

OCKSAY ISTVÁN*

A TERMOBÁRIKUS HATÁS ÉS AZ AZON ALAPULÓ FEGYVEREK TÖRTÉNETE

I. RÉSZ

Összefoglalás: Az orosz–ukrán háború kapcsán egyre gyakrabban említik a különféle termobárikus fegyvereket, és az azokkal végrehajtott csapások pusztító hatásairól is rengeteg videó terjed különféle közösségi médiafelületeken. Mit kell tudnunk ezekről a harceszközökről, milyen hatáson alapul hatalmas pusztítóerejük? Hogyan fejlődtek ki, és melyek ezeknek jellemző képviselői? Mik a technikai jellemzői, mely országok alkalmazzák őket? A szerző cikksorozatában a fenti kérdésekre keresi a választ, de azt is megvizsgálja, hogy egyáltalán legális-e ezeknek a fegyvereknek a használata.

Kulcsszavak: termobárikus hatás, orosz–ukrán háború, termobárikus fegyverek

Abstract: In the news about the Russo-Ukrainian war, we hear more and more about the various thermobaric weapons and the devastating effects of their strikes are also widely reported on social media. What exactly is this weapon, and what is the basis of its enormous destructive power? How did today's thermobaric weapons evolve and which are the most common ones? What are the technical characteristics of these weapons and which countries use them? Is it even legal to use these weapons? In this series of articles, the author looks for answers to the above questions, but also examines whether the use of these weapons is legal at all.

Keywords: thermobaric effect, Russo-Ukrainian war, thermobaric weapons

MI IS AZ A TERMOBÁRIKUS FEGYVER?

A termobárikus fegyverek létrejöttét azok a fejlesztések tették lehetővé, amelyek célja a minél nagyobb pusztítás és rombolási képesség elérése volt, hagyományos, nem nukleáris robbantás által. További célként szerepelt az is, hogy a robbanás keltette hatásnak lehetőleg semmi ne állhassa útját, ne lehessen ellene hatásosan védekezni. Azonban először tisztázni érdemes, hogy mit is nevezünk robbanásnak: „egy anyagi rendszer igen gyors

szétomlását, ha az nagy energiameennyiség felszabadulásával jár együtt”.

[1] A robbanást, annak jellege szerint, három nagy csoportra lehet felosztani: fizikai jellegű, atommag-átalakulás jellegű és kémiai jellegű robbanások. Ez utóbbi felosztható további két nagy csoportra: térrobbanásra és kondenzált fázisú robbanásra. Ez utóbbi a hagyományos ipari vagy katonai robbanóanyagok sajátja, és az anyag kémiai összetevőjének megváltozásával jár, míg az előbbi típusú robbanások során a résztvevő anyagok legalább

egyike gáznemű anyag. Ezek jellemzően az aeroszol-robbanóanyagok. [1; 19–20.] Többféle elnevezés alatt lehet ezekkel a robbanóanyagokkal találkozni: üzemanyag–levegő robbanóanyag (Fuel-Aerosol Explosive – FAE), vákuum- vagy aeroszol-robbanóanyag, de cikksorozatomban következetesen – a napjainkban legjobban elterjedt kifejezéssel – termobárikus fegyvernek fogom nevezni.

A fegyvertípus kialakításához azok a megfigyelések – és azok megértése – vezettek, amelyek jellemzően szén-, gabona- vagy fűrészpor robbanásakor keletkeztek, ahol a levegővel homogén módon elkeveredő éghető anyag egy szikra hatására nagy erejű robbanást váltott ki. Az egyik legnagyobb ilyen jellegű ipari baleset több mint 50 évvel ezelőtt, 1974. június 1-én történt az angliai Flixborough településen álló NYPRO UK Ltd. vegyipari vállalatnál, amikor egy hatalmas felhő robbanásveszélyes ciklohexán robbant fel egy villanymotor szikrája miatt, okozva akkora robbanást a gyártelepen, ami megegyezett 16 t TNT robbanásával. [2] A termobárikus fegyverek viszonylag egyszerű alapelven működnek: finoman eloszlatott

* PhD, katonai
szakíró. ORCID:
0000-0003-0279-8215

robbanóanyag-felhőt hoznak létre a célterületen, amelyet egy adott pillanatban – amikor a robbanóanyagból¹ keletkezett finomszemcsés felhő kellemő mértékben eloszlott – felrobbantanak. A termobárikus fegyver egy üzemanyagtartály, amelyben két külön robbanótöltet található. Ezt a tartályt el lehet indítani rakétaként, vagy le lehet dobni repülőgépről bombaként. Amikor eltalálja a célt, az első robbanótöltet kinyitja a tartályt, és felhőként széles körben szétszórja a robbanóanyagot, ami elkeveredik a környezetet levegőjével és robbanókeveréket alkot. Ezt a második robbanótöltet a megfelelő időben inicializálja. Az alkalmazott robbanóanyag többféle halmazállapotú lehet: legegyszerűbb a gáznemű robbanóanyagok vagy folyadékok aeroszolját alkalmazni, de létezik finomra őrölt szilárd robbanóanyagokból készült töltet is. [3]

A legismertebben alkalmazott aeroszol-robbanóanyagok így az etilén- és a propilén-oxid, az ammónium-nitrát vagy a porított pentaeritrit-tetranitrát (PETN)². A finom robbanóanyag-felhő égési ideje – ezzel annak hőhatása is – a hagyományos robbanóanyagokhoz képest lassú, aminek fokozása érdekében egyes robbanóanyagokhoz alumíniumport vagy más fémrészecskéket adnak, ami létrehozza az úgynevezett termobárikus hatást. A termobárikus robbanást a robbanómag anaerob detonációja indítja el, amely az üzemanyagban gazdag elegy plazmafelhőjét teríti szét a célponton, majd egy másodlagos – most már aerob – utóégetés meggyújtja és felrobbantja a környezeti légkör oxigénjével egyesült üzemanyagfelhőt. A robbanás hőmérséklete eléri a 2500–3000 °C-t³, míg a keletkező robbanáshullám, avagy túlnyomás nagysága akár 6,5–8 MPa (65–80 bar) is lehet. „A rombolóhatás nagyságát bizonyítják az amerikai haditengerészeti fegyverzet-fejlesztési központ adatai is, melyek szerint 1 kg etilén-oxidból keletkező aeroszolfelhő robbanásakor a rombolóhatás 2,7–5,0-szörösen felülmúlta a

hasonló tömegű trotil robbanási hatását. A robbanás pillanatában a képződő túlnyomás elérheti a 196 MPa értéket, és bár a távolság függvényében ez az érték gyorsan csökken, a robbanóanyag tömegétől függően 30–40 méter sugarú körben sújthatja az embereket, rombolhatja és gyújthatja fel a tárgyakat és a harci technikát. A lökéshullám frontja 2200 m/s sebességgel terjed és 5–6 MPa nyomással hat. Ehhez képest már a lökéshullám frontjának 1800 m/s sebességgel történő terjedése is azt eredményezi, hogy a levegőrészecskék torlónyomásának hatására a levegősűrűség eléri a 0,67 kg/dm³-t, miközben normál sűrűségnek a 0,001 kg/dm³ érték számít.” [4]

Mivel a termobárikus robbanóanyag nem tartalmaz oxidáló anyagot, az intenzív égéshez/robbanáshoz szükséges oxigént a környezetből vonja el. Ez az intenzív, nagytérfogatú égés olyan nagymértékű oxigén- vagy levegőelvonással jár, hogy az hatalmas vákuumot hoz létre, elszívva ezzel a környezet oxigénjét. A lassabb, robbanásszerű termikus hőtúlnyomás hosszabb ideig tartó nyomásnak és hőhatásnak teszi ki a célt, aminek eredményeként a termobárikus robbanások hosszabb idő alatt nagyobb teljes energiateljesítményt produkálnak, mint a hagyományos robbanóanyagok. Szemben a hagyományos fegyverekkel, ahol a robbanás egyetlen forrásból kiindulva hoz létre „körkörös” robbanásfrontot, a termobárikus fegyvereknél több helyről alakul ki egy lángfront, ami nagy sebességre gyorsul fel, és okoz nyomásfrontot az üzemanyag keverékében, majd a környező levegőben is. Ezért ezek nagyobb pusztítást okoznak, mint a hagyományos robbanóanyagok. Az említett tényezők – a magas hőmérséklet, a nagy nyomás és hatalmas oxigénhiányos vákuum – felkelnek a termobárikus fegyverek okozta sérülések legfőbbjéért. [5]

A termobárikus fegyverekben alkalmazott anyagok tekintetében a legújabb fejlesztések a nano-robbanóanyagok alkalmazásának irányába mutatnak. A nanotermít (avagy szu-

pertermít) egy metastabil intermolekuláris kompozit (Metastable Inter-molecular Composite – MIC), amelynek fő alkotóelemeit 100 nanométer alatti szemcseszerkezettel rendelkező fém tüzelő- és oxidálóanyagok alkotják. A MIC-et az különbözteti meg a hagyományos robbanóanyagoktól, hogy az oxidálószer és a redukálószer – ami általában vas-oxid és alumínium – rendkívül finom por formájában van jelen, ami nagyságrendekkel megnöveli a robbanóanyag reaktivitását a mikrométeres méretű társaihoz képest. Ezen felül a nanométeres szemcsék alkalmazása lehetővé teszi a rendkívül magas – a későbbi felhasználáshoz optimalizálható – reakciósebesség kialakítását is. A MIC-ek fejlesztését 1990-ben kezdte meg az Amerikai Egyesült Államok hadserege, céljuk különleges hajtó- és robbanóanyagok, gyújtószerkezetek és pirotechnikai eszközök kifejlesztése volt. A fejlesztés közben gyűjtött tapasztalatok alapján a nano-robbanóanyagokat elsődlegesen kisméretű, de nagy energiájú termobárikus harciszerek fejlesztéséhez használták fel, ahol a hasonló tömegű robbanóanyagoknál 20–50%-os robbanási teljesítmény-növelést értek el. A termobárikus fegyverek harci részeiben leggyakrabban alkalmazott MIC-anyagok az alumínium különféle oxidjai, mint az alumínium-vas-, alumínium-réz-, alumínium-molibdén- és az alumínium-bizmut-oxidok, az

2. ÁBRA. Az amerikai légierő Douglas A-1E Skyraider repülőgépe egy BLU-72/B típusú bombát szállít a jobb szárnya alatt, 1968. szeptember 29. [11]



¹ Termobárikus robbanóanyagok esetében a „robbanóanyag” szót sokszor üzemanyag vagy tüzelőanyag kifejezésekkel is szokták illetni.

² A PETN egy robbanó salétromsavészter, amelyet széles körben használnak az iparban és katonai területen. Tiszta állapotban fehér, kristályos, viszonylag könnyen tárolható, ugyanakkor ez az egyik legbrizánsabb, használatban lévő robbanóanyag, szerkezetileg nagyon hasonlít a nitroglicerinhoz. A PETN-t más-más néven említi a szakirodalom, az elnevezése lehet PENT, pentil, PENTA, corpent vagy pentrit, ritkán nitropenta.

³ Összehasonlításképpen, a krematóriumban a holttestek hamvasztását 800–950 °C közötti hőmérsékleten végzik, igaz, azt közel egy órás expozíciós idővel.

A TERMOBÁRIKUS RAKÉTA HATÁSA



1. A rakéta eléri az ellenfél barlangjának a bejáratát.



2. Elsődleges robbanás: kialakul a rakétában tárolt termobárikus elegy finom felhője, ami beáramlik a barlangba.



3. Másodlagos robbanás: a lökéshullám beáramlik a barlangba (akár szuperszonikus sebességgel is).

4. A robbanás nyomáshulláma még a barlang mélyén megbúvó ellenséget is eléri.

3. ÁBRA. A termobárikus töltet hatása a zárt térben tartózkodókra (A szerző szerkesztése a [6] alapján)

alumínium-wolfram-oxi-hidrá, illetve az antimon-kálium-permanganát.

Mivel a termobárikus fegyverek a környezet levegőjét használják a pusztító hatásuk elérésére, ezt a hatást jelentősen csökkenti, ha az oxidálóanyag nem vagy nem megfelelő mennyiségben érhető el. Ennek megfelelően a tengerszint feletti magasság növekedésével, a levegő sűrűségének csökkenésével arányosan a fegyverek hatásköze is jelentősen csökken. Ugyanígy csökken a hatása, vagy egyenesen válik a robbanásfelhő kialakulása esős, párás időben. A termobárikus fegyverek kialakítása miatt ezeket az eszközöket nem lehet olyan helyeken alkalmazni, ahol egyáltalán nincsen levegő, így nem robbannak fel víz alatt sem. Ezzel ellentétben azonban a szűk helyeken, völgyekben, épületekben alkalmazott termobárikus fegyverek hatása, mert a kialakuló robbanás és hőhullámok a közeli falakról visszaverődve jelentősen megnövelhetik a fegyverek lokális rombolóhatását. Nem véletlen, hogy az alkalmazásuk is elsősorban beépített vagy hegyvidéki területeken kezdődött meg. (3. ábra)

A TERMOBÁRIKUS ROBBANÁS EMBERRE GYAKOROLT HATÁSA

Mitől olyan veszélyes a termobárikus robbanás, és milyen hatással van az élőre? Az ilyen robbanás elsősorban a túlnyomás (majd vákuum) és a magas hőhatás révén okoz károkat és sérüléseket. További, másodlagos károk keletkezhetnek a környezeti oxigén felhasználása, a mérgező gázok és füst felszabadulása, valamint a repeszképződés miatt is. Legelső hatásként a robbanás keltette lökéshullámot kell említeni, ami a termobárikus fegyver robbanásakor érheti az annak közelében tartózkodót. Az elsődleges sérüléseket a robbanáshullám okozza, amely a robbanás epicentrumából indul ki, és akár 8 MPa (80 bar) túlnyomást is létrehozhat. Az élőre sérülése a nyomás nagyságától és annak időtartamától függ, és mint korábban említettem, a termobárikus fegyverek esetében ez jóval hosszabb idejű lehet a hagyományos robbanóanyag robbanásakor mért értéknél. A robbanás elsősorban a tüdő-, szív- és érrendszert, a halló-, gyomor- és bélrendszert, valamint a központi idegrendszert érinti. A robba-

nás a testben lévő légterek megszakadását, illetve nyíróerőt hoz létre a levegő-szövet határfelületen ott, ahol a különböző sűrűségű szövetrétegek találkoznak. A belső szervek elmozdulása miatt olyan sérülések is létrejönnek a hörgőkben, aminek hatására azok megrepednek, ezzel folyadék szívároghat a tüdőbe, ami ún. „sokktüdő” kialakulásához vezethet. A szív- és érrendszerben a robbanás hatására légembólia jöhet létre, jellemzően a szívben és a koszorúerekben. Természetesen a robbanás jelentősen érinti a látás és a hallás szerveit, okozhatja a szemeknek az üregükből történő elmozdulását, a dobhártya megrepedését, súlyosabb esetekben a fülkagyló elmozdulását, és ezzel a halló- és az egyensúlyszervek teljes szétesését okozva. Ezek együttesen „szenzoros-neurális” süketiséget, egyensúlyzavarokat és hányingert okoznak. A termobárikus töltet romboló hatása a gyomor- és bélrendszerben is jelentős, kiemelten akkor, amikor abban sok levegő található. Legrosszabb esetekben ilyenkor akár bélrendszeri perforációk is előfordulhatnak, aminek hatására hashártyagyulladás, belső vérzés, majd szepszikus fertőzés keletkezhet. A fegyvernek a központi idegrendszerre is jelentős hatása van, legfőbb sérülése az agyi artériás gázembólia, amely megmagyarázhatatlan neurológiai, biokémiai és vérkémiiai változásokat vagy halált okozhat.

Összefoglalva a hatásokat és a sérüléseket: a robbanás közvetlen hatásugában tartózkodó élőre a hagyományos lőszerre kétszer magasabb hőmérsékletnek van kitéve, amely súlyos égési sérülésekhez vezet minden szabadon hagyott bőrfelületen. A termobárikus robbanás gyújtópontjához közeli személyek valószínűleg összezsúzódnak vagy megsemmisülnek, míg a távolabbiak potenciálisan belső sérüléseket szenvednek, mivel a termobárikus robbanás a túlterhelés következtében összenyomja, megnyújtja vagy felbomlasztja a különböző sűrűségű, rugalmasságú és szilárdságú szöveti határfelületeket. Végül a robbanás által elmozdított környezeti anyagok repeszszerű sérüléseket okoznak még a távolabb elhelyezkedő katonáknak is. Ha az üzemanyag deflagrá – de va-

lamilyen okból kifolyólag nem robban fel –, az áldozatok súlyosan megégnének, és valószínűleg az égő üzemanyagot is belélegzik. Mivel a leggyakoribb üzemanyagok – így az etilén-oxid és a propilén-oxid is – erősen mérgezők, a fel nem robbant üzemanyag ugyanolyan halálos lehet a felhőbe került személyek számára, mint a legtöbb vegyi anyag esetében. A robbanás jelentős mennyiségű súlyos sérültet eredményez. A kevés rendelkezésre álló egészségügyi személyzetnek ilyenkor súlyos égési, légúti, tompa és áthatoló sérüléseket, valamint súlyos végtagamputációkat szenvedő személyek százainak ellátásával kell szembenéznie. Az orvosi evakuálás nem jöhet szóba; ezek a sérülések azonnali helyszíni ellátást igényelnek, különben az érintettek valószínűleg órákon belül meghalnak. [7]

JOGI STÁTUSZ

Ezek az eszközök tehát – a hagyományos robbanóanyagokkal szerelt fegyverekhez képest – nagymértékben és többféleképpen is roncsolják az emberi testet, és alkalmazásuk növeli a keletkezett sérülések mennyiségét és súlyosságát. Jogosan merülhet fel a kérdés: miért nincsen alkalmazásuk korlátozva vagy betiltva? A válasz egyszerű: azért, mert ez egy nehezen kategorizálható, összetett hatású harceszköz, nem húzhatók rá azok a szankciók, amelyek más, fokozott pusztító hatású fegyverekre alkalmazhatók, így még nem kerültek korlátozás alá.

A termobárikus fegyverek elterjedése a vietnámi háború idejére, majd az azt követő időszakra tehető. Alkalmazásuknak nemcsak fizikális, de jelentős morális hatása is volt az ellenséges erőkre. Látni ezen harceszközök fejlesztésének és alkalmazásának irányait, már az 1980-as években különböző jogvédő szervezetek kérték az ENSZ-nél az ilyen jellegű fegyverek betiltását, amit azonban akkor nem (és azóta sem) tudtak sikerre vinni. [8]

Milyen háborús szabályok vonatkoznak a termobárikus eszközökre? Nincsenek olyan nemzetközi jogszabályok, amelyek kifejezetten tiltanák a használatukat, de ha egy ország épített területeken, iskolákban vagy kór-

házakban élő civil lakosságot céloz meg velük, akkor az 1899-es és 1907-es hágai egyezmények alapján [9] háborús bűncselekményért elítélhetik. Azonban ez minden fegyverre vonatkozó szabályozás, nem tekinthető kifejezetten a termobárikus harceszközök alkalmazása elleni korlátozásnak. Meglepően nehéz azonban átfogó áttekintést találni ezek jogszerűségéről, annak ellenére, hogy látva a közelmúlt konfliktusaiban bevetett termobárikus fegyverek pusztító hatásait, az elkövetkező időszakban alkalmazásuk valószínűleg állandósulni, vagy akár még fokozódni is fog. A hadijog alapelve tiltja az olyan károkozást, amely nem elengedhetetlen a fegyveres konfliktus legitim céljainak eléréséhez. A hadijog számos olyan szerződést foglal magában, amelyek konkrét szabályokat tartalmaznak, amelyek alapján – a teljesség igénye nélkül – az alábbi harceszközök kerültek tiltás alá: a 400 grammnál kisebb tömegű, robbanó-, gyújtó- vagy gyúlékony anyaggal töltött lövedékek, az expanzív lövedékek,⁴ a fojtó-, mérgező vagy egyéb gázok, a biológiai fegyverek, a fel nem fedezhető szilánkokkal sebesítő fegyverek, a vegyi fegyverek, a vakító lézerefegyverek, a gyalogsági aknák, a kazettás bombák és a nukleáris fegyverek.

Azonban egyetlen nemzetközi okmány sem foglalkozik kifejezetten a termobárikus fegyverek birtoklásának vagy használatának jogszerűségével. Mivel ezeket nem elsősorban tűz gerjesztésére tervezték, még akkor sem, ha alkalmazásuk során szinte minden alkalommal tüzet okoznak, ezért nem tekinthetők gyújtófegyvernek. Repeszhatásuk – köszönhetően a vékony falvastagságú burkolatuknak – elhanyagolható, jellemzően jól detektálható fémből állnak. Fojtó- vagy mérgező gázok akkor szabadulhatnak ki belőlük, ha a porlasztott robbanóanyag-felhő nem ég el rendesen az alacsony oxigénszint vagy a harci rész nem tervezett elműködése során. Azonban a fegyvert nem ezen hatások miatt fejlesztették ki, nem ez az elsődleges hatásmechanizmusa. Bár a termobárikus robbanás olyan hatásokat vált ki az élőerőben, amik tar-

tós szenvedést okoznak, de a termobárikus fegyverek rendeltetésszerű vagy tervezett használatával járó sérülések és szenvedések nem tekinthetők aránytalannak a várt katonai előny jellegéhez és mértékéhez képest. Alkalmazásuk így – amennyiben katonai célok ellen irányulnak, és a polgári lakosság, valamint a polgári objektumok védelmét szolgáló minden lehetséges óvintézkedést és az arányosság elvét figyelembe vesszük – a legtöbb esetben jogszerűnek tekinthető. ■

(Folytatjuk)

HIVATKOZÁSOK

- [1] Lukács László: Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből – Különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásairól. Dialóg Campus, 2017. <http://hdl.handle.net/20.500.12944/6916> (Letöltve: 2025.04.08.)
- [2] Flixborough (Nypro UK) Explosion 1st June 1974 <https://www.hse.gov.uk/comah/sragtech/caselflixboroug74.htm> (Letöltve: 2024.12.18.)
- [3] Coller, Arthur van: Detonating the air: The legality of the use of thermobaric weapons under international humanitarian law. <https://international-review.icrc.org/articles/detonating-the-air-the-legality-of-thermobaric-weapons-under-ihl-923> (Letöltve: 2025.02.05.)
- [4] Lukács László: Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban 1945–1990 között I. rész. Robbanóanyagok és iniciálásuk. Katonai Logisztika 2020/3, 241–277. <https://doi.org/10.30583/2020.3.241>
- [5] Saw, David: Thermobaric weapons on the battlefield. European Security and Defence. <https://euro-sd.com/2024/06/articles/39038/thermobaric-weapons-on-the-battlefield/> (Letöltve: 2025.02.05.)
- [6] Scimar, Paul: Big Blue Two et l'effet thermobarique. Cercle Royal des Militaires de Réserve de la Province de Liège. <http://crmlg.be/doc/bombesthermobariques.pdf> (Letöltve: 2025.02.05.)
- [7] MUNITIONS – Thermobaric Munitions and their Medical Effects! <https://jmvh.org/article/munitions-thermobaric-munitions-and-their-medical-effects/> (Letöltve: 2025.02.05.)
- [8] Mátrai Anna: Termobárikus rakéták: az orosz Pinokkió egyetlen lövéssel képes egész lakónegyedeket megsemmisíteni. Euronews 2022.03.01. <https://hu.euronews.com/2022/03/01/termobárikus-raketak-az-orosz-pinokkió-egyetlen-lovessel-kepes-egesz-lakonegyedeket-megsem> (Letöltve: 2025.02.12.)
- [9] 1913. évi XLIII. törvény az első két nemzetközi békeértekezleten megállapított több egyezmény és nyilatkozat becikkelyezése tárgyában. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=91300043.tv> (Letöltve: 2025.02.12.)
- [10] A kép forrása: USAF / Patrick Nichols felvétele. https://en.wikipedia.org/wiki/File:BLU-82_Daisy_Cutter_Fireball.JPG. (Letöltve: 2025.02.12.)
- [11] A kép forrása: USAF. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A-1E_1SOS_PavePat_1968.jpg (Letöltve: 2025.02.12.)

⁴ Hagyományos elnevezéssel dum dum lövedékek.