

Szakályné Gyürü Karina

Fenntartható műszaki fejlesztések a polgári védelemben

Az energiatakarékos és környezetbarát technológiák szerepe

A polgári védelmi szervezetek működésében kiemelt jelentőségű a fenntartható és energia-takarékos műszaki fejlesztések alkalmazása. A klímaváltozás és a természeti katasztrófák növekvő gyakorisága miatt elengedhetetlen a környezetbarát technológiák integrálása a katasztrófavédelem eszközparkjába. A megújuló energiával működő rendszerek, például a napelemes áramellátó egységek és az energiatakarékos felderítőeszközök jelentősen növelik az autonóm műveletek hatékonyságát. Emellett az alternatív hajtásláncú járművek, az intelligens érzékelőhálózatok és az újrahasznosított anyagok alkalmazása csökkenti a környezeti terhelést. A kutatás célja, hogy feltárja a polgári védelemben alkalmazható fenntartható technológiák jelenlegi és jövőbeli lehetőségeit, valamint meghatározza a környezetbarát innovációk katonai és polgári védelmi műveletekbe történő integrációjának lehetőségeit. Az eredmények hozzájárulhatnak a hatékonyabb, fenntarthatóbb és energiatudatosabb katasztrófavédelmi rendszer kialakításához.

Kulcsszavak: energiatakarékosság, fenntarthatóság, katasztrófavédelem, környezetbarát technológiák, polgári védelem

Bevezetés

A 21. század globális kihívásai, köztük a klímaváltozás, a környezeti károk fokozódása, valamint a természeti és ipari eredetű katasztrófák gyakoribbá válása új szemléletmódot követel meg a katasztrófavédelem területén is. A fenntarthatóság mint átfogó stratégiai elv egyre hangsúlyosabb szerepet kap nemcsak a környezetvédelmi és a gazdasági szférában, hanem a védelmi és a biztonsági szektorban, így a polgári védelemben is [Global Assessment Report (GAR) 2025. Resilience Pays: Financing and Investing for Our Future 2025].

A fenntartható fejlődés célja, hogy hosszú távon biztosítsa a társadalom és a gazdaság működését úgy, hogy közben ne lépjük túl a környezet teherbíró képességét. Ez azt jelenti, hogy olyan fejlődési pályát kell követnünk, amely nem

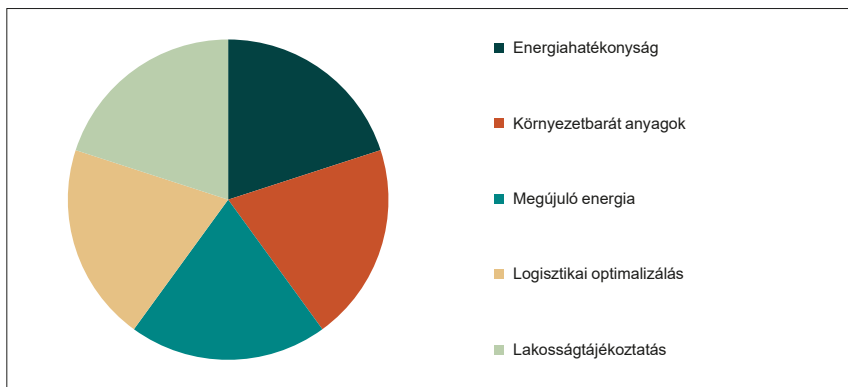
veszélyezteteti a természeti erőforrásokat és az ökológiai egyensúlyt. Valójában világméretű stratégiai irányvonalról van szó, amelyhez világosan meghatározott célok kijelölése és azok következetes megvalósítása szükséges. A *Nemzeti Fenntartható Fejlesztési Keretstratégia* is hangsúlyozza, hogy bár a fenntarthatóság kapcsán elsősorban technológiai megoldásokat, például a megújuló energiaforrások használatát vagy az újrahasznosítást emelik ki, a valóban fenntartható társadalom megteremtése ennél mélyebb, főként kulturális kérdésként jelenik meg (SIBALIN – KÁTAI – URBÁN – CIMER 2023).

A polgári védelmi szervezetek hagyományos feladatkörei – életmentés, kár-elhárítás, lakosságvédelem – mellett ma már megkerülhetetlenné vált működésük környezeti fenntarthatóságának biztosítása is. A katasztrófavédelmi műveletek során alkalmazott technológiák jelentős energiaigénnyel járnak, és a beavatkozások gyakran hagynak jelentős ökológiai lábnyomot. Mindeközben a műszaki fejlesztések terén rendelkezésre állnak olyan környezetbarát megoldások, például megújuló energiát hasznosító rendszerek, alacsony kibocsátású járművek vagy intelligens szenzor-technológiák, amelyek alkalmazása hozzájárulhat a katasztrófavédelmi rendszerek energiahatékonyaságához és környezetkímélő működéséhez (TEKNŐS 2021).

A fenntarthatóság beemelése a polgári védelem rendszerébe nemcsak környezetvédelmi, hanem stratégiai és gazdasági érdek is. Az autonóm energiagazdálkodású mobil egységek, az újrahasznosított vagy környezetbarát anyagokból épült mobil infrastruktúrák és a digitális adatkezelő rendszerek alkalmazása lehetővé teszi a gyorsabb és hatékonyabb reagálást, ugyanakkor csökkenti az erőforrás-felhasználás mértékét.

A környezetbarát technológiák alkalmazása nem csupán eszközhasználati szintű kérdés, hanem szemléleti változást is igényel a védelmi tervezésben. A fenntarthatóság elveinek integrálása a kockázatértékelésbe, a védelmi tervezésbe és a helyreállítási műveletekbe hosszú távon növeli a rendszerek rugalmasságát és alkalmazkodóképességét a megváltozott környezeti kihívásokhoz (MUHORAY 2016).

Jelen tanulmány célja, hogy átfogó képet adjon a fenntarthatóság és az energia-takarékosság szerepéről a polgári védelmi műszaki fejlesztésekben. A cikk bemutatja a fenntartható technológiai megoldások elméleti alapjait és gyakorlati alkalmazási lehetőségeit, elemzi a hazai és nemzetközi példák tanulságait, valamint értékeli a fejlesztés előtt álló kihívásokat és lehetőségeket. A vizsgálat különös figyelmet fordít a megújuló energiával működő eszközökre, az alternatív hajtású járművekre, az intelligens felderítési rendszerekre, valamint az újrahasznosított anyagokból épült infrastruktúrákra. Az elemzés célja, hogy hozzájáruljon a fenntarthatóbb, energiahatékonyabb és technológiailag modern polgári védelmi rendszer kialakításához Magyarországon és nemzetközi szinten egyaránt (TEKNŐS 2023).



12.1. ábra. A polgári védelem fenntarthatósági pillérei

Forrás: a szerző szerkesztése

A fenntarthatóság elvei a polgári védelemben

Az energiatakarékos működés szükségessége

A fenntarthatóság a 21. század egyik legfontosabb globális kihívása, amely egyre nagyobb hangsúlyt kap a közszolgáltatások és a nemzetbiztonság területén is. A katasztrófavédelem mint a közrend és a lakossági biztonság fenntartásának egyik kulcseleme jelentős erőforrásokat igényel, különösen energiafelhasználás szempontjából. A védekezés, a mentés, valamint a helyreállítás során használt járművek, logisztikai rendszerek, kommunikációs eszközök és infrastrukturális megoldások jellemzően nagy energiaigényűek. Ez az energiafelhasználás gyakran fosszilis energiahordozókra épül, így a tevékenységek jelentős környezeti lábnyomot hagynak.

A 12.1. ábra a polgári védelem fenntarthatósági pilléreit szemlélteti, amelyek egymásra épülve alkotnak komplex rendszert.

A fenntartható katasztrófavédelem célja, hogy csökkentse ezt az ökológiai terhelést, miközben nem veszélyezteti a beavatkozások hatékonyságát. Az energiatakarékos működés előtérbe helyezése nem csupán környezeti, hanem gazdasági és stratégiai érdek is, különösen hosszan elnyúló válsághelyzet vagy természeti katasztrófa során, amikor az energiaellátás akadózhat vagy teljesen megszűnhet.

Az energiatakarékosság megvalósításához elengedhetetlen az erőforrás-hatékonyság, az alternatív energiák alkalmazása, valamint a mobil autonóm rendszerek fejlesztése. Például az olyan hordozható világítási rendszerek, amelyek napenergiával vagy kis teljesítményű generátorokkal működnek, nemcsak fenntarthatóbbak, de kisebb logisztikai terhet is rónak a beavatkozó egységekre.

Zöldtechnológiák a mentési és helyreállítási műveletekben

A zöldtechnológia fogalma azokat az innovatív megoldásokat takarja, amelyek minimalizálják a környezetre gyakorolt negatív hatásokat, miközben hatékonyan támogatják az alapfeladatok végrehajtását. A polgári védelemben a zöldtechnológiák alkalmazása egyre inkább valós gyakorlattá válik. A napelemes és hibrid áramellátó rendszerek alkalmazása a műveleti bázisok energiaellátásában jelentős előrelépést jelent. Az alternatív hajtásláncú járművek, így az elektromos, hibrid vagy hidrogénhajtású eszközök bevetése a szállítási és mentési feladatok során nemcsak környezetbarát, hanem gyakran csendesebb üzemelést is biztosít. Az okoseszközök, például az alacsony energiafogyasztású szenzorhálózatok és a dróntechnológia alkalmazása a felderítésben új dimenziókat nyit meg a hatékonyság és a pontos adatgyűjtés terén. A víz- és hulladékgazdálkodási rendszerek, amelyek a helyreállítás során keletkező anyagok újrahasznosítására és szennyezésmentesítésre alkalmasak, szintén fontos elemei a fenntartható megközelítésnek.

A zöldtechnológiák különösen fontos szerepet játszanak a helyreállítási szakaszban, amely gyakran hosszabb ideig tart, mint maga a mentés. A hosszan tartó katasztrófhelyzetek esetében, például árvíz utáni infrastruktúra-helyreállításnál a fenntartható megoldások alkalmazása csökkenti a költségeket, mérsékli a környezeti károkat és hozzájárul a helyi közösségek gyorsabb regenerációjához is.

A nemzetközi példák között említhetők az ENSZ Katasztrófakockázat-csökkentési Hivatala (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, UNDRR) által támogatott projektek, ahol megújuló energiával működő mobil bázisokat teszteltek délkelet-ázsiai országokban. Hasonló kezdeményezések Magyarországon is megjelentek, például a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság napelemes töltőállomások és önálló világítótorony-rendszerek kísérleti telepítését kezdeményezte a hivatásos tűzoltóságoknál.

Fenntarthatósági törekvések a katonai és a polgári védelmi rendszerekben

A katonai műszaki tudományok és a polgári védelmi gyakorlat egyre erősebben kapcsolódik a fenntarthatósági elvekhez. A honvédelmi és katasztrófavédelmi együttműködések egyik új iránya a *dual-use* technológiák alkalmazása, azaz olyan eszközök fejlesztése, amelyek békeidőben környezetvédelmi, válsághelyzetben pedig védelmi célokat szolgálnak.

A NATO Környezetvédelmi és Energetikai Iroda több projektjében is előtérbe helyezi a katonai műveletek zöldítését, például a logisztikai lánc környezetbarát átalakítását, az alternatív tüzelőanyagok alkalmazását vagy az energiatakarékos infrastruktúrák kiépítését. Ezek az elvek részben átszűrődnek a polgári védelmi struktúrákba is, különösen az önkéntes mentőszervezetek és a helyi katasztrófavédelmi egységek fejlesztése során.

Hazai szinten a Magyar Honvédség és a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (OKF) közötti együttműködések is egyre gyakrabban fókuszálnak olyan fejlesztésekre, amelyek környezetbarát módon növelik a reagálóképességet. Például mobil víztisztító rendszereket, hibrid áramforrással működő egységeket, valamint olyan kiképzési programokat vezettek be, amelyek kiemelik az ökológiai tudatosságot (*NATO Energy and Environmental Protection Programme 2021*).

Ezek a törekvések hosszú távon nemcsak a környezet védelmét szolgálják, hanem hozzájárulnak a fenntartható biztonsági és védelmi rendszer kialakításához is, amely képes hatékonyan reagálni a komplex, többdimenziós válsághelyzetekre.

Az innovatív, energiatakarékos és környezetbarát technológiák alkalmazása

A fenntarthatóság előmozdításának egyik legkritikusabb eszköze a polgári védelem területén az innovatív technológiák bevezetése, amelyek nemcsak az energiahatékonyságot növelik, hanem hozzájárulnak a környezeti terhelés csökkentéséhez is. A korszerű műszaki megoldások integrációja lehetővé teszi a polgári védelmi szervezetek számára, hogy alkalmazkodjanak az új típusú kockázatokhoz, miközben erősítik a helyreállítási műveletek rugalmasságát és hatékonyságát.

A megújuló energiák használata a polgári védelemben

A katasztrófavédelemben alkalmazott energiaellátási rendszerek korábban jellemzően dízel- vagy benzinüzemű generátorokra épültek, amelyek működése jelentős károsanyag-kibocsátással járt. Napjainkban egyre több példát látunk arra, hogy a megújuló energiaforrásokat, különösen a napenergiát integrálják a terepi műveletekbe. A napelemes áramellátó rendszerek előnye, hogy telepítésük gyors, karbantartási igényük alacsony, és nem generálnak zaj- vagy légszennyezést.

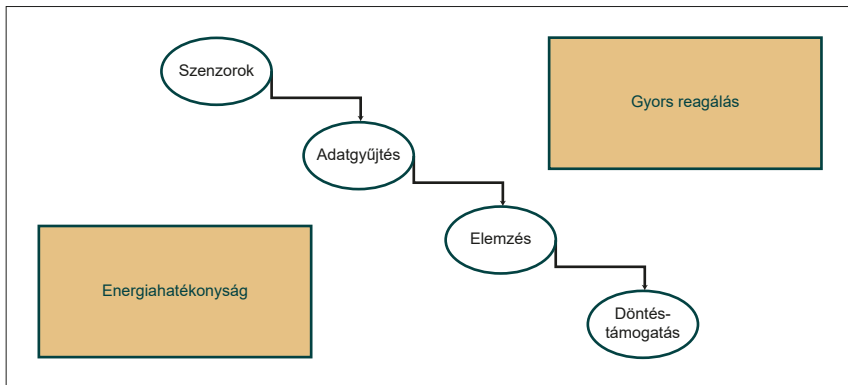
Ezeket a rendszereket mobil műveleti egységek energiaellátására, kommunikációs bázisok működtetésére vagy éppen világítási feladatokra is alkalmazzák. A Bundesanstalt Technisches Hilfswerk például mobil napelemes töltőállomásokat használ kisebb eszközök, drónok vagy kommunikációs rendszerek áramellátására, így növelve az autonóm működés időtartamát (OV Bad Honnef 2013).

Magyarországon is megjelentek olyan kezdeményezések, amelyek célja a megújuló energiák bevonása a védelmi infrastruktúrába. A BM OKF által 2023-ban indított pilotprojekt során hibrid rendszerekkel, amelyek napelemet, akkumulátort és aggregátort kombinálnak, szereltek fel több mobil irányítási pontot, amelyek katasztrófahelyzetekben önálló energiaellátást tudnak biztosítani.

Környezetbarát járművek és szállítóeszközök

A beavatkozó egységek mobilitása elengedhetetlen a gyors és hatékony reagáláshoz. A hagyományos járművek üzemeltetése ugyanakkor jelentős ökológiai lábnyomot hagy, amely nemcsak a környezetre káros, de hosszú távon a működési költségeket is növeli. Ennek megfelelően több ország, köztük Ausztria, Hollandia és Svédország zöldjárműflottát épít ki a polgári védelem területén, főként elektromos vagy hibrid hajtásláncú gépjárművek alkalmazásával (*European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations* 2021).

Az elektromos járművek csendes üzemelése előnyt jelenthet mentési műveletek során, különösen lakott területeken. Az akkumulátortechnológia fejlődése lehetővé teszi, hogy ezek a járművek hosszabb műveleti időtartamra is bevetethők legyenek, különösen ha mobil töltőállomásokkal kombinálják azokat. Kiemelendő, hogy a hidrogénhajtású járművek alkalmazása még kísérleti stádiumban van, azonban hosszabb távon komoly alternatívát jelenthet, különösen nagyobb hatótávolságot igénylő műveleteknél (*International Energy Agency* 2022).



12.2. ábra. Egyszerű folyamatábra

Forrás: a szerző szerkesztése

Hazánkban egyelőre korlátozott a zöldjárművek elterjedtsége a katasztrófa-
védelemben, ugyanakkor a *Zöld Katasztrófavédelem 2030* stratégia előirányozza
elektromos terepjárók és hibrid erőforrással rendelkező szállítójárművek be-
szerzését a következő években.

Okosérzékelő- és okos-felderítőrendszerek

A kockázatalapú védekezés korszerű eszközeinek egyik fő pillérét az intelli-
gens, alacsony energiafogyasztású szenzorok jelentik. Az IoT-technológiákra
épülő rendszerek lehetővé teszik az adatok folyamatos, valós idejű gyűjtését
és továbbítását. Ezek segítségével korai figyelmeztetőrendszerek, veszélyjelző
hálózatok és kockázatelemző algoritmusok működtethetők, csökkentve a károk
bekövetkezésének valószínűségét és mértékét. A Nemzeti Közszerződési Egyetem
Katonai Műszaki Doktori Iskola kutatói által 2022-ben bemutatott projekt során
olyan okos-monitoringrendszert fejlesztettek, amely szenzorok segítségével
képes mérni a talajnedvességet, a levegő összetételét, valamint a hőmérsékleti
anomáliákat, mindezt önellátó, napelemmel működő egységekkel. Nemzetközi
szinten a japán Fire and Disaster Management Agency (FDMA) például integrált
drón- és szenzorhálózatot alkalmaz az erdőtüzek korai észlelésére és a károk fel-
térképezésére. Az eszközök minimális energiaigényük mellett megbízható adatokat
szolgáltatnak a beavatkozó egységeknek, lehetővé téve a célzott reagálást (*Fire*

and Disaster Management Agency [é. n.]). Ahhoz, hogy az energiahatékonyság és a gyors reagálás megvalósuljon, elengedhetetlen a következő folyamatok egymásra épülése. A 12.2. ábra egyszerű folyamatábrát mutat be, amely szemlélteti az energiahatékony működés lépéseit.

Újrahasznosított és fenntartható anyagok a védelmi infrastruktúrában

A védelmi létesítmények építése és fenntartása során is egyre nagyobb szerepet kapnak a környezetbarát, újrahasznosított vagy helyben előállított anyagok. A logisztikai bázisok, ideiglenes szálláshelyek, depók és mobil parancsnoki pontok kialakításánál már elérhetők olyan megoldások, amelyek akár 80%-ban újrahasznosított anyagokból készülnek. Ilyen például a kompozit panelek használata, amelyek könnyűek, strapabírók, és kiváló hőszigetelési tulajdonságokkal rendelkeznek. A norvég Directorate for Civil Protection új bázisai ilyen moduláris elemekből épülnek, csökkentve a környezeti terhelést. Magyarországon az MH Anyagellátó Raktárbázis projekt keretében új típusú, újrahasznosított műanyagból készült mobil raktárkonténert teszteltek, amelynek karbonlábnyoma 40%-kal alacsonyabb volt a hagyományos acélszerkezetű megoldásokénál (*Az MH Anyagellátó Raktárbázis parancsnokának pályázati felhívása 2023*).

Gyakorlati példák és esettanulmányok

A fenntarthatóság elvei a gyakorlatban csak akkor érvényesülnek hatékonyan, ha azok konkrét alkalmazási példákban, projekteken is megjelennek. Az alábbi fejezet hazai és nemzetközi példákon keresztül mutatja be, hogyan integrálhatók a környezetbarát, energiatakarékos technológiák a polgári védelmi és katasztrófavédelmi rendszerekbe. Külön figyelmet érdemelnek azok az együttműködési modellek, ahol a honvédség és a katasztrófavédelem közös erőforrásokkal hozott létre zöldinnovációkat.

Nemzetközi és hazai példák környezetbarát polgári védelmi fejlesztésekre

Németország területén a Technisches Hilfswerk már több mint egy évtizede integrál megújuló energiákat és zöldtechnológiákat a működésébe. Az úgynevezett Grüne

Einsatzmodule, azaz a zöld-bevetésiegységek olyan mobil egységek, amelyek saját napelemmel és akkumulátoros energiatárolóval működnek, biztosítva az energiafüggetlen működést akár több napig is. Ezeket az egységeket terepi irányítóközpontok, elsősegély-állomások vagy kommunikációs bázisok táplálására használják.

Finnország esetében a Védelmi Minisztérium és a finn katasztrófavédelmi hatóság együttműködésében több fenntartható logisztikai bázist alakítottak ki, amelyek biomassa-alapú fűtési rendszert, valamint esővízgyűjtést használnak. Ezek az állomások nemcsak környezetbarátak, hanem gazdaságilag is hatékonyabb működést biztosítanak, különösen a hosszabb ideig tartó katasztrófavédelmi műveletek során.

Magyarországon 2022-ben a BM OKF elindította a *Zöld Katasztrófavédelem* programot, amelynek célja a környezeti fenntarthatóság beépítése a polgári védelmi gyakorlatba. Ennek keretében napenergiával működő világítótesteket, hibrid aggregátorokat, valamint újrahasznosított műanyagból készült logisztikai tárolókat vezettek be. A projekt részeként pilotprogram indult a tűzoltóságon belül is, ahol hibrid üzemű járműveket tesztelnek városi és vidéki környezetben.

Bécs város katasztrófavédelmi igazgatósága elektromos hajtásláncú mentőflottát állított üzembe, amely különösen a városi bevetések során bizonyult hatékonyak. A mentőautók napelemmel felszerelt garázsokban parkolnak, így saját töltési infrastruktúrával rendelkeznek. Ez a megoldás a környezeti terhelés csökkentésén túl a logisztikai függőségek minimalizálását is szolgálja (Berufsfeuerwehr Wien nun mit zwei elektrisch angetriebenen Basislöschfahrzeugen im Einsatz 2023).

A haderő és a katasztrófavédelem közös zöldprojektjei

A NATO 2014-ben elfogadta a *Green Defence Framework* című dokumentumot, amely a tagállamok számára közös célként fogalmazza meg a fenntartható és környezetbarát megoldások alkalmazását a védelmi szektorban. Ennek részeként több tagállamban is kialakítottak olyan közös kiképző- és bevetési bázisokat, amelyek megújuló energiával működnek. Magyarország részvétele is erősödött ezen a területen a NATO Energy Security Centre of Excellence révén, amelyben a Honvédelmi Minisztérium és a BM OKF közösen vesz részt.

A Magyar Honvédség és a BM OKF között 2023-ban indított közös fejlesztési program célja egy moduláris, környezetbarát műveleti egység prototípusának létrehozása volt. A rendszer része volt egy napelemekkel és szélgenerátorral felszerelt, elektromos aggregátort használó konténer, amely a helyszíni irányítás, az informatikai támogatás és a világítás energiaellátását biztosította. A rendszer

kipróbálására az MH Bakony Harckiképző Központ területén került sor szimulált árvízhez helyzet során, ahol a BM OKF és a honvédség egységei közösen gyakorolták az interoperábilis működést.

A Nemzeti Közszerolálati Egyetem katonai műszaki és katasztrófavédelmi kutatócsoportja olyan drónrendszert fejlesztett ki, amely könnyű, újrahaznosított műanyagból készült, és napelemekkel van felszerelve. A projekt célja, hogy a drónok akár napokon át képesek legyenek alacsony magasságban autonóm felderítést végezni, például erdőtűzek, árhullámok vagy ipari balesetek esetén. A prototípus tesztelése 2023-ban történt a Tisza árterében, sikeres eredményekkel.

Kihívások és jövőbeli fejlesztési lehetőségek

A környezetbarát, fenntartható technológiák beépítése a polgári védelem rendszerébe nem csupán lehetőség, hanem a 21. század egyik legfontosabb követelménye. Ugyanakkor e folyamat számos technológiai, pénzügyi és szabályozási kihívással jár, amelyek leküzdése csak tudatos stratégiai tervezéssel és interdiszciplináris együttműködéssel lehetséges.

E kihívások közé tartozik az éghajlatváltozás és a biztonságpolitikai környezet kapcsolatának egyre hangsúlyosabb vizsgálata is. Az éghajlati kockázatok nemcsak a lakosságvédelem feladataira, hanem a katonai és a polgári védelmi szervezetek felkészítésére, eszközparkjára és alkalmazási gyakorlatára is hatással vannak. A jövőben kiemelt figyelmet kell fordítani arra, hogyan lehet a polgári védelem rendszerében alkalmazott technológiákat úgy fejleszteni, hogy azok alkalmasak legyenek a klímaváltozásból fakadó új típusú természeti katasztrófák kezelésére, ugyanakkor hozzájáruljanak a környezeti fenntarthatósághoz. Ez egyaránt érinti a védekezésre használt erőforrások optimalizálását, a zöldtechnológiák integrálását, valamint a haderő és a civil védelmi szervezetek közötti együttműködés erősítését, hiszen a katasztrófák során egyre gyakrabban szükség van katonai kapacitások bevonására is. A komplex helyzetek kezelése átfogó stratégiát kíván, amely ötvözi a környezeti, biztonsági és technológiai szempontokat (PADÁNYI 2022).

Technológiai és pénzügyi akadályok

A fenntartható műszaki fejlesztések bevezetésének egyik elsődleges akadálya a magas beruházási költség. A megújuló energiával működő eszközök, például a

napelemes egységek, az elektromos járművek vagy az IoT-alapú szenzorrendszerek beszerzése és integrálása jelentős költséget jelent, különösen ha ezeket nagy rendszerekbe kell illeszteni. Emellett a meglévő infrastruktúrák gyakran nem kompatibilisek az új technológiákkal, így azok cseréje vagy korszerűsítése további pénzügyi terhet ró az érintett szervezetekre.

További problémát jelent a karbantartási és üzemeltetési költségek előre nem látható mértéke, különösen olyan technológiák esetén, amelyek még nem eléggé elterjedtek vagy szabványosítottak. Ilyen például az energiatárolás technológiája, amely jelenleg még gyorsan változó terület, és jelentős technikai kockázatokat is hordoz.

A technológiai akadályok között kiemelendő az interoperabilitás kérdése is. Az új eszközöknek kompatibilisnek kell lenniük a meglévő rendszerrel, különösen katasztrófavédelemben, ahol a gyors és hatékony integráció kulcsfontosságú. Amennyiben például egy új típusú elektromos mentőjármű nem kapcsolható be zökkenőmentesen a távközlési és logisztikai rendszerbe, hatékonysága jelentősen csökkenhet.

Jogszabályi és stratégiai szempontok

Bár az Európai Unió több irányelvében, például az *európai zöld megállapodás* keretében ösztönzi a fenntartható technológiák bevezetését, a tagállami jogalkotás nem minden esetben tart lépést a technológiai fejlődéssel. Magyarországon például a katasztrófavédelmi jogszabályok közé, mint a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény vagy annak végrehajtási rendelete, a 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet, még nem épültek be átfogóan az energiatakarékosságra és a fenntarthatóságra vonatkozó követelmények [The European Green Deal (é. n.); 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet].

Stratégiai szinten ugyan léteznek kezdeményezések, mint például a *Nemzeti Energiastratégia 2030*, azonban ezek gyakran nem tartalmazzak konkrét intézkedési tervet a polgári védelem műszaki fejlesztéseire vonatkozóan. Ez jelentős hiányosság, mivel a katasztrófavédelem olyan kritikus infrastruktúrát képvisel, amely fokozottan kitett a klímaváltozás hatásainak, és amelynek működése során az energiahatékonyság kulcsfontosságú tényező (Elkészült a „Nemzeti Energiastratégia 2030” című kiadvány 2012).

A polgári védelem jövőbeli kutatási irányai között kiemelt jelentőséget kap az Európai Unió polgári védelmi mechanizmusához kapcsolódó feladatkör, amelynek

központi célja a természeti és emberi eredetű katasztrófákra adott válaszingázke-
dések összehangolásának továbbfejlesztése. Ez a mechanizmus arra hivatott, hogy
erősítse a nemzeti polgári védelmi szervezetek közötti együttműködést, növelje a
lakosság katasztrófákra vonatkozó ismereteit és felkészültségét, valamint gyors,
hatékony és összehangolt támogatást nyújtson a bajba jutott országok számára.
Az Európa Tanács 2022 decemberében új rendelkezéseket vezetett be annak
érdekében, hogy biztosítsa, hogy az olyan kulcsfontosságú ágazatok, mint az
energia-, a vízellátás, a közlekedés és az egészségügy, képesek legyenek a hibrid
támadások, a természeti katasztrófák, a terrorfenyegetések és a közegészségügyi
vészhelyzetek megelőzésére, kivédésére, kezelésére, valamint az ezek utáni helyre-
állításra (VASS et al. 2024).

Jövöbeli fejlesztési lehetőségek és kutatási irányok

A technológiai fejlődés dinamikusan kínálja azokat a lehetőségeket, amelyek
rén a katasztrófavédelmi rendszerek fenntarthatóbbá és energiahatékonyabbá
válhatnak. A mobil napelemes töltőállomások továbbfejlesztése nemcsak kom-
munikációs eszközök töltését, hanem nagyobb rendszerek, például vízszivattyúk
és világítási eszközök energiaellátását is biztosíthatja. Az energiafüggetlen ideig-
lenes menedékhelyek kialakítása, amelyek öntöltő rendszerekkel, hőszigetelt
paneleköl és újrahazsnosított anyagoköl készülnek, valamint rövid idő alatt
üzembe helyezhetők, szintén fontos fejlesztési terület.

A vezeték nélküli okos-érzékelőrendszerek fejlesztése minimalizálja a te-
lepítési időt és az energiafogyasztást, ugyanakkor nagy térképi lefedettséget
biztosít. Az intelligens energiamedzsmment-rendszerek alkalmazása a műveleti
központokban lehetővé teszi a fogyasztási adatok valós idejű monitorozását és
optimalizálását.

A kutatás-fejlesztés további irányai között megjelenik az anyagtechnológiai
innováció területe. A könnyű, mégis strapabíró, újrahazsnosított anyagok alkalma-
zása a védelmi infrastruktúrában nemcsak környezetbarátabbá, hanem könnyebben
mozgathatóvá és olcsóbban előállíthatóvá is teszi a bevetési eszközöket.

Szintén ígérates terület a digitális ikrek alkalmazása a kockázatkezelésben.
Adott infrastruktúra vagy védelmi egység valós idejű digitális mása lehetővé
teszi a hatékonyabb tervezést, a hibák előrejelzését és az energiafelhasználás
optimalizálását (UNEP 2022).

Összegzés és következtetések

A 21. században a katasztrófavédelem és a polgári védelem rendszerei új típusú kihívásokkal szembesülnek. A klímaváltozás, az egyre gyakoribb természeti katasztrófák, valamint a társadalmi és gazdasági sebezhetőség fokozódása egyértelművé teszi, hogy a hagyományos megoldások önmagukban nem elegendők a biztonság fenntartásához. Ebben a kontextusban a fenntartható technológiai fejlesztések szerepe felértékelődött, nemcsak környezeti szempontból, hanem a rendszer működőképessége, hatékonysága és jövőállósága tekintetében is.

A cikk célja az volt, hogy átfogó képet adjon a környezetbarát, energiatakarékos és fenntartható műszaki megoldások polgári védelemben való alkalmazásáról, valamint azok aktuális és jövőbeni szerepéről. A bemutatott példák, úgymint napelemes töltőegységek, elektromos és hidrogénmeghajtású járművek, IoT-alapú szenzorhálózatok és újrahasonított anyagok, jól érzékeltetik, hogy a technológiai fejlődés lehetőséget biztosít a katasztrófavédelmi kapacitások bővítésére, miközben csökkenti az ökológiai lábnyomot.

A környezetbarát fejlesztések különös jelentőséggel bírnak a katonai műszaki tudományok területén is. A kettős hasznosítású technológiák, amelyek katonai és civil célokra egyaránt alkalmazhatók, elősegíthetik a védelmi szektor és a polgári védelem közötti szinergiákat. A fenntarthatóság elveinek integrálása a katonai műszaki tervezésbe hosszú távon nemcsak környezeti, hanem logisztikai és gazdasági előnyöket is kínál, különösen az energiaellátási biztonság, a mobilitás és az autonóm működés szempontjából (SZAKÁLYNÉ GYÜRŰ – TEKNŐS – AMBRUSZ 2025).

Az elemzés rávilágított arra is, hogy a fenntartható fejlesztések elterjedését jelenleg több tényező akadályozza. Ezek között megtalálhatók a pénzügyi korlátok, a technológiai interoperabilitás hiányosságai, a megfelelő képzési és karbantartási háttér hiánya, valamint a szabályozási környezet hiányosságai is. Ezen kihívások leküzdése nem lehetséges pusztán technikai megoldások révén, stratégiai tervezésre, szakpolitikai támogatásra és átfogó szabályozási keretekre is szükség van.

A jövőre nézve számos kutatási és fejlesztési irány mutatkozik, amelyek hozzájárulhatnak a környezetbarát innovációk integrációjához a polgári védelem rendszerébe. A multidiszciplináris megközelítés kialakítása a műszaki, környezetvédelmi és humán tényezők együttes figyelembevételével elengedhetetlen. A nemzetközi tapasztalatok adaptálása, különös tekintettel a NATO és az ENSZ fenntarthatósági programjaira, szintén fontos szerepet játszik. A tudásmegosztó platformok létrehozása, ahol a fejlesztők, a kutatók és a beavatkozó szervek közösen dolgozhatnak új, alkalmazható megoldásokon, valamint a hazai szabályozás korszerűsítése,

beleértve a katasztrófavédelmi törvény és az irányadó kormányrendeletek módosítását, kiegészítését környezeti fenntarthatósági elvekkel, szintén kulcsfontosságú lépés (NATO Climate Change and Security Action Plan 2021).

Összességében kijelenthető, hogy a polgári védelem és a katasztrófavédelem nem maradhat ki a fenntarthatóság globális mozgalmából. Az ökológikus szemlélet nem csupán erkölcsi és társadalmi felelősség, hanem a rendszer biztonságos, hatékony és hosszú távon fenntartható működésének egyik alapfeltétele. A környezetbarát technológiák tehát nem a jövő lehetőségei, hanem a jelen követelményei.

SUSTAINABLE TECHNICAL
DEVELOPMENTS IN CIVIL PROTECTION:
THE ROLE OF ENERGY-EFFICIENT AND
ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGIES

The application of sustainable and energy-efficient technical innovations plays a key role in the operation of civil protection organizations. Due to the increasing frequency of climate change-related events and natural disasters, the integration of environmentally friendly technologies into disaster management equipment has become essential. Renewable energy-powered systems, such as solar-powered electricity units and energy-efficient reconnaissance tools, significantly enhance the efficiency of autonomous operations. Furthermore, the use of alternative propulsion vehicles, smart sensor networks, and recycled materials reduces environmental impact. The aim of this research is to explore the current and future potential of sustainable technologies applicable in civil protection, and to define the possibilities for integrating environmentally friendly innovations into both military and civil protection operations. The results may contribute to the development of a more efficient, sustainable, and energy-conscious disaster management system.

Keywords: energy saving, sustainability, disaster management, environmentally friendly technologies, civil protection

Felhasznált irodalom

- 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról.
- Az MH Anyagellátó Raktárbázis parancsnokának pályázati felhívása (2023). Magyar Honvédség. Online: <https://cdn.kormany.hu/uploads/document/b/b9/b9a/b9a8103f7dd6314d4d0ecadbf936a-051167a1d6a.pdf>

- Berufsfeuerwehr Wien nun mit zwei elektrisch angetriebenen Basislöschfahrzeugen im Einsatz (2023). *Stadt Wien*, 2023. június 24. Online: https://presse.wien.gv.at/kategoriennavigation/-/asset_publisher/zraFORwNk9Zp/content/2023-06-24-berufsfeuerwehr-wien-nun-mit-zwei-elektrisch-angetriebenen-basisloeschfahrzeugen-im-einsatz
- Elkészült a „Nemzeti Energiastratégia 2030” című kiadvány (2012). *Kormányzat*, 2012. február 14. Online: <https://2010-2014.kormany.hu/hu/nemzeti-fejlesztési-miniszterium/klima-es-energiagyi-allamtitkarsag/hirek/elkeszult-a-nemzeti-energiastrategia-2030-cimu-kiadvany>
- European Civil Protection and Humanitarian Aid Operations [é. n.]. *European Commission*. https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu/index_en?prefLang=hu
- Fire and Disaster Management Agency* [é. n.]. Online: <https://www.fdma.go.jp/>
- Global Assessment Report (GAR) 2025. Resilience Pays: Financing and Investing for Our Future (2025). *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*. Online: <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-gar-2025-resilience-pays-financing-and-investing-our-future>
- International Energy Agency (2022): Hydrogen for Emergency Response Vehicles. *IEA Publications*. Online: <https://www.iea.org/reports/>
- MUHORAY Árpád (2016): *Katasztrófa megelőzés I.* Budapest: Nemzeti Közszerológiai Egyetem.
- NATO Climate Change and Security Action Plan (2021). *NATO*, 2021. június 14. Online: <https://www.nato.int/en/about-us/official-texts-and-resources/official-texts/2021/06/14/nato-climate-change-and-security-action-plan>
- NATO Energy and Environmental Protection Programme* (2021). NATO Energy Security Centre of Excellence.
- OV Bad Honnef (2013): Informationsveranstaltung: Der Solarboom und seine Folgen für das THW. *THW OV Bad Honnef*, 2013. április 16. Online: <https://ov-bad-honnef.thw.de/aktuelles/aktuelle-meldungen/artikel/informationsveranstaltung-der-solarboom-und-seine-folgen-fuer-das-thw>
- PADÁNYI József (2022): *Kihívások, kockázatok, válaszok: Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatása a katonai erőre.* Budapest: Ludovika. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/24871>
- SIBALIN Iván – KÁTAI-URBÁN Lajos – CIMER Zsolt (2023): A geomérnökség lehetséges energiaipari biztonsági vonatkozásai a környezeti fenntarthatóság keretrendszerében. *Műszaki Katonai Közöny*, 33(4), 63–76. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.4.5>
- SZAKÁLYNÉ GYÜRÜ Karina – TEKNŐS László – AMBRUSZ József (2025): Innovatív megközelítések a mentőszervezetek árhullámok idején történő hatékony bevetésére, kiemelve a dróntechnológia alkalmazásának lehetőségeit. *Polgári Védelmi Szemle*, 17(Ksz), 437–448.
- TEKNŐS László (2021): A katasztrófavédelem fenntartható fejlődéssel, klímavédelemmel kapcsolatos feladatainak elemzése, értékelése. In FÖLDI László (szerk.): *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I.* Budapest: Ludovika, 217–232.
- TEKNŐS László (2023) *A katasztrófatudomány terminológiai vizsgálata, tudományometriai elemzése.* Budapest: Ludovika. Online: https://doi.org/10.36250/01118_00
- The European Green Deal [é. n.]. *European Commission*. Online: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- UNEP (2022): *Digital Twins for Environmental Monitoring: United Nations Environment Programme.*
- VASS Gyula et al. (2024): A katasztrófavédelmi kutatások eredményei és fejlesztése a rendészettudomány rendszerében. *Belügyi Szemle*, 72(5), 815–833. Online: <https://doi.org/10.38146/BSZ-AJIA.2024.v72.i5.pp815-833>

