 1938). Az 1990-es években bekövetkezett geopolitikai változások, az egyre erősödő globalizációs hatások és a technológia gyors fejlődése új megközelítést tett szükségessé a kritikus infrastruktúra témakörében. Ebben az időszakban az infrastruktúra védelme és biztonsága is egyre fontosabbá vált, különösen a Moonlight Maze kibertámadási esemény után, amely hozzájárult a biztonságos infrastruktúra fontosságának felismeréséhez (Ushmani, 2019). Bill Clinton 1998. május 22-én kiadott PDD-63 elnöki direktívája, amely a kritikus infrastruktúra védelmét szabályozta, mérföldkőnek számított ezen a téren, mivel világossá tette a kritikus infrastruktúrák védelmével kapcsolatos elvárásokat (Nyitrai, 2017). A telekommunikációs rendszerek elterjedése és az egyes szektorokban betöltött növekvő szerepe tovább erősítette az infrastruktúrák egymásra utaltságát. A 2001. szeptember 11-ei terrortámadások, a 2003-as észak-amerikai áramkimaradás, valamint a 2004-es madridi terrortámadás mind rámutattak arra, hogy az infrastruktúrák sebezhetősége milyen komoly veszélyeket rejthet magában. Ezek az események nemcsak az infrastruktúrák sérülékenységére világítottak rá, hanem sürgetővé tették a védelem megerősítését is. E tapasztalatok alapján számos ország szigorította védelmi intézkedéseit és új szabályozásokat vezetett be a katasztrófák elkerülése és a jobb felkészültség érdekében. Az Európai Unió és tagállamai is egyre konkrétabb lépéseket tettek a kritikus infrastruktúrák védelme érdekében, bár az intézkedések bevezetése és a szabályozások kidolgozása fokozatosan haladt előre. Az Európai Unió 2008-ban elfogadott EPCIP (European Programme for Critical Infrastructure Protection) programja alapján Magyarország is kidolgozta saját nemzeti stratégiáját (Udeanu, 2015). A magyarországi kritikus infrastruktúrák védelmének jogi kereteit számos jogszabály és rendelet határozza meg, amelyek célja a közszolgáltatások, az energetikai rendszerek, a közlekedési hálózatok, valamint a vízellátás és egészségügyi rendszerek biztonságának garantálása. Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság különösen fontos szerepet játszik ebben a folyamatban, hiszen koordinálja az állami és magánszektorbeli szereplők együttműködését, valamint a katasztrófavédelmi felkészültséget (Belügyminisztérium, 2024). Magyarország felismerte, hogy a kritikus

infrastruktúrák védelme nemcsak nemzeti, hanem európai szinten is közös érdek, ezért aktívan részt vesz az EU által irányított kezdeményezésekben, és szoros együttműködést folytat más tagállamokkal a legjobb gyakorlatok és tapasztalatok megosztása érdekében. Magyarországon a kritikus infrastruktúrák az alábbi tíz szektorra terjednek ki:

- **energetikai infrastruktúra:** az áram- és gázhálózatok, valamint a kapcsolódó létesítmények,
- **ivóvízellátás és szennyvízkezelés:** vízhálózatok, víztisztító és szennyvíztisztító létesítmények, gátak,
- **egészségügyi ellátórendszerek:** kórházak, rendelőintézetek, gyógyszertárak, valamint egészségügyi szolgáltatásokhoz kapcsolódó informatikai rendszerek,
- **információs technológiák:** az országos és regionális távközlési hálózatok, internetes infrastruktúra és adatközpontok, postai szolgáltatások, meteorológiai infrastruktúra,
- **pénzügyi szolgáltatások:** bankok, tőzsdék, fizetési rendszerek és pénzügyi adatfeldolgozó központok,
- **közlekedés:** közutak, vasutak, repülőterek, kikötők és a kapcsolódó logisztikai hálózatok,
- **élelmiszerellátás:** mezőgazdasági termelési rendszerek, élelmiszer-feldolgozó ipar, raktárak és logisztikai láncok,
- **közrendi és közbiztonsági szervek:** rendőrség, tűzoltóság, mentőszolgálat, bíróságok és börtönök,
- **kormányzati szolgáltatások:** az állami adminisztráció infrastruktúrája, beleértve a kormányzati szervereket és kommunikációs rendszereket,
- **ipari infrastruktúra:** vegyipari létesítmények, bányászati infrastruktúra, valamint nagyobb ipari parkok (Wolters Kluwer, 2024).

Az ellátási láncok biztonsága

Az ellátási láncok és a kritikus infrastruktúra közötti szoros kapcsolat nem csupán gazdasági és logisztikai szempontból jelentős, hanem alapvető fontosságú a társadalmi stabilitás és biztonság megőrzésében is. Az ellátási láncok és a kritikus infrastruktúra közötti összefonódás felismerése és megértése kulcsfontosságú a kihívások kezelése és a társadalmi ellenálló képesség fejlesztése szempontjából. Az elmúlt években egyértelművé vált, hogy az ellátási láncok és a kritikus infrastruktúra közötti kapcsolat egyre fontosabbá válik. Ennek oka több tényezőben keresendő, például a közlekedés terén tapasztalható növekvő szállítási igények által jelentett kihívásokban. Ezen kívül az emberek mobilitásának növekedése is fokozza a közlekedési infrastruktúra jelentőségét és sebezhetőségét. A gazdasági fejlődés és a termelési folyamatok diverzifikálódása megköveteli a hatékony és biztonságos ellátási láncok kialakítását. A kritikus infrastruktúra biztonsága elengedhetetlen a gazdaság és a társadalom stabil működéséhez. Ebből következik, hogy a jövőben kiemelt figyelmet kell fordítani az infrastruktúra és az ellátási láncok közötti szoros kapcsolatra (Al-Shboul, 2017). A társadalom és a gazdaság folyamatos változásban van, ami az infrastruktúra és az ellátási láncok alkalmazkodását is szükségessé teszi. Az innováció és az új technológiák bevezetése lehetőséget teremt a hatékonyabb és ellenállóbb rendszerek kialakítására. Az együttműködés és az integrált megközelítés kulcsfontosságú a jövőbeli kihívások kezelésében és az infrastruktúra fenntarthatóságának biztosításában. Napjainkban az ellátási láncok és a logisztikai szolgáltatások megbízható működése kulcsfontosságúvá vált. Gazdasági és kormányzati szinten egyre nagyobb figyelmet kap ez a terület, hiszen az ellátási láncok képezik a társadalom

ellátási és anyagi értelemben vett vérkeringését. Probléma esetén az ellátási lánc mentén jelentős következményekkel lehet számolni (Mehmood et al., 2024). Az ellátási lánc biztonságára nézve a terrorcselekedetek jelentős negatív hatással bírnak, és tekinthetjük ezeket az egyik legfontosabb befolyásoló tényezőnek. Emellett a kalózkodás, zavargások, gazdasági és egyéb bűncselekmények, valamint informatikai támadások is a kockázati tényezők közé sorolhatók. Az ellátási lánc belső folyamataiból eredően felmerülhetnek olyan problémák, amelyek megbénítják a lánc mentén működő szereplők működését (Balasoiu, 2023). Az Amerikai Egyesült Államok Közlekedési Minisztériuma 2000-ben négy kategóriába sorolta a nemzetbiztonsági kockázatokat, amelyek a következők:

- A szállítási útvonalak és módok képessége az igények kielégítésére országon belül és kívül;
- A rendszerek reagálási képessége a nemzetbiztonsági igényekre;
- A terminálok és közlekedési módok sebezhetősége szándékos rongálás és zavarkeltés ellen;
- Az illegális bevándorlás, csempészet és kábítószer-használat csökkentése (Domboróczky, 2013).

Jean-Paul Rodrigue és Brian Slack 2002-es tanulmányukban, a *"Logistics and National Security"* című munkában tovább bővítették e négy pontot, az alábbiak szerint:

- Olajfüggőség, mivel a szállítást jellemzően belsőégésű motorokkal rendelkező járművek végzik az ellátási lánc résztvevői között;
- Szándékos károkozás a szállítási eszközökben és közlekedési rendszerekben, amely a rendszerek kiterjedtsége miatt növeli azok sebezhetőségét;
- Illegális bevándorlás és kábítószer-kereskedelem, mivel a statisztikák szerint a legtöbb bevándorló és illegális áru lezárt konténerekben érkezik meg a célországba. Bár a konténeres szállítás biztonságosnak mondható, a teljes körű konténerellenőrzés még nem megoldott, ami lehetőséget ad visszaélésekre;
- Humanitárius segítségnyújtás és vészhelyzetek, amelyek egyre fontosabbá váltak a túlnépesedés, geopolitikai instabilitás, klímaváltozás, túlzott nyersanyagfelhasználás és etnikai, vallási különbségek következtében (Domboróczky, 2013).

Az információs technológiák és a digitalizáció alkalmazása lehetővé teszi a vállalatok számára, hogy gyorsabban és pontosabban reagáljanak a piaci igények változásaira, ami versenyelőnyt biztosít számukra. Az online vásárlás és az e-kereskedelem terjedése jelentősen megváltoztatta a fogyasztói szokásokat, és növelte az igényt a gyors és megbízható logisztikai megoldások iránt. A modern társadalom és gazdaság egyre nagyobb mértékben függ a közlekedési ágazattól és a logisztikai rendszerektől (Khaustova et al., 2024). A beszerzési, termelési, elosztási és értékesítési folyamatok térbeli decentralizációja megköveteli a logisztikai folyamatok biztonságos működésének garantálását. Az ellátási láncok globalizációja és a nemzetközi kereskedelem növekedése miatt a szállítási útvonalak és logisztikai központok stratégiai jelentősége tovább nőtt. Bármilyen káresemény a logisztikai központokban vagy szállítási útvonalakon súlyos fennakadásokat okozhat az egész ellátási láncban, ami gazdasági veszteségekhez és társadalmi zavarokhoz vezethet. Az ellátási láncok digitalizációja és az információs technológiák integrálása jelentősen növeli az ellátási lánc hatékonyságát, ugyanakkor új sérülékenységeket is teremt (Vidrová, 2020). A kiberbiztonsági fenyegetések komoly veszélyt jelentenek mind a kritikus infrastruktúrára, mind az ellátási láncokra. A kiberbiztonsági események megbéníthatják a logisztikai rendszereket, adatvesztést okozhatnak,

és jelentős anyagi károkat eredményezhetnek. Ennek következtében a kiberbiztonság kiemelt figyelmet igényel a kritikus infrastruktúra védelme szempontjából, különösen a közlekedési és logisztikai szektorban. A globalizáció következtében az ellátási láncok egyre összetettebbé és globálisabbá váltak. Ez a komplexitás azonban sebezhetővé teszi őket a politikai kockázatokkal szemben, mint például nemzetközi konfliktusok, kereskedelmi háborúk vagy politikai instabilitás. Az ilyen események zavart okozhatnak az ellátási láncok működésében, ami jelentős gazdasági és társadalmi következményekkel járhat (Milovanović et al., 2017). A kritikus infrastruktúrák védelme érdekében szükséges a politikai kockázatok folyamatos monitorozása és a megfelelő kockázatkezelési stratégiák kidolgozása. A környezeti kockázatok, mint például természeti katasztrófák, extrém időjárási események és éghajlatváltozás, jelentős hatással vannak a kritikus infrastruktúrára és az ellátási láncokra. Az ilyen események közvetlenül befolyásolhatják a közlekedési hálózatokat, a logisztikai rendszereket és az ellátási láncok működését. Az ellátási láncok fenntarthatóságának biztosítása érdekében szükséges a környezeti kockázatok figyelembevételére és az alkalmazkodóképesség növelésére. Az éghajlatváltozás hatásainak enyhítésére irányuló intézkedések hosszú távon hozzájárulhatnak a kritikus infrastruktúrák és az ellátási láncok rugalmasságának növeléséhez (Alcaraz & Zeadally, 2015). A kockázatkezelési stratégiák és gyakorlatok meghatározása alapvető fontosságú a kritikus infrastruktúrák védelme szempontjából. A szektorok közötti kölcsönhatások figyelembevételével, a kockázatok azonosításával és elemzésével, valamint a megfelelő védelmi intézkedések kidolgozásával hozzájárulhatunk a rendkívüli események hatásainak minimalizálásához. A kockázatkezelési stratégiák részeként fontosak a szimulációk és forgatókönyv-alapú tervezési gyakorlatok, amelyek segíthetnek a döntéshozóknak felkészülni a különböző krízishelyzetekre (Naji et al., 2019). Az ellátási lánc biztonságát erősítheti a személyzeti biztonság, amely magában foglalja a munkavállalók megfigyelését és biztonsági ellenőrzését. Valószínű, hogy a következő években ennek betartását szigorúbban fogják figyelni. Fontos, hogy az alkalmazottak megismerjék a biztonsági szabályokat, és hatékonyan tudjanak cselekedni vészhelyzetben. Ehhez a vállalatok biztonsági tréningeket és képzéseket szerveznek az alkalmazottaik számára. Az ellátási biztonság szempontjából az informatikai ellenőrzés is kulcsszerepet játszik. Az informatikai szakembereknek olyan technológiát kell találniuk, amelyet a vállalat minden szempontból biztonságosan tud használni. Fel kell mérni a technológia sebezhetőségét és védekezni kell minden olyan kockázat ellen, amely az informatikai rendszert veszélyezteti; az adatbiztonságnak és a titkosításnak is nagy hangsúlyt kell kapnia (Chuprova et al., 2019). A zavartalan ellátási lánc működésének biztosítása érdekében rendkívül fontos a folyamatosság fenntartása, amelyben a logisztika kulcsszerepet játszik. A szállítást jelentősen elősegítheti a modern technológia, mint például a GPS-rendszer és az útvonaltervezés esetleges módosítása. A termékek fizikai biztonságára is nagy figyelmet kell fordítani, mivel a megrongálódott árut nem, vagy csak jelentős kár mellett lehet értékesíteni. Gondoskodni kell a már leszállított áru biztonságos és megfelelő tárolásáról is. A biztonságosan működő ellátási lánc egyik fontos tényezője lehet a kölcsönös együttműködés és a lánc mentén elhelyezkedő vállalatok nyílt kommunikációja. Ennek fényében elengedhetetlen a partnerek folyamatos megfigyelése és ellenőrzése, valamint az, hogy a vállalatok közösen kidolgozzák együttműködési szabályzatukat és védelmi, biztonsági rendszerüket (Vishkai & Giovanni, 2024). Összességében megállapítható, hogy az ellátási láncok és a kritikus infrastruktúrák közötti kapcsolat rendkívül összetett és sokrétű. A közlekedési és logisztikai ágazat hatékony és biztonságos működése elengedhetetlen a gazdasági stabilitás és a társadalmi jólét biztosításához. A különböző kockázatok – legyenek azok kiberbiztonsági, politikai, környezeti vagy más jellegűek – megfelelő kezelése és a

kölcsönös függőségek figyelembevétele alapvető fontosságú a kritikus infrastruktúrák védelme érdekében. Az ellátási láncok globalizációja, a megváltozott fogyasztási szokások és a társadalom növekvő függősége a közlekedési rendszerektől tovább növeli a kihívásokat. Csak egy átfogó, rendszerszemléletű megközelítéssel lehet biztosítani a közlekedési és logisztikai rendszerek folyamatos, megbízható működését és az ellátási láncok biztonságát (Wallis & Dorey, 2024).

A klímaváltozással járó veszélyek

A klímakutatók már több évtizede figyelmeztetnek a klímaváltozás súlyosságára, azonban e figyelmeztetések eddig nem kapták meg a kellő figyelmet. A klímaváltozás tényét mára már nem lehet tagadni, hiszen számos tudományos bizonyíték támasztja alá. A kutatások szerint a Föld átlaghőmérséklete 1750 óta folyamatosan emelkedik, és ez a tendencia várhatóan legalább további 500 évig folytatódik. Az elmúlt csaknem 300 évben az átlaghőmérséklet több mint 0,9 Celsius-fokkal nőtt, de a legaggasztóbb adat, hogy a felmelegedés mintegy 80%-a az utolsó két évszázad során következett be. A jövőre nézve a szakértők még radikálisabb hőmérséklet-emelkedést jósolnak, amely évente 0,1-0,2 Celsius-fokkal növelheti az átlaghőmérsékletet (Naceur & Rahmani, 2024). A klímaváltozás negatív hatásai között szerepelnek a szélsőséges időjárási jelenségek, például heves viharok, extrém csapadékmennyiség és hőmérséklet-ingadozások. Ezek a jelenségek egyre nagyobb terhet rónak a katasztrófavédelemre és azon szervezetekre, amelyek a katasztrófák következményeit kezelik és felszámolják. További következmények a természeti katasztrófák, földcsuszamlások, árvizek, belvizek, elsivatagosodás, aszály, valamint fokozott tűz- és robbanásveszély. A megváltozott klíma új betegségek megjelenését is magával hozza, és számos állat- és növényfaj kihalását, illetve új, veszélyes fajok megjelenését eredményezi (Heshmati, 2020). Ezek a tényezők jelentős hatással vannak a kritikus infrastruktúrák védelmére, mivel a elsődleges és másodlagos hatások révén a létfontosságú infrastruktúra biztonsága jelentősen csökkenhet. A klímaváltozás közvetlen hatásai között szerepelnek az extrém magas és alacsony hőmérsékletek, hosszú ideig tartó esőzések, vagy éppen azok hiánya, valamint durva szélviharok. Ezek a jelenségek megrongálhatják a kritikus infrastruktúra biztosításához szükséges berendezéseket, komoly zavarokat okozva az ellátásban. A másodlagos hatások, mint például földcsuszamlások, szökőárok, árvizek és belvizek, szintén jelentős károkat okozhatnak. Ezek az események nemcsak az infrastruktúra működését befolyásolják, hanem az emberek egészségi és pszichikai komfortérzetét is csökkenthetik, társadalmi zavarokat okozva a gazdasági, pénzügyi és közigazgatási szférákban. Az extrém hőmérsékletek következtében nő a halálozási arány, megjelennek új betegségghordozók és vírusok, és a betegségek súlyossága is fokozódhat. A vízfelhasználásban is jelentős változások várhatók: például vízkorlátozások léphetnek életbe, ahogy ezt már több nyugat-európai országban tapasztalták. A mezőgazdaság alkalmazkodása is elengedhetetlen, hogy reagáljon az új időjárási körülményekre és a megjelenő új kártevőkre, ami az emberek életmódjának átalakulását vonja maga után. A klímaváltozás hatásait a kritikus infrastruktúra védelme szempontjából figyelembe kell venni, és fel kell állítani a minimális követelményeket, megfelelő pénzügyi háttérrel és finanszírozási rendszert kell kialakítani. Kockázatelemzést kell végezni az éghajlatmodelleknek megfelelően, hogy a kritikus infrastruktúra zavartalanul működhessen (Karagiannis et al., 2019). A klímamenekültek magas száma miatt fontos, hogy a létfontosságú infrastruktúra kapacitását növeljük, mivel az esetlegesen nem lesz képes ellátni a megnövekedett igényeket. Ezenkívül gondoskodni kell a lakosság felkészítéséről is, hogy minimalizálható legyen az anyagi kár és az áldozatok száma. A klímaváltozás feltérképezésében a tudósok hosszú évek óta dolgoznak, számos tényrt és

forгатókönyvet tártak fel, amelyek alapján a kockázatelemzők előrehaladhatnak. Magyarországon a katasztrófa-veszélyeztetettség alacsonyabb, mint sok más országban, kivéve az árvíz- és belvízveszélyt. Problémát okoz azonban a pénzhiány és az emberi önzés, mivel a pénzügyi hasznot és a kényelmet gyakran fontosabbnak tartjuk a klímavédelemmel szemben. A szkepticizmus is hátráltatja a védekezést, mivel sokan még mindig tagadják a klímaváltozás létezését. Emellett a korszerű technikai berendezések hiánya és a rendelkezésre álló modellek esetleges pontatlansága is nehezíti a felkészülést. Fontos, hogy megelőzzük a természeti nyersanyagok kimerülését, az energiaszükségletet megújuló energiaforrásokkal biztosítsuk, és csökkentjük az energiaszükségletet olyan környezetkímélő technológiák fejlesztésével, amelyek csökkentik a környezeti terhelést (Filho et al., 2024). A logisztikai rendszerek korszerűsítése és a vállalatok fenntartható működése szintén jelentős hozzájárulást nyújthat a kritikus infrastruktúra védelméhez. A jövőben elengedhetetlen, hogy a klímaváltozás hatásaira felkészüljünk, és hatékony intézkedéseket hozzunk annak érdekében, hogy a kritikus infrastruktúra biztonságát és stabilitását megőrizzük (Yakovlev & Belyaev, 2023).

ÖSSZEFOGLALÁS

A kritikus infrastruktúrák és az ellátási láncok közötti kapcsolat napjaink egyik legnagyobb kihívása, amely alapvető hatással van a modern társadalmak működésére. A tanulmány részletesen vizsgálta, hogyan függ össze a kritikus infrastruktúra biztonsága és az ellátási láncok zavartalan működése, különösen válsághelyzetek és globális kihívások idején. A kutatás feltárta, hogy az infrastruktúrák, például az energiaellátás, közlekedési hálózatok és vízellátás megbízhatósága hogyan befolyásolja az ellátási láncok stabilitását és rugalmasságát. Az elemzések rámutattak, hogy egy-egy ilyen alapvető infrastruktúra működésének zavara jelentős hatással lehet az ellátási láncok minden szintjére, súlyos gazdasági és társadalmi következményeket okozva. A tanulmány konkrét következtetésekre jutott a kockázatkezelési stratégiák szerepéről az ellátási láncok védelme érdekében. Kiemelendő, hogy a kritikus infrastruktúrák védelme nem csupán a nemzeti biztonság és gazdasági stabilitás szempontjából lényeges, hanem elengedhetetlen az alapvető termékek és szolgáltatások folyamatos elérhetőségének biztosításához is. Az ellátási láncok nemzetközi jellege miatt a kutatás arra a következtetésre jutott, hogy a nemzetközi együttműködés és a különböző országok közötti koordináció kulcsfontosságú, hiszen a nemzetközi szintű kockázatok és fenyegetések hatása nem korlátozódik egy adott ország határaitra. Egy másik fontos következtetés, hogy a klímaváltozás egyre nagyobb mértékben veszélyezteti mind a kritikus infrastruktúrákat, mind az ellátási láncokat. Az extrém időjárási események, például áradások, viharok és hőhullámok, komoly károkat okozhatnak a közlekedési és energiahálózatokban, amelyek alapvetőek az ellátási láncok működéséhez. Ezért a jövőbeli kockázatkezelési stratégiákban fontos szerepet kell kapnia az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásnak és a fenntarthatóság szempontjainak. A tanulmány arra a következtetésre jutott, hogy a kockázatkezelési terveknek tartalmazniuk kell az éghajlatváltozás hosszú távú hatásait, és célzottan fel kell készülni az olyan új kihívásokra, amelyek a környezeti változásokból fakadhatnak. A kutatás rámutatott arra is, hogy a digitalizáció és a technológiai fejlesztések lehetőséget adnak az ellátási láncok hatékonyabbá tételére, de egyben új kockázatokat is hordoznak. A kibertámadások veszélye és a digitális rendszerek sebezhetősége jelentős kockázatot jelenthet az ellátási láncok biztonságára nézve. A tanulmány alapján a kibervédelem és az információbiztonsági intézkedések elengedhetetlen elemei a modern kockázatkezelési stratégiáknak. A kutatás szerint a kiberbiztonság növelése érdekében szükséges lenne a kormányok és a vállalatok közötti együttműködés erősítésére,

valamint a biztonsági előírások és protokollok folyamatos fejlesztésére, hogy minimalizálják az informatikai rendszerek sérülékenységéből eredő károkat.

A tanulmány összességében arra a következtetésre jutott, hogy a kritikus infrastruktúrák és az ellátási láncok kapcsolatának vizsgálata során rendszerszemléletű megközelítésre van szükség, amely figyelembe veszi a globális összefüggéseket, a klímaváltozást, a digitalizációból eredő kockázatokat és a nemzetközi együttműködés fontosságát. Az állami és magánszektor szorosabb együttműködése, a fejlett technológiák alkalmazása, valamint a fenntarthatóság iránti elkötelezettség alapvető fontosságú annak érdekében, hogy az ellátási láncok a jövőben is ellenállóak maradjanak a válsághelyzetekkel szemben. Csak így biztosítható, hogy az alapvető szolgáltatások és termékek elérhetősége ne sérüljön, még súlyos kockázati tényezők esetén sem.

BEFEJEZÉS

A kritikus infrastruktúra és az ellátási láncok közötti kapcsolat áttekintése világosan rámutat arra, hogy a modern társadalmak működése szorosan összefonódik ezen rendszerek megbízhatóságával és stabilitásával. A globális gazdasági, politikai és természeti környezet folyamatosan változó feltételei egyre inkább kihangsúlyozzák az ellátási láncok sebezhetőségét és a kritikus infrastruktúra védelmének fontosságát. A legutóbbi világjárvány, regionális konfliktusok és különféle természeti katasztrófák egyértelműen bebizonyították, hogy a zavartalan ellátási láncok biztosítása létfontosságú nemcsak az egyes országok gazdasági stabilitása, hanem a lakosság mindennapi életének fenntartása szempontjából is. A kritikus infrastruktúrák és az ellátási láncok közötti kölcsönös függőségek alaposabb megértése és feltérképezése lehetővé teszi, hogy hatékonyabb védelmi intézkedések és stratégiák kerüljenek kidolgozásra, amelyekkel a kockázatok minimalizálhatók. Az állami és magánszektor közötti szoros együttműködés, valamint a nemzetközi partnerekkel való kooperáció nélkülözhetetlen az infrastruktúrák biztonságának és stabilitásának fenntartásához. Összegzésképpen elmondható, hogy a jövőbeni kihívásokra való felkészülés érdekében a kritikus infrastruktúra és az ellátási láncok területén meg kell erősíteni a kutatásokat, a kockázatértékeléseket és a védelmi mechanizmusokat. Az új technológiák és innovációk alkalmazása, valamint a nemzetközi együttműködés további erősítése jelentheti a kulcsot ahhoz, hogy a társadalmak ellenállóbbá váljanak a jövőbeli krízisekkel szemben. Csak így biztosítható, hogy a modern élethez elengedhetetlen szolgáltatások és erőforrások folyamatosan és biztonságosan rendelkezésre álljanak, függetlenül az őket érő kihívásoktól.

A tanulmány a kutatás korlátainak tekintetében több korláttal is rendelkezik. Lőször is, a tanulmány elsősorban elméleti megközelítést alkalmazott, ezért zükség lenne empirikus adatok gyűjtésére és elemzésére annak érdekében, hogy a javasolt stratégiák gyakorlati hatékonyságát mérni lehessen. Másodszor, a kutatás a kritikus infrastruktúrák és ellátási láncok kapcsolatának csak néhány fő elemét tárgyalja, figyelmen kívül hagyva az ágazatközi függőségek és a regionális eltérések részletes vizsgálatát. A jövőbeli irányvonalakat tekintve a szerzők fontosnak tartják az egyes infrastruktúrákhoz kapcsolódó specifikus kockázati tényezők mélyebb elemzését különös tekintettel az iparág-specifikus kihívásokra, mint például az egészségügyi vagy pénzügyi szolgáltatásokban rejlő kockázatok. Emellett javasolt lenne egy átfogóbb, szimulációkon alapuló modellezés kidolgozása, amely elősegítené a kritikus infrastruktúrák válságállóságának növelését, valamint a valós időben történő reagálási lehetőségek fejlesztését. A jövőben továbbá érdemes lehet, hogy a szerzők a klímaváltozás által előidézett új típusú kockázatokkal szembeni ellenállóképesség növelésére irányuló stratégiák vizsgálatára nagyobb hangsúlyt fektessenek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Forsthoff, E. (1938). *Die Verwaltung als Leistungsträger*. Berlin: Kohlhammer, p. 26.
- Jackson, L. M. (2019). *The psychology of prejudice: From attitudes to social action* (2nd ed.). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000168-000>
- Karagiannis, M. G., Turksezer, I. Z., Alfieri, L., Feyen, L., & Krausmann, E. (2019). *Climate change and critical infrastructure – floods*. Luxemburg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/007069>
- Magyar Értelmező Kéziszótár. (1978). Nagy, G., Juhász, J., & Szőke, I. (szerk.) Budapest: Akadémiai Kiadó, p. 609.
- Aron, L., Botella, M., & Lubart, T. (2019). Culinary arts: Talent and their development. In R. F. Subotnik, P. Olszewski-Kubilius, & F. C. Worrell (Eds.), *The psychology of high performance: Developing human potential into domain-specific talent* (pp. 345–359). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/0000120-016>
- Domboróczky, Z. (2013). Ellátási láncok és logisztikai szolgáltatások biztonsági aspektusai. In Horváth, A., Bányász, P., & Győri, L (Eds.), *Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből* (pp. 226-237). Budapest: Magyar Hadtudományi Társaság.
- Heshmati, M. H. (2020). Impact of Climate Change on Life. In Charles, R. (Eds.), *Environmental Change and Sustainability*. Callisto Reference. <https://doi.org/10.5772/intechopen.94538>
- Khaustova, V., Ilyash, O., Smoliar, L., Bondarenko, D. (2024). Digitalization and Its Impact on the Development of Society. In Sobczak-Michalowska, M., Borah, S., Polkowski, Z., & Mishra, K. S. (Eds.), *Applications of Synthetic High Dimensional Data* (pp. 54-76). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1886-7.ch004>
- Laak, V. D. (1999). Der Begriff Infrastruktur und was er von seiner Erfindung besagte. In Reinhart, K. (Eds.), *Achiv für Begriffsgeschichte* (pp. 280-299). Felix Meiner Verlag GmbH. <https://doi.org/10.28937/AfB>
- Naji, I. H., Ali, H. R., & Kareem, A. E. (2019). Risk Management Techniques. In Emeagwali, L. O. & Aljuhamni, Y. H. (Eds.), *Strategic Management: A Dynamic View*. Intechopen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85801>
- Alcazar, C., & Zeadally, S. (2015). Critical infrastructure protection: Requirements and challenges for the 21st century. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 8. pp. 53-66. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2014.12.002>
- Al-Shboul, A. M. (2017). Infrastructure framework and manufacturing supply chain agility: the role of delivery dependability and time to market. *Supply Chain Management: An International Journal*, 22(2). <https://doi.org/10.1108/SCM-09-2016-0335>
- BalasoIU, I. G. (2023). Security Management in the Context of Supply Chains Technological Upgrades. *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*, 17(1). pp. 200-212. <https://doi.org/10.2478/picbe-2023-0022>
- Baskakova, I., & Malafeev, N. (2017). The Concept of Infrastructure: Definition, Classification and Methodology for Empirical Evaluation. *Engineering, Economics*. <https://doi.org/10.29141/2073-1019-2017-15-3-3>

- Bonyai, T. (2014). A kritikus infrastruktúra védelem elemzése a lakosságfelkészítés tükrében: Doktori értekezés. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem.
- Cantú, C. (2017). Defining Infrastructure and its Effect on Economic Growth. *Equilibrio Económico, Revista de Economía, Política y Sociedad*, 13(1), pp. 77-104.
- Chuprova, D., Gudkova, S., & Marinets, I. (2019). Personnel safety as a tool for leadership in public administration. *Proceedings of the 4th International Conference on Social, Business, and Academic Leadership*. <https://doi.org/10.2991/icsbal-19.2019.11>
- Felice, D. F., Baffo, I., & Petrillo, A. (2022). Critical Infrastructures Overview: Past, Present and Future. *Sustainability*, 14(4): 2233. <https://doi.org/10.3390/su14042233>
- Filho, L. W., Abeldano, A., Sierra, J., & Dinis, P. A. M. (2024). An assessment of priorities in handling climate change impacts on infrastructures. *Scientific Reports*, 14(1). pp. 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64606-3>
- Kovács, F. (2012). A kritikus infrastruktúra védelme I.: jegyzet. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem.
- Mehmood, S., Fan, J., Dokota, S. J., & Nazir, S. (2024). How to Manage Supply Chains Successfully in Transport Infrastructure Projects. *Sustainability*, 16(2): 730. <https://doi.org/10.3390/su16020730>
- Milovanović, G., Milovanović, S., & Radisavljević, G. (2017). Globalization: The key challenge of modern supply chains. *Ekonomika*, 63(1). pp. 31-40. <https://doi.org/10.5937/ekonomika1701031M>
- Módoczné, C. K., Mórocz, A. (2004). Klímaváltozás és a kritikus infrastruktúra. *Agro-21 Füzetek*, 36, pp. 36-63.
- Naceur, B. M., & Rahmani, M. S. (2024). Overview of the climate change impact on the environment and humanity. *International Journal of Educational Research and Development*, 6(1). pp. 9-18.
- Nyitrai, M. (2017). Összehasonlító tanulmány az Európai Unió és az Egyesült Államok kritikus infrastruktúra védelem szabályozása és megvalósítása területein. *Hadtudományi Szemle*, 10(2). pp. 232-253.
- Udeanu, G. (2015). A New Approach to the European Programme for Critical Infrastructure Protection. *International conference Knowledge-Based Organization*, 21(1). <https://doi.org/10.1515/kbo-2015-0022>
- Ushmani, A. (2019). Cyberwarfare History and APT Profiling. *International Journal of Computer Science Trends and Technology*, 7(4). pp 1-3.
- Vidrová, Z. (2020). Supply chain management in the aspect of globalization. *SHS Web of Conferences*, 74:04031. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20207404031>
- Vishkaei, M. B., & Giovanni, D. P. (2024). The Impact of Business Continuity on Supply Chain Practices and Resilience Due to COVID-19. *Logistics*, 8(2):41. <https://doi.org/10.3390/logistics8020041>
- Wallis, T., & Dorey, P. (2024). Collaboration Practices for the Cybersecurity of Supply Chains to Critical Infrastructure. *Applied Sciences*, 14(13).5805. <https://doi.org/10.3390/app14135805>

Yakorlev, A. V., & Belyaev, A. G. (2023). Global climate change, its consequences and ways to solve the problem. *E3S Web of Conferences*, 390(63). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339004007>

Belügyminisztérium. (2024.05.15). *Kritikus infrastruktúrák védelmével összefüggő hatósági feladatok, jogszabályok*. <https://www.katasztrofavedelem.hu/109/kritikus-infrastrukturak-vedelmevel-osszefuggo-hatosagi-feladatok-jogszabalyok>

Wolters Kluwer. (2024.05.15). *2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről*. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200166.tv>