

BIOTERRORIZMUS – A JELEN ÉS A JÖVŐ KIHÍVÁSAI

BIOLÓGIAI FEGYVEREK, BIOLÓGIAI HADVISELÉS

A Biológiai Fegyverek Egyezménye (Biological Weapons Convention – BWC) a biológiai fegyvereket a következő módon definiálja: minden olyan mikrobiológiai vagy más biológiai anyag, beleértve a mikroorganizmusokat, a vírusokat, a toxinokat és minden olyan származékukat, amelyek kifejezetten olyan célokra vannak kifejlesztve vagy módosítva, hogy károsítsák, megöljék vagy hátrányosan befolyásolják az élő szervezeteket.¹

A modern biológiai hadviselés biológiai anyagok, például vírusok, baktériumok és toxinok szándékos fegyverként való felhasználására utal, amelynek célja, hogy embereket, állatokat vagy növényeket károsítsanak vagy öljenek meg. Ez a fajta hadviselés magában foglalja a fejlett biotechnológia alkalmazását, és magában foglalhatja a genetikailag módosított biológiai anyagok használatát is. Ugyancsak ide lehet sorolni mindennemű állat (kutyák, delfinek, elefántok, kígyók, rovarok stb.) vagy növény (növényi toxinok) használatát fegyveres konfliktusokban.

A modern biológiai hadviselés jelentős károkat okozhat a közegészségügyben, a mezőgazdaságban és a környezetben, és a globális biztonságot fenyegető, komoly veszélynek számít. Nehéz a felderítés és a megelőzés, és az állami és nem állami szereplők potenciálisan az aszimmetrikus hadviselés eszközeként használhatják.

A biológiai hadviselés lehetséges célpontjai

Ellenséges élőerő (katonaság vagy háterszági lakosság): ez a legnyilvánvalóbb célpont, ennek megfelelően a múltban a leggyakrabban erre fókuszáltan fejlesztettek biológiai fegyvereket. Ugyanakkor az emberek ellen tervezett és bevetett biológiai ágensek

¹ Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons and on Their Destruction.

kontrollálása a legnehezebb feladat mind térben, mind időben. Nem elhanyagolható az etikai következmények kérdése sem, hiszen egy ilyen támadás akár generációkon átívelő egészségügyi következményekkel is járhat.

Mezőgazdasági terület, erdő, élővizek: az ezen célpontok ellen elkövetett biológiai támadások elnyújtott hatást eredményeznek. Az élővizek, illetve nagy kiterjedésű területen a növényzet dekontaminálása és a természetes állapot visszaállítása a biológiai ágens bevetése után rendkívül nehéz feladat. A Vietnámban az 1960-as években bevetett *agent orange* (narancssárga hatóanyag) óriási károkat okozott az élővilágban (78 millió liter herbicidet permeteztek ki körülbelül 1,6 millió hektárra), létrehozva ezzel a genocídium mintájára az *ökocídium* bűntettét.

Élőállat-állomány: az első világháború során a hadviseléshez használt élőállat-állomány jelentette az elsődleges célpontot. A logisztikához, illetve a hadtáp ellátáshoz használt lovak, öszvérek, szamarak, szarvasmarhák elleni biológiai támadások komoly fennakadásokat okoztak mindkét hadviselő fél számára. Mára a hangsúly áttevődött a hátsószág élelmezési célú állatállományára. Egy célzott biológiai támadás az élelmiszerlánc kevésbé ellenőrzött bemeneti oldala ellen (szarvasmarha-, sertés-, baromfitenyészetek) számottevő gazdasági károkat, akár teljes gazdasági összeomlást is vonhat maga után.

*A biológiai fegyverek típusai: vírusok,
baktériumok, toxinok (rövid áttekintés)*

A *vírus*: szubmikroszkopikus biológiai organizmus, amely nem sejtes szerveződésű, és csak parazitaélelmiszerként, az élőlények sejtjeiben képes szaporodni. Minden életformának, növényeknek, állatoknak, gombáknak, egysejtű eukariótáknak és baktériumoknak megvannak a vírusos fertőzéseik. A vírusok az embereket és állatokat különböző átviteli módon fertőzhetik meg. A leggyakoribb fertőzési módok a légzőszervi (köhögés, tüsszentés), széklet-orális átvitel (szennyezett élelmiszerrel vagy vízzel), szexuális kontaktus útján, vektorok (köztes gazdaállatok) útján történő átvitel. A történelem során több ország is végzett kutatásokat a vírusok biológiai fegyverként való felhasználására. A hidegháború idején például a Szovjetunió és az Egyesült Államok is folytatott biológiai fegyverek, köztük vírusokat használó fegyverek kifejlesztésére és célba juttatására irányuló programokat. A vírusok könnyű beszerezhetősége, gyors terjedési képességük, és a terjedésük és eredetük felderítésének nehézsége kifejezetten alkalmassá teszi őket biológiai fegyverként való felhasználásra. Példák vírusok által okozott betegségekre: nátha, influenza, bárányhimlő, herpesz, ebola, AIDS, madárinfluenza, MERS légúti fertőzés, Covid-19.

A *baktériumok* (*Bacteria*): egysejtű, többnyire néhány mikrométeres sejt mikroorganizmusok. Változatos megjelenésűek: sejtjeik gömb, pálcika, csavart alakúak lehetnek. A vírusokhoz hasonlóan a baktériumok is könnyen beszerezhetők, viszonylag könnyen tenyésztethetők és manipulálhatók, és gyorsan terjedhetnek. Egyes baktériumok különösen veszélyesek lehetnek, és súlyos betegséget vagy halált okozhatnak, mint például a lépfene, a botulizmus és a pestis. Ezeket a baktériumokat a múltban számos ország és nem állami szereplő tanulmányozta és használta biológiai fegyverként. A fertőzés létrejöhet érintkezéssel, táplálékkal, levegő vagy víz útján, vektorok (például bolha, kullancs) által, illetve vertikális úton (például terhes nőtől a magzatra a terhesség vagy a szülés során). Bár az antibiotikumok kiválóan használhatók a bakteriális fertőzések kezelésére, a túlzott használat, illetve célzott genetikai manipuláció szuperrezisztens törzsek kialakulásához vezethet. Példák: szalmonella, lépfene (anthrax), vérhas, kolera, pestis, lepra, TBC (tuberkulózis), skarlát, diftéria, tífusz, tetanusz (vérmérgezés), gonorrhea (tripper, kankó), vérbaj (szifilisz).

A *toxinok*: olyan mérgek, amelyek valamely természetes biológiai folyamat során jönnek létre, például baktériumok, gombák, növények vagy állatok által termelt anyagok. A mérgeanyag szolgálhat védekező mechanizmusként, de használhatja azt az élőlény támadásra, egy másik élőlény elpusztítására is. A toxinok harapással, csípéssel, szúrással vagy bőrön keresztüli felszívódással kerülhetnek be a szervezetbe. Példák: botulinum, aflatoxin, ricin, medúzák, kígyók által termelt mérgek.

NEMZETKÖZI JOGI HÁTTÉR: EGYEZMÉNYEK, SZABÁLYOZÁSOK

Genfi protokoll

A Nemzetek Szövetségének 1925-ben sikerült létrehoznia az első biofegyver-tilalmi egyezményt, amely aztán 1928-ban lépett hatályba. A jegyzőkönyv az első világháborúban széles körben alkalmazott vegyi fegyverekre adott válasz volt, és célja az volt, hogy megakadályozza az ilyen fegyverek alkalmazását a jövőbeni konfliktusok során. Ez tiltotta ugyan a biológiai fegyverek elsőként való alkalmazását, de megengedte a kutatás-fejlesztést, a gyártást, a felhalmozást és a válaszcsepásként való alkalmazást. Ennek következtében a kutatás-fejlesztés nagy léptékkal zajlott a két világháború közti időszakban szinte minden részt vevő fél részéről. Ugyanakkor a Japán Császárság volt az egyetlen hadviselő fél, amelyik ténylegesen be is vetett biológiai fegyvereket a mandzsúriai háború során.

Biológiai és toxinfegyver-tilalmi egyezmény
(*Biological and Toxin Weapons Convention, BTWC*)

Az ENSZ égisze alatt 1972-ben új biofegyver-tilalmi egyezmény született (1975-ben lépett hatályba), amely tiltja az ilyen eszközök gyártását, birtoklását vagy bevetését, beleértve még a válaszcsepapás lehetőségét is. Kiterjed minden mikrobiológiai és bakteriológiai hatóanyagra, biológiai ágensre, illetve élő szervezetek által termelt mérgekre (toxinra), valamint célba juttatásuk eszközeire. Az egyezmény értelmében az aláíró feleket (183 ország) kötelezték a korábbi készleteik felszámolására is. Az egyezmény, egyedülálló módon, nemcsak államokra és állami vállalatokra, hanem magáncégekre is vonatkozik, ami miatt a tervezett verifikációs protokollt 2001-ben az USA nem támogatta. Az elmúlt években egyre több szereplő hívta fel a figyelmet a szerződés megerősítésére és kiterjesztésére, a biológiai biztonsággal kapcsolatos új kihívásokra, például a biotechnológia és a kiberbiológia fejlődésével és a biológiai anyagok nem állami szereplők általi lehetséges felhasználásával kapcsolatos kérdésekre.

FELKÉSZÜLÉS, VÉDEKEZÉS

A bioterrorizmusra való felkészültség proaktív, multidiszciplináris megközelítést igényel, amely számos különböző érdekelt fél együttműködését foglalja magában, beleértve a közegészségügyi tisztviselőket, a bűnüldöző szerveket, a vészhelyzeti válaszadókat, a média képviselőit és a magánszektor. Mindezen felek összehangolt munkájának célja a biológiai támadások megelőzése, felderítése, az azokra való reagálás és az azokból való felépülés. Az alábbiakban a bioterrorizmusra való felkészültség néhány kulcsfontosságú faktorát vesszük sorra:

1. Kockázatértékelés: A támadásban felhasználható potenciális biológiai ágensek – minél gyorsabb és pontosabb – azonosítása, egy ilyen támadás bekövetkezési valószínűségének és a támadás lehetséges következményeinek felmérése. A biológiai támadás, illetve a természetes kitörés közötti különbség felismerése és azonosítása. A nemzetközi közösség (globális egészségügyi felügyelet) értesítése.
2. Felügyelet: A biológiai anyagokkal kapcsolatos szokatlan vagy gyanús tevékenységek figyelemmel kísérése, mint például a fertőző betegségek kitörésének vagy a szokatlan megbetegedési minták észlelése. A globális egészségügyi felügyelet szerepe itt is kulcsfontosságú.

3. Megelőzés: A biológiai támadások megelőzésére irányuló intézkedések végrehajtása, például a veszélyes kórokozókat kezelő létesítmények biztonságának fokozása, az egyes biológiai anyagokhoz való hozzáférés szabályozása, valamint biológiai biztonsági és biológiai védelmi intézkedések végrehajtása. A megelőzés részét képezi a védőruhák, menedékek, vakcinák, antibiotikumok készleten és készenlétben tartása. Ehhez robusztus állami egészségügyi rendszerre van szükség, amely gyorsan képes diagnosztizálni és reagálni.
4. Reagálás és annak megtervezése: Tervek és protokollok kidolgozása egy esetleges bioterrorista támadásra való reagálásra, beleértve a biológiai kórokozó azonosítására és megfékezésére, az érintett személyek kezelésére és a nyilvánossággal való kommunikációra vonatkozó protokollokat. Különösen fontosak a katonák és az elsősegélynyújtók számára kidolgozott protokollok, hiszen ők képezik az első érintkezési vonalat. Idetartozik a fertőtlenítési protokoll is, amely magában foglalja a támadás után a fertőzött emberek, állatok, növények, területek elkülönítését, gyógyítását és dekontaminálását.
5. Képzés és oktatás: Képzés és oktatás biztosítása az első válaszadók, az egészségügyi dolgozók és a lakosság számára a bioterrorista támadás felismeréséről és az arra való reagálásról.
6. Koordináció és kommunikáció: A különböző nemzeti és nemzetközi ügynökségek és szervezetek közötti erőfeszítések összehangolása, az információ megosztása és a nyilvánossággal való kommunikáció a bioterrorista támadásra való hatékony reagálás biztosítása érdekében. A katasztrófakommunikáció gondos tervezést és végrehajtást igényel, amelynek középpontjában a nyilvánosság világos és pontos tájékoztatása, a válaszadók erőfeszítéseinek összehangolása, valamint annak biztosítása áll, hogy minden kommunikációs csatornát kihasználjanak (közösségi média, vészjelző rendszerek, hagyományos médiumok) annak érdekében, hogy a lehető legtöbb emberhez eljussanak.

A BIOTERRORIZMUS RÖVID TÖRTÉNETE

A biológiai hadviselés és a bioterrorizmus egyaránt magában foglalja biológiai anyagok alkalmazását kár vagy halál okozására, de céljuk, mértékük és az érintett szereplők tekintetében különböznek egymástól.

A biológiai hadviselés a biológiai fegyvereknek a kormány vagy a hadsereg által történő felhasználására utal, stratégiai vagy taktikai célok elérése érdekében nemzeti vagy nemzetközi konfliktus vagy háború során. A biológiai hadviselést

jellemzően állami szereplők hajtják végre (ennek megfelelő humán- és anyagerő-forrás-háttérrel), és nagyszabású, kifinomult fegyverekkel végrehajtott támadásokat is magában foglalhat.

A bioterrorizmus ezzel szemben biológiai anyagok egyének vagy csoportok által történő felhasználására utal, azzal a céllal, hogy személyi, anyagi vagy pszichés kárt okozzanak a polgári lakosságnak, vagy csapást mérjenek az államapparátusra (kormányzati, közigazgatási, katonai, rendfenntartó szereplők elleni támadás). A bioterrorizmust jellemzően nem állami szereplők, hanem terroristák vagy szélsőséges militáris, illetve paramilitáris csoportok hajtják végre, és általában könnyen hozzáférhető anyagok felhasználásával kis léptékű támadásokat jelenthet.

Az alábbiakban a bioterrorizmus elmúlt pár évtizedének történetéből három, alapvetően különböző eseményt emelünk ki, rávilágítva a különböző elkövetési módokra és elkövetőkre, illetve a különböző célcsoportokra.

Georgi Markov – célzott likvidálás

Georgi Markov bolgár disszidens író és a Szabad Európa Rádió munkatársa volt, akit 1978-ban gyilkoltak meg Londonban. Mivel Markov a bolgár kormány éles hangú kritikusa volt, meggyilkolását feltehetően a bolgár titkosrendőrség hajtotta végre, együttműködve a szovjet KGB-vel². A merénylethez ricint tartalmazó kis golyócskát használtak (1,5 mm átmérőjű fémgolyó 500 mikrogramm méreggel), amelyet egy átalakított esernyőből juttattak a célszemély testébe.³

A ricin a ricinus növény (*Ricinus communis*) magjából készült, rendkívül mérgező anyag, amely már nagyon kis dózisban is halálos lehet. Kinyerése és tisztítása viszonylag egyszerű, nem igényel komolyabb laboratóriumi háttérrel, ezért ideális terrorista cselekmények végrehajtásához. Ez az egyik legismertebb eset, amikor biológiai anyagot használtak merénylethez.

Radzsnís-szekta – választási eredmény befolyásolása

1984-ben az oregoni Radzsnís-szekta tagjai szalmonellával fertőzték meg a helyi (The Dalles, Oregon, US⁴) éttermek salátabárjait, hogy megpróbálják befolyásolni a helyi választásokat. Ennek következtében 751-en szenvedtek ételmérgezést, 45-en

² Комитет государственной безопасности: Állambiztonsági Bizottság.

³ NELSSON 2020.

⁴ United States (US): Egyesült Államok.

kerültek kórházba (senki nem halt meg). Az érintett személyek számát tekintve ez volt a legnagyobb biológiai támadás az USA-ban.

A szekta egy kereskedelmi beszállítótól szerezte be a baktériumot, és a saját laboratóriumában tenyésztette ki és szaporította. Ezután a baktériumot (*Salmonella enterica Typhimurium*) kis mennyiségbe kiporciózva szállították ki az éttermekbe, és a salátabárokban a salátára permetezték. A támadást nem észlelték azonnal, és csak többnapos nyomozás után sikerült a járvány forrását a salátabárokhoz, illetve a szektához visszavezetni.

A támadásért felelős Radzsnis-tagokat végül letartóztatták, és többrendbeli gyilkossági kísérlettel vádolták meg őket, de a vádakát később enyhébb bűncselekményekre enyhítették, és kiutasították őket az Egyesült Államokból.⁵

*Amerithrax – tömeghisztéria kihasználása
a személyes karrier érdekében*

2001-ben lépfene- (anthrax-) spórákat tartalmazó leveleket küldtek az Egyesült Államokban több médiumnak és kormánytisztviselőnek, aminek következtében öt ember meghalt, és 17 másik megfertőződött. A 2001. szeptember 18. és október 9. között lezajló biológiai támadássorozat után kb. 10 ezer ember kapott két hónapos antibiotikumkúrát. A támadást a modern történelem legnagyobb bioterrorista incidensének tartják.

Mivel a támadássorozat közvetlenül a 2001. szeptember 11-i terrortámadások után indult, és a spórákat tartalmazó borítékokban üzenetek is voltak (Death To America [Halál Amerikára], Death To Israel [Halál Izraelre], Allah Is Great [Allah Hatalmas]), a nyomozás sokáig iszlamista terroristák (al-Káida) ellen folyt.

Az elkövető azonban minden bizonnyal az a Bruce Edwards Ivins volt, aki a nyomozás előrehaladtával egyre inkább gyanúsítható volt az elkövetéssel, és aki 2008-ban a lehetséges vádemelés előtt öngyilkosságot követett el. Ivins amerikai mikrobiológus, vakcinakutató, a biológiai biztonság szakértője volt az Egyesült Államok Hadseregének Fertőző Betegségek Katonaorvosi Kutató Intézetében (United States Army Medical Research Institute of Infectious Diseases – USAMRIID) Maryland állam Fort Detrick bázisán. Az FBI⁶ szerint a támadás célja a lépfene elleni vakcina-program megmentése volt. Ivins több mint húsz éven keresztül ezen a programon dolgozott, amelyet a kormányzat be akart szüntetni. A támadások elindításával

⁵ SERENA 2018.

⁶ Federal Bureau of Investigation: Szövetségi Nyomozóiroda.

olyan helyzetet teremtett, amelyben az emberek és a döntéshozók rájöttek, hogy szükség van erre a vakcinára.⁷

BIOSAFETY VS. BIOSECURITY

Magyarul a két fogalmat nehéz különválasztani, hiszen mindkettőt „biológiai biztonságként” tudnánk fordítani. Az angol kifejezések azonban jelentésükben jól elkülöníthetők, ezért a továbbiakban egy rövid és képletes magyarázat után az angol verziókat fogjuk használni.

Biosafety: a biológiai veszélyes anyagok távol tartása a „jó” emberektől.

Biosecurity: a „rossz” emberek távol tartása a biológiai veszélyes anyagoktól.

A *biosafety* azokat az intézkedéseket jelenti, amelyeket a kutatásra vagy más célokra használt biológiai anyagok véletlen kiszabadulásának vagy véletlen expozíciójának megelőzésére hoznak. A biológiai biztonsági intézkedések jellemzően fizikai és eljárási óvintézkedéseket foglalnak magukban, mint például a biológiai anyagok megfelelő tárolása és kezelése, az egyéni védőfelszerelések használata, valamint a biológiai hulladékok kezelésére és ártalmatlanítására vonatkozó szabványos működési eljárások végrehajtása. A biológiai biztonság célja a laboratóriumi dolgozók, a környezet és a lakosság védelme a veszélyes biológiai anyagoknak való véletlen kitettségtől. Vannak ugyan nemzetközi protokollok a *biosafety* betartására, de ezek nem kötelező érvényűek, nehéz őket ellenőrizni, és a kutatóhelyek a valóságban inkább nemzeti vagy még inkább helyi (intézeti, laboratóriumi) szabályok mentén működnek. Jelenleg 69 működő, építés alatt álló vagy tervezett maximális elszigeteltségű laboratórium (BSL₄) van világszerte. Ezeket úgy tervezték és építették, hogy a kutatók biztonságosan dolgozhassanak a legveszélyesebb kórokozókkal – olyanokkal, amelyek súlyos betegségeket okozhatnak, és amelyek ellen nem létezik kezelés vagy vakcina (Ebola-, Lassa-, Marburg-vírusok, himlő stb.). A biztonsági protokoll kiterjed a teljes testet fedő, nyomás alatt álló, független oxigénnel ellátott ruhára, illetve arra is, hogy a laboratóriumból való kilépéskor a személyzetnek át kell mennie egy vegyi zuhanyon a fertőtlenítéshez. Érdekességként megemlíthetjük, hogy jelenleg a 3000 m²-es laboratóriumi területével a Vuhani Virologiai Intézet a világ legnagyobb BSL₄ laboratóriuma. A BSL₄ laboratóriumok mintegy 60%-a állami közegészségügyi intézmény, 20%-át egyetemek, 20%-át pedig biológiai védelmi ügynökségek működtetik. Ezen laborok egy része olyan országokban található, amelyek nem felelnek meg a jelenleg elfogadott nemzetközi *biosafety* szabályozásoknak, és

⁷ FBI – Amerithrax or Anthrax Investigation.

egyik BSL4-es labor sem csatlakozott még az ISO 35001 szabványhoz, amelyet 2019-ben vezettek be a biológiai biztonság kockázatainak csökkentését célzó irányítási folyamatok kialakítása érdekében.⁸

A *biosecurity* ugyanakkor azokra az intézkedésekre utal, amelyeket a biológiai anyagokkal való szándékos visszaélés vagy lopás megakadályozására tesznek, amelyeket rosszindulatú célokra, például bioterrorizmusra használhatnak fel. A *biosecurity* intézkedések jellemzően fizikai és eljárási biztosítékokat tartalmaznak, mint például a laboratóriumokba és a raktárterületekre való belépés korlátozására szolgáló beléptetési ellenőrzések, a személyzet háttérellenőrzése és biztonsági átvilágítása. Idetartozik még a biológiai anyagok felhasználásának és mozgásának nyomon követését és leltárellenőrzését szolgáló protokollok alkalmazása. A *biosecurity* célja a nemzetbiztonságot vagy a közegészségügyet veszélyeztető biológiai anyagok eltulajdonításának vagy jogosulatlan felhasználásának megakadályozása. Az idetartozó szabályozások nemzeti vagy még inkább nemzetközi szintűek, betartatásukért kormányzati, katonai, rendészeti szereplők felelnek.

Mind a *biosafety*, mind a *biosecurity* kapcsán fontos megemlíteni, hogy az adminisztratív és a tényleges biztonsági intézkedéseknek számos területre ki kell terjedniük, beleértve a biotechnológiát, a mikrobiológiát, a közegészségügyet, a járványügyet, a migrációs egészségügyet, az oktatást, az élelmiszerláncokat és élelmiszer-biztonságot és az állatgyógyászatot.⁹

A következőkben röviden sorra vesszük azokat a lehetőségeket, ahogyan terrorista csoportok a biológiai biztonsági intézkedéseket megkerülve biológiai fegyverekhez juthatnak.

Laboratóriumból illegális úton: a *biosecurity* protokollok be nem tartása vagy kijátszása útján hozzá lehet jutni kutatási célból tenyésztett patogén organizmusokhoz. Kockázati tényező lehet a létesítmény nem megfelelő fizikai biztosítottsága, illetve a laboratóriumban dolgozó kisegítő vagy kutató személyzet.

Legális vásárlás útján – fedőszervezeten keresztül: a különösen veszélyes patogén organizmusok beszerzését többszörös nemzetközi biztonsági ellenőrző rendszer felügyeli, ezért ezekhez csak az erre vonatkozó engedéllyel rendelkező intézmények férhetnek hozzá. Egy fedőszervezeten (egyetemnek vagy kutatóintézetnek álcázott intézmény) vagy akár egy elkötelezett országon – ahol a nemzetközi szabályok kevésbé érvényesíthetők – keresztül azonban ez az ellenőrzés kijátszható.

Izolálás természetes forrásból: vannak olyan biológiai fegyverként bevethető agensek (leginkább toxinok), amelyeknek az izolálása, illetve a kitenyésztése megoldható

⁸ Biorisk management for laboratories and other related organisations.

⁹ BECKMAN–RÜDELSHEIM 2020.

természetes forrásból. Növényi eredetű toxinok esetében (például ricin) viszonylag egyszerű extrahálási lépésekkel nagy mennyiségű és nagy tisztaságú mérgező anyagot lehet előállítani komolyabb laboratóriumi háttér nélkül is. Baktériumok esetén is van lehetőség a természetes forrásból történő izolálásra. Az amerithrax során használt anthraxtörzs (Ames) is egy, az 1980-as évek elején szarvasmarhából izolált törzs volt. Egy ilyen típusú izolálás ugyanakkor komolyabb tudományos háttérrel feltételez.

Genetikai manipulációval: ilyen módon előállítani biológiai fegyvert lényegesen nagyobb kihívás elé állítja a kutatót, hiszen ehhez nagyfokú szakértelemre, jól felszerelt laboratóriumra, hozzáértő kisegítő személyzetre és az ezek előteremtéséhez szükséges nagy mennyiségű anyagi forrásra van szükség. Egy ilyen módon előállított biológiai fegyver ugyanakkor már a következő generációs biológiai hadviselés részét képezi.¹⁰ Álljon itt néhány példa arra, hogy genetikai manipuláció segítségével hogyan lehetséges egy biológiai ágens veszélyességének a fokozása: (1) Alacsony kockázatú kórokozók módosítása, hogy nagy hatásúvá váljanak; (2) átviteli sebesség (fertőzőképesség) növelése; (3) fokozott toxintermelés; (4) fokozott ellenállás antibiotikumokkal vagy vakcinákkal szemben; (5) teljesen új kórokozók kifejlesztése vagy eredetileg nem humán patogének módosítása oly módon, hogy azok veszélyessé váljanak emberek számára is; (6) kihalt, nagy hatású kórokozók, például a himlőt okozó Variola vírus újratermelése.¹¹

Az Amerikai Járványügyi Hivatal (Centers for Disease Control and Prevention – CDC) biológiai biztonsági szempontból a kórokozókat különböző veszélyességi kategóriákba sorolja.¹² Az A kategóriás kórokozók közé tartoznak azok a szervezetek, amelyek azért jelentenek kockázatot a nemzetbiztonságra, mert (1) könnyen terjeszthetők vagy személyről személyre átvihetők; (2) magas halálozási arányt eredményeznek, és jelentős közegészségügyi hatással járhatnak; (3) közpánikot és társadalmi zavarokat okozhatnak; és (4) különleges intézkedést igényelnek a közegészségügyi felkészültség érdekében.

Idetartoznak a következő betegségek, illetve kórokozók: anthrax (*Bacillus anthracis*); botulizmus (*Clostridium botulinum* toxin); pestis (*Yersinia pestis*); himlő (*Variola major*); tularémia (*Francisella tularensis*); vírusos vérzéses lázak (Ebola, Marburg, Lassa, Machupo).

Figyelembe véve az előzőekben tárgyalt genetikai módosítással létrehozott kórokozókat, ez a besorolás ugyanakkor már nem felel meg a következő generációs biológiai hadviselés által támasztott kihívásoknak. Ahhoz, hogy lépést tudjunk tartani a biológiai, genetikai, biotechnológiai fejlődéssel, új fogalmakat

¹⁰ National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2018.

¹¹ GISSELSSON 2022.

¹² CDC – Bioterrorism Agents/Diseases.

és ellenőrző rendszereket kell bevezetnünk, amelyekről a következő fejezetekben lesz bővebben szó.

Kiberbiológiai biztonság

A kiberbiológiai biztonság (cyber-biosecurity) a biológiai kutatási adatok és rendszerek védelmét jelenti a kiberfenyegetésekkel és -támadásokkal szemben. Idetartozik a nem kívánt megfigyeléssel, behatolással, valamint rosszindulatú és káros tevékenységekkel (adatmódosítás, adattörlés, adatszivárogtatás) szembeni sebezhetőségek megértése, megelőzése és kivizsgálása. Mivel a technológia használata a biológiai kutatásban, a mezőgazdaságban, az egészségügyi ellátásban és a privát szektorban is egyre inkább terjed, egyre fontosabbá válik e rendszerek kiberbiológiai biztonságának szavatolása.¹³

A kiberbiológiai biztonsági intézkedések közé tartozhat a tűzfalak, a behatolásjelző rendszerek, a titkosítás, a hozzáférés ellenőrzése és a fontos adatok rendszeres biztonsági mentése. Idetartozik továbbá a potenciális kiberfenyegetések és sebezhetőségek figyelemmel kísérése, rendszeres kockázatértékelések elvégzése, valamint a személyzet számára megfelelő kiberbiztonsági képzések és tudatossági programok végrehajtása, hiszen a kiberbiztonság leggyengébb láncszeme még mindig az ember. Mindezek az intézkedések nem különböznek lényegesen a kiberbiztonság jelenleg is használt alapvető protokolljaitól, ugyanakkor fontos kiemelni a szektor jogi és etikai szabályozását is, amelyet leegyszerűsítve azzal a két kérdéssel lehet jellemezni, hogy kinek a tulajdonát képezik a biológiai adatok, illetve kinek lehet ezekhez hozzáférése.¹⁴

A DNS-szekvenálás, illetve a genommanipulálás rohamos fejlődése (egyre gyorsabban, egyre egyszerűbben és egyre olcsóbban tudunk ezekhez a technológiákhoz hozzáférni) korábban elképzelhetetlen mennyiségű biológiai/bioinformatikai adat előállításával jár. Az állami és akadémiai szereplők mellett privát cégek ezrei generálnak sok millió terabájtnyi információt nap mint nap. Míg az emberi genom megszekvenálása éveket és dollármilliókat vett igénybe a Humán Genom Projekt idején (a projekt első része 2001-ben fejeződött be), addig ma ez pár ezer dollárból és pár nap alatt megoldható. A genom manipulálása a CRISPR¹⁵-technológia megjelenésével szintén elképesztő mértékben egyszerűsödött és vált megfizethetővé. Ezzel párhuzamosan ugyanakkor a kiberbiológiai biztonság fejlődése nem tudta

¹³ DANIEL 2023.

¹⁴ MURCH et al. 2018.

¹⁵ Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats: halmozottan előforduló, szabályos közőkkel elválasztott palindromikus ismétlődések.

tartani a lépést. A bioinformatikai adatok, amelyek a közeli jövőben a legfontosabb és legérzékenyebb információvá léphetnek elő, jelenleg az általánosan elfogadott információs technológiai (IT)-rendszerekben vannak tárolva, és nincs megoldva ezen adatok központosított védelme vagy felügyelete. A családfaelemző cégek például több tízmilliónyi személyes DNS-adatot tárolnak a cégek saját biztonsági protokollja szerint. Ezek a genetikai információk a családfa és a genetikai alapú etnikai rokonság mellett érzékeny részleteket fedhetnek fel az egyén egészségi állapotáról, bizonyos betegségekre való hajlamáról, genetikai (szub)populációkhoz való tartozásáról vagy más személyes jellemzőiről. Ezeket az adatokat a biztosítók, munkáltatók, politikai szereplők vagy más szervezetek használhatják fel diszkriminatív gyakorlatokra, például a biztosítási fedezet vagy a munkalehetőségek genetikai háttéren alapuló megtagadására.

A személyes DNS-adatok és a bioterrorizmus között is számos kapcsolódási pontot azonosíthatunk. A személyes DNS-adatok olyan genetikai változásokat tárhatnak fel, amelyek befolyásolhatják az egyén fogékonyságát vagy ellenálló képességét bizonyos betegségekkel szemben, beleértve a biológiai kórokozók által okozott betegségeket is. A bioterroristák potenciálisan kihasználhatják ezt az információt, hogy célba vegyék a specifikus genetikai profillal rendelkező egyéneket vagy populációkat (lásd erről később az ultracélzott biológiai hadviselést). A személyes DNS-adatok felhasználhatók olyan egyének azonosítására, akiknek különleges genetikai jellemzői vannak, vagy akik azonosítása a hagyományos módszerekkel nem megoldható (védett személy, rekonstrukciós műtéten átesett személy stb). A DNS-profil meghamisításával ugyanakkor ártatlan személyekre lehet terhelő bizonyítékokat gyártani, amely bizonyítékok jelenleg a legmagasabb fokú megbízhatósággal rendelkeznek (helyszínen begyűjtött DNS-minta). Azzal, hogy a hamisított genetikai információkat összekapcsolják egy személy személyazonosságával, a bioterroristák zavart, félrevezetést, politikai instabilitást vagy hamis vádakat generálhatnak.

A mesterséges intelligencia térnyerése a biológiában elérhetővé tett olyan algoritmusokat, amelyek alkalmasak korábban nem létező kémiai/biológiai molekulák (toxinek, gyógyszermolekulák, fehérjék) megtervezésére, sőt a (bio)szintézisükhöz szükséges protokollt is képesek legenerálni. Ezek az algoritmusok megtaníthatók arra, hogy egy bizonyos cél, legyen az sejt vagy molekula, ellen tervezzenek biokémiai komponenseket (ez a gyógyszerfejlesztés egyik fő iránya), ami korábban soha nem látott módon könnyíti meg biológiai fegyverek fejlesztését, amelyeknek a detektálása kívül eshet a jelenleg rendelkezésre álló eszközök kapacitásán.¹⁶

¹⁶ URBINA et al. 2022: 189–191.

Elmondható tehát, hogy a kiberbiológiai biztonság alapvető fontosságú a biológiai kutatási, egészségügyi és az egyre jobban terjedő, a humán genomra épülő civil rendszerek kiberfenyegetésekkel szembeni védelmében, valamint az érzékeny adatok integrálásának és biztonságának biztosításában.

Orvosi hírszerzés

Az orvosi hírszerzés (medical intelligence) a közegészségügyi és orvosi kérdésekkel kapcsolatos információk gyűjtésének, elemzésének és terjesztésének folyamatát jelenti. Ezek az információk felhasználhatók a közegészségügyi tisztviselők, az orvosok és az egészségügyi ágazat más érdekelt felei számára a döntéshozatalhoz. A katonai, a polgári és az ipari hírszerzés mellett ez a jelenleg formálódó terület hivatott biztosítani egy esetleges biológiai támadás előrejelzését, felderítését, az arra való felkészülést, illetve az esemény bekövetkeztekor az egészségügyi, a katonai és a polgári szereplők koordinálását. A korábban tárgyalt *biosafety* és *biosecurity* területek összehangolása szintén az orvosi hírszerzés feladatai közé tartozik.

Az orvosi hírszerzés legfontosabb feladatai egy bioterrorista támadás kapcsán: (1) korai felismerés: az orvosi hírszerzés magában foglalja az egészségügyi vonatkozású adatok és információk szisztematikus gyűjtését, elemzését és értelmezését. Ez magában foglalja a betegségminták megfigyelését, a felügyeleti adatok elemzését és a szokatlan vagy gyanús járványkitörések vagy lokális megbetegedések azonosítását. A mesterségesintelligencia-alapú mintázatfelismerő algoritmusok képesek a nagyon korai prognózisra és a természetes, illetve a mesterséges mintázatok elkülönítésére. Ezen keresztül a szokatlan betegségminták vagy tünetek észlelésével és elemzésével az orvosi hírszerzés segíthet a potenciális bioterrorista események korai felismerésében. (2) Fenyegetésértékelés: az orvosi hírszerzés betekintést nyújt a bioterrorizmusban esetleg részt vevő terrorista szervezetek vagy személyek képességeibe, szándékaiba és tevékenységeibe. Segít felmérni egy bioterrorista támadás valószínűségét és súlyosságát olyan mutatók elemzésével, mint a potenciális terrorista csoportok nemzetközi és lokális megfigyelése, a lehetséges állami szereplők azonosítása, a biológiai fegyverek és a terjesztési módszerek fejlesztése. (3) Kockázatelemzés: az orvosi hírszerzés segít a lakosság és a kritikus infrastruktúrák bioterrorista fenyegetésekkel szembeni sebezhetőségének értékelésében. Olyan tényezőket vesz figyelembe, mint a földrajzi elhelyezkedés, időjárási adatok, a népsűrűség, a populációra jellemző genetikai háttér, az egészségügyi ellátási kapacitások és a felügyeleti képességek, hogy értékelje egy bioterrorista támadás lehetséges hatását, és irányítsa az erőforrások elosztását és a felkészültségi

erőfeszítéseket. (4) Információmegosztás és együttműködés: a hatékony orvosi hírszerzéshez együttműködésre és információmegosztásra van szükség a különböző érdekelt felek között, beleértve a közegészségügyi intézményeket, a hírszerző szervezeteket, az egészségügyi szolgáltatókat és a bűnüldöző szerveket. A hírszerzési információk időben történő megosztása megalapozza a felkészültséget, lehetővé teszi az összehangolt válaszlépéseket, és megkönnyíti a potenciális bioterrorista fenyegetésekkel szembeni ellenintézkedések kidolgozását. (5) Reagálási terv és kárenyhítés: az orvosi hírszerzés hozzájárul a bioterrorista támadás hatásainak enyhítését célzó választervek és stratégiák kidolgozásához. Segít a megfelelő orvosi ellenintézkedések meghatározásában, útmutatást nyújt a vészhelyzeti reagáló csapatok számára, kidolgozza az elkülönítés és dekontaminálás eljárását, és tájékoztatja a közegészségügyi intézményeket, a politikai szereplőket és a médiát a pánik enyhítése és a hatékony reagálási erőfeszítések támogatása érdekében. (6) Kutatás és fejlesztés: az orvosi hírszerzés támogatja a diagnosztikai képességek, a kezelési lehetőségek és a potenciális bioterrorista kórokozókkal szembeni megelőző intézkedések javítására irányuló kutatási és fejlesztési erőfeszítéseket. A felmerülő fenyegetések elemzésével és lehetséges hatásuk megértésével az orvosi hírszerzés irányíthatja a biológiai védelem területén a kutatásra és fejlesztésre szánt erőforrások elosztását.

Az orvosi hírszerzés tehát létfontosságú szerepet játszik a bioterrorista fenyegetések felderítésében, értékelésében és az azokra való reagálásban, illetve a *biosafety* és a *biosecurity* protokollok kidolgozásában. Segít a korai figyelmeztető jelek azonosításában, a kockázatok értékelésében, az együttműködési erőfeszítések támogatásában, valamint a bioterrorista támadások megelőzésére és hatásainak enyhítésére irányuló döntéshozatal irányításában.

Ultracélzott biológiai hadviselés

A biológiai adatelemzés és a biotechnológia forradalma vezetett egy új, az úgynevezett ultracélzott biológiai hadviselés (ultra-targeted biological warfare, UTBW) fogalmának megjelenéséhez.¹⁷ Az ultracélzott biológiai hadviselés olyan biológiai anyagok felhasználására utal, amelyeket kifejezetten úgy terveztek és alakítottak ki, hogy egy biológiailag jellemezhető csoport vagy személy ellen irányuljanak. A biológiai hadviselés ezen típusa magában foglalja a biológiai ágensek manipulálását és módosítását virulenciájuk és szelektivitásuk fokozása érdekében, valamint annak

¹⁷ LENTZOS 2020.

biztosítása érdekében, hogy azok egy adott genetikai, etnikai vagy más demográfiai csoportot célozzanak meg. A korábbi biológiai harcprogramok során a fegyverek a földrajzi elhelyezkedésen keresztül célozták meg a kiszemelt áldozatokat. Az ilyen biológiai ágensek terjedése és kontrollálása (kiváltott fertőzés vagy járvány esetén) a támadó fél számára is – sokszor megoldhatatlan – kihívást jelentett. A biotechnológia fejlődése az UTBW-n keresztül megnyitja annak lehetőségét, hogy egy biológiai fegyvert széles földrajzi területen bevetve csak előre meghatározott és biológiailag karakterizált embercsoportokat vagy akár egyéneket célozzunk meg. A Humán Genom Projekt lezárásakor az Egyesült Királyság kormánya figyelmeztetett, hogy „nem zárható ki, hogy az ilyen genetikai kutatásokból származó információkat figyelembe lehetne venni bizonyos etnikai vagy faji csoportok ellen irányuló fegyverek tervezésénél”. Ha felidézzük az amerikai kontinens őslakosai ellen „bevetett”, tervezetten végrehajtott himlőfertőzést, látjuk, hogy a múltban már volt példa a különböző népességcsoportok különböző betegségekre való eltérő fogékonyságán alapuló biológiai hadviselésre. Az elmúlt húsz évben számos ország indított „nemzetspecifikus” szekvenálási kampányt egy adott népcsoport genetikai információinak feltérképezésére (például USA, az Egyesült Királyság (United Kingdom – UK), Kína, Dél-Korea, Izland). Ezek a kormányzati ellenőrzés alatt futó programok hasznos információkkal szolgálhatnak a lakosságot érintő genetikai hátterű betegségek diagnosztizálásához, egészségügyi kockázatelemzéshez, prevenciós kampányokhoz. Ugyanakkor a korábbi fejezetekben leírtak alapján ezek az adatok is ki vannak téve a kiberbiológiai biztonsági kockázatoknak, megteremtve az esélyét a populációspecifikus genetikai adatokkal való visszaélésnek és egy esetleges UTBW kifejlesztésének.

Az ultracélzott biológiai fegyverek kifejlesztése és alkalmazása a nemzetközi jog megsértésének minősül, beleértve az 1972-es biológiai fegyverekről szóló egyezményt (Biological and Toxin Weapons Convention – BTWC). Az UTBW speciális etikai, jogi és biztonsági aggályokat vet fel, mivel meghatározott népességcsoportok vagy egyének ellen is bevethető, és pusztító következményekkel járhat a közegészségügyre és a közbiztonságra nézve. Azt is érdemes megemlíteni, hogy akár olyan célzott biológiai ágensek is kifejleszthetők és bevethetők, amelyek generációkon átívelő hatást fejtenek ki adott népcsoport vagy adott személy tekintetében, tovább súlyosbítva a támadás etikai megítélését. A felderítés és a megelőzés is nehézkes, mivel az ultracélzott biológiai hadviselésben használt biológiai anyagok a szokásos megfigyelési és ellenőrzési rendszerekkel nem feltétlenül mutathatók ki.

*Mire kell felkészülnünk, mitől függhet a jövőbeli
biológiai támadások stratégiai sikere?*

Ahogy az a korábbi oldalakon láthattuk, a biológiai hadviselés jellege jelentős változáson megy keresztül. Ez a változás a társadalomban és a tudományban jelenleg párhuzamosan végbemenő folyamatokra vezethető vissza. A biztonsági fenyegetések a biológiai tömegpusztító fegyverek területéről a (bio)információs és hibrid hadviselés területére kerülnek, ahol a kis léptékű, célzott támadásoknak hatalmas pszichológiai hatása lehet. Ezeket a támadásokat már nemcsak állami szereplők, hanem kis létszámú, jól szervezett terrorista csoportok is végre tudják hajtani. A Covid-19-világjárvány megmutatta, hogy a fertőzéstől való félelem, a dezinformáció és a döntéshozók felkészületlensége (alkalmatlansága) milyen hatékonyan képes társadalmakat bezárni, bizalmatlanságot kelteni a szövetségesek között, és politikai, illetve gazdasági káoszt okozni. A jövőbeni biológiai hadviselés – legyen az államok vagy terrorista csoportok által kirobbantva – ugyanezt a dinamikát követheti, amennyiben betegségekkel, járványokkal való pusztító fenyegetéssel zavart kelthetnek a megcélzott közösségekben. Ezzel párhuzamosan a biotechnológia területén bekövetkező gyors fejlődés bővítheti a biológiai fegyverek repertoárját, lehetővé téve a taktikai sokoldalúságot és a célzottabb támadásokat. A biológiai támadások elleni felkészültségnek lépést kell tudni tartania ezekkel a fejleményekkel. A jobb felkészültség szorosabb együttműködést igényel a civil szereplők, az akadémiai szektor és a nemzetbiztonsági intézmények között, létrehozva az orvosi hírszerzés szakértői és infrastrukturális hálózatát.¹⁸

A jövőbeni biológiai támadások stratégiai sikere nagymértékben függhet attól, hogy (1) milyen mértékben használja a meglepetés erejét (új biológiai ágensek, új átviteli mód, váratlan megjelenési mintázat); (2) mennyire képes a médián keresztül fokozni a társadalmi feszültséget, félelmet és ezen keresztül káoszt előidézni; (3) és végül hogyan tudja elfedni a támadó kilétét, a kórokozó eredetét.¹⁹

ZÁRÓ GONDOLATOK CARL VON CLAUSEWITZTŐL,
AVAGY A BIOLÓGIAI HADVISELÉS EGYRE SŰRŰSÖDŐ KÖDE

A modern hadviselés atyjaként számontartott Carl von Clausewitz *A háborúról* című művében rendkívül pontosan és képletesen fogalmazza meg azt a zűrzavart

¹⁸ NEWMAN 2018.

¹⁹ GISSELSSON 2022.

és bizonytalanságot, amely minden háború sajátja, és amely talán sehol sem szembeűnőbb, mint a modern biológiai hadviselésben és bioterrorizmusban:

„Végre pedig a háborúban az adatok nagy bizonytalansága is sajátlagos nehézségként lép fel; a cselekvés úgyszólván szürkületben történik, amidőn a tárgyakat sokszor túlzott terjedelemben, groteszk alakzatban látjuk úgy, amiként azt a természetben nemritkán a köd vagy hold megvilágítása szokta eredményezni. Amit a gyér megvilágítás a teljes bepillantás elől eltakar, annak kitalálása vagy a tehetségre, vagy pedig a szerencsére bízandó. Tehát tárgyilagos bölcsesség hiányában megint csak a tehetségbe, vagy pedig a sorsba kell vetni hitünket.”²⁰

FELHASZNÁLT IRODALOM

- BEECKMAN, Delphine S.A. – RÜDELSHEIM, Patrick (2020): Biosafety and Biosecurity in Containment: A Regulatory Overview. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8(650). Online: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00650>
- CLAUSEWITZ Károly (1917): *A háborúról*. Ford. Báró Hazai Samu. Budapest: Athenaeum. Online: https://mek.oszk.hu/13200/13240/pdf/13240_1.pdf
- DANIEL, Cebo (2023): Biosecurity: the imperative role of ai in cyberbiosecurity. *danielcebo.medium.com*, 2023. július 15. Online: <https://danielcebo.medium.com/biosecurity-the-imperative-role-of-ai-in-cyberbiosecurity-3385735b0248>
- GISSELSON, David (2022): Next-Generation Biowarfare: Small in Scale, Sensational in Nature? *Health Security*, 20(2), 182–186. Online: <https://doi.org/10.1089/hs.2021.0165>
- LENTZOS, Filippa (2020): How to protect the world from ultra-targeted biological weapons. *Bulletin of the Atomic Scientists*, (december), 302–308. Online: <https://doi.org/10.1080/00963402.2020.1846412>
- MURCH, Randall S. et al. (2018): Cyberbiosecurity: An Emerging New Discipline to Help Safeguard the Bioeconomy. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 6(39). Online: <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00039>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2018): *Biodefense in the Age of Synthetic Biology*. Washington: The National Academies Press. Online: <https://doi.org/10.17226/24890>
- NELSSON, Richard (2020): The poison-tipped umbrella: the death of Georgi Markov in 1978 – archive. *The Guardian*, 2020. szeptember 9. Online: <https://www.theguardian.com/world/from-the-archive-blog/2020/sep/09/georgi-markov-killed-poisoned-umbrella-london-1978>
- NEWMAN, Tim (2018): Bioterrorism: Should we be worried? *Medical News Today*, 2018. február 28. Online: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/321030#Bioterrorism:-Modern-concerns>

²⁰ CLAUSEWITZ 1917.

- SERENA, Katie (2018): The Cult of Rajneesh and the Largest Act Of Bioterrorism. In U.S. History. *allthatsinteresting.com*, 2018. március 23. Online: <https://allthatsinteresting.com/rajneesh>
- URBINA, Fabio et al. (2022): Dual use of artificial-intelligence-powered drug discovery. *Nature Machine Intelligence*, 4(3), 189–191. Online: <https://doi.org/10.1038/s42256-022-00465-9>

Egyéb források

- Convention on the Prohibition of the Development, Production and Stockpiling of Bacteriological (Biological) and Toxin Weapons and on Their Destruction. Online: <https://front.un-arm.org/wp-content/uploads/2020/12/BWC-text-English-1.pdf>