

**Csuka Antal**

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem  
[antal.csuka@hotmail.com](mailto:antal.csuka@hotmail.com)

**Előházi János**

Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem  
[elohazi.janos@gmail.com](mailto:elohazi.janos@gmail.com)

## IRÁNYÍTOTT ENERGIÁJÚ FEGYVEREK ÉS VESZÉLYEIK A SZÁMÍTÓGÉPES RENDSZEREKRE

### *Absztrakt*

*A cikk célja összefoglalni a létező irányított energiájú fegyvereket azok hatásmechanizmusa szerint. Az ilyen típusú fegyverek komoly fenyegetettséget jelentenek az elektronikai eszközökre, hiszen azok teljes használhatatlanná tételére képesek. Az ilyen, akár otthon is legyártható fegyverek kis méretük miatt észrevétlenek, és a támadó komoly károkat tud okozni velük. Társadalmunk egyre nagyobb mértékben függ az elektronikai eszközöktől, fontos irányítási feladatokkal bízunk meg őket. Sok területen nélkülözhetetlen alkalmazásuk. Az irányított energiájú fegyverek egy új fenyegetési forrást jelentenek, melyeket a közeljövőben komolyan számba kell venni.*

*The aim of this article is to summarize the existing directed energy weapon technologies based on their affect mechanism. This new type of weapons means serious threats for electronic equipments, since they are able to cause vital damages in such systems. Some types of these weapons can be assembled at home in a very small size, thus the attacker can achieve her goals undetected. Our society considerably depends on electronic devices, very important functions are provided by them. In many areas it is unable to substitute them. Directed energy weapons mean a brand new threat that has to be seriously managed in the near future.*

**Kulcsszavak:** *irányított energiájú fegyver, elektronikus bomba, HERF – nagy energiájú rádiófrekvenciás fegyver, számítógépes rendszerek ~ directed energy weapons, electronics bomb, HERF – High Energy Radiofrequency Weapons, computer systems*

## BEVEZETÉS

Az irányított energiájú fegyverek sokáig csak a fantázia és a tudományos-fantasztikus történeket szüleményei voltak. A 20. század végi felgyorsult elektronikai fejlődés lehetővé tette, hogy néhány, addig csak elméletben létező irányított energiájú fegyver mégis a valóság része legyen.

Az ilyen fegyverek energiát sugároznak ki magukból egy meghatározott irányban egy célra, hogy azon egy bizonyos hatást fejtsenek ki. Napjaink legelterjedtebb irányított energiájú fegyverei a lézer alkalmazásához köthetőek. Számos híradás szól arról, hogy az Amerikai Egyesült Államokban lézer alapú rakétaelhárító rendszert fejlesztenek, de 2007. július 15-én egy sikeres kísérlet keretében egy vadászrepülőgépet voltak képesek megsemmisíteni nagy energiájú lézersugár alkalmazásával [1].

A felhasználható energia ezekben a fegyverekben számos forrású lehet: lehet elektromágneses alapú, mint a lézer és mikrohullámú fegyverek esetében; lehetnek részecske fegyverek, melyek elektronokat vagy atomokat sugároznak egy adott irányban; és lehetnek akusztikus fegyverek, melyek zavaró, elviselhetetlen hangot sugároznak, és ezáltal hatékonyan alkalmazhatóak tömegoszlatás vagy őrzés védelem megvalósítása során anélkül, hogy maradandó kárt tennének az élő szervezetben.

Az elektronikus eszközöktől napról napra jobban függ a modern társadalom. Alapvető funkciókat látnak el informatikai rendszerek, melyek elengedhetetlenek a politikai-, üzleti- és kormányzati rendszer működtetéséhez. Olyan veszélyes üzemek irányítását bízzuk informatikai eszközökre, mint például az erőművek, a közlekedés irányítása, az üzemek és nem utolsósorban a haditechnikai rendszerek. A 21. századra viszont az olyan hétköznapi eszközeink, mint a személygépjármű vagy háztartási eszközök sem képesek működni a félvezetők által nyújtotta szolgáltatások nélkül. A mindennapi életben is számos kommunikációs vagy szórakoztató szolgáltatást nyújtó eszközt használunk. Ezek nélkül a modern üzletvitel elképzelhetetlen, és nehézségeket okoz, ha szolgáltatásuk akár csak időlegesen is kiesik. Ez a nagyfokú függőség vezetett olyan fegyverek kifejlesztéséhez, melyek célzottan ezeket a berendezéseket veszik célba anélkül, hogy látványos fizikai rombolást végeznének, vagy közvetlenül az élő erőben tennének kárt. Az ilyen fegyverek elektromágneses energiát használnak arra, hogy a céleszköz által nyújtott funkciókat megtámadják, azt átmenetileg vagy tartósan működésképtelenné tegyék. [5]

## IRÁNYÍTOTT ENERGIÁJÚ FEGYVEREK

Az irányított energiájú fegyverek meghatározására több definíció is született. Az Amerikai Védelmi Minisztérium fogalomtárában olyan rendszerként definiálják, amely az irányított energiát elsősorban az ellenséges eszközök, létesítmények vagy személyek ellen rombolás, roncsolás céljából alkalmazza. [4] De az irányított energiájú fegyvereket definiálhatóak olyan fegyverként is, melyek a kiválasztott irányba energiát bocsátanak ki, hogy a célon különböző hatásokat érjenek el. A kinetikus energiájú eszközöket nem sorolják ide. [1]

A hidegháború alatt kezdődött meg az irányított energiájú fegyverek fejlesztése. A nekik szánt szerep az ellenséges erők irányítási rendszereinek (Command Control and Communications) megbénítása egy nagyarányú nukleáris támadás megindítása előtt. A hidegháborús feszültségek elmúlásával a kifejlesztett technológia a hagyományos hadviselésben is jelentős sikerekkel alkalmazható, és hatékonyan vethető be terrorista, info-terrorista és speciális erők ellen. [5]

Az irányított energiájú fegyverek csoportosítását a kisugárzott energia alapján tehetjük meg, így léteznek akusztikus-, rádiófrekvenciás-, lézer- és részecskefegyverek. A kisugárzott energia egyben meghatározza ezen fegyverek felhasználási területeit is.

## Akusztikus fegyverek

A térben terjedő hang nem egyéb, mint mechanikai hullám, ami valamely folytonos, rugalmas közegben kialakuló mechanikai zavarállapot továbbterjedése. A hangoknak rendkívül nagy jelentőségük van az élővilágban. Kapcsolatot teremtenek az egyedek közt, frekvenciájának függvényében elriasztja, vagy éppen magához csalogatja a másik egyedet.

Az akusztikus fegyverek elsődleges feladata az ellenséges élőerő megbénítása, és megakadályozása céljai elérésében anélkül, hogy életet áldoznánk fel. Ezt a célt idegi, pszichikai befolyással, zaklatással éri el, ezáltal az ellenséges erők harcképessége csökken, szervezett munkavégzésre és tájékozódásra való képessége átmenetileg megszűnik anélkül, hogy fizikai károsodást okoznánk.

Az akusztikus fegyverek legegyszerűbb fajtája az úgynevezett LRAD (Long Range Acoustic Device), melyek kiválóan alkalmazhatóak nagy hatótávolságú kommunikációs célokra, de főként figyelmeztetés közvetítésére. Ez a fegyver nagy energiájú hangot sugároz magából, melynek erőssége elviselhetetlen és fizikai fájdalmat okoz. Emellett visszaverődő és másodlagos forrású kisugárzásai csökkentik a célzott személyek koncentrációs és tájékozódási képességét. [7] Az LRAD rendszerek azon frekvencián fejtik ki hatásukat, melyen az emberi hallás a legérzékenyebb. [9] Számos kutatás kimutatta, hogy az úgynevezett fehérzaj túlterheli a hallórendszert, fájdalmat és szédülést okoz. Egyéb megoldások robbantással előidézett hang-örvénygyűrűket alkalmaznak. Ezen eszközök hatótávolsága több tíz méter, és eredményesen gátolják meg a célt annak cselekvésében. [11]

A hallható hang mellett közismert, hogy az emberi szervezet által nem hallható tartományban sugárzott hanghatások is jelentős mértékben negatív irányban befolyásolják az emberi teljesítőképességet. Az infrahangoknak az elbűvölő, megbabonázó hatása régóta ismert, vízió, azaz látomáskeltő tulajdonságaira nemrégiben derült fény. Ez sok olyan jelenséget magyaráz, amit korábban rejtély övezett. Mint újdonság, új lehetőségeket kínál és adott esetben fegyverként is szolgál. A hang hatása (hatalma) ősidők óta ismert, fegyverként is régóta alkalmazzák az élővilágban az élőlények. A kibocsátott hanghullám időegységre vonatkoztatott rezgésszámától függően, megkülönböztetünk infrahangokat, ultrahangokat vagy a hallható tartományba eső rezgéseket, amelyek a térben tovaterjedve, a természet adta érzékszervekkel, felfoghatók, érzékelhetők. A hanghullám információtovábbító szerepe megszokott és jól ismert. Az ember evolúciós fejlődése folyamán a fizikai képességei az előretörő intellektusának a javára elmaradtak, legalábbis megtorpant. Ezt pótolták minden időben azok a kiegészítő és segédeszközök, amelyek hiányzó képességeit kiegészítették. Ha fegyverről beszélünk, hasonlóképpen ilyen kiegészítő eszközök alkalmazására kell gondolnunk. [22] Az infrahang alkalmazása mellett szól az a döntő érv, hogy az alacsony frekvenciájú hanghullámok terjedését nehéz kedvezőtlenül befolyásolni. Hatására a célszemély mentális képességei nagymértékben csökkennek: megnő reakcióideje, szűkül a látótere, nyugtalanságot és szédülést, fejfájást, émelygést és görcsöket okoz, de előidézhet légzési nehézségeket és szélsőséges esetben epilepsziás rohamot is. A 7Hz körüli infrahang az emberi test saját rezgésével egyezik meg, ezért akár belső sérüléseket is okozhat. Az infrahang alkalmazásának további előnyei, hogy nem hallható, ezért mire a cél észleli annak hatásait, addigra a támadás elérte a célját. Hátránya az infrahangot alkalmazó technológiának, hogy működtetéséhez nagy energia szükséges, és idáig nem sikerült a gyakorlatban is alkalmazható generátorokat kifejleszteni. [11]

Az információátvitelt szolgáló rendszer esetében, alapvető követelmény az, hogy az átviteli közegben terjedő hanghullám vétele és feldolgozása a vevő oldalon zavartalan legyen. Az akusztikus fegyver abban is különbözik az információs rendszerektől, hogy ennek a feltételnek nem kell teljesülnie, mi több az esetek többségében követelmény, hogy a hanghullám a nem hallható tartományba essen, és ott fejtse ki a hatását. Erre szükség lehet stratégiai, taktikai, de olyan okokból is, ami a hanghullám jellemzőire, terjedési

tulajdonságaira és élettani hatására vezethető vissza. Kérdésként merül fel, hogy akkor egyáltalán beszélhetünk vevőről, ha ennek a feltételnek nem kell teljesülnie. [23] Igen, vevőről beszélhetünk, attól függetlenül, hogy a célpont élő, vagy élettelen test. Minden élő és élettelen test rendelkezik úgynevezett hullámabszorpciós képességgel. Ahol a hullám elnyelődik, ott valamilyen hatást is ki fog fejteni. A várható hatás nyilvánvalóan eltérő az élő szervezet és a tárgyak esetében. Míg az élő szervezet esetében az enyhébb kimenetelű zaklatástól az elpusztításáig fokozatai jól elkülöníthetők, addig a tárgyak, jelen esetben a számítógépes rendszerek, esetében egyedül a rezonancia jelenségétől várható hatás.

Amennyiben nem élő szervezetet éri a hanghullám, akkor kizárólag olyan fizikai tulajdonságok, jellemzők jöhetnek szóba, a kívánt hatás elérése érdekében, mint az adott test saját rezonanciája. A számítógépes rendszerek ma még viszonylag zárt, kompakt és az akusztikus fegyverekkel szemben jól védett, nehezen sebezhető rendszert alkotnak. Ennek csak extrém nagy kisugárzott teljesítmény esetén lehet realitása. Egyben felmerül, hogy mennyire tekinthető gazdaságosnak egy ilyen megoldás. A válasz egyszerű és nyilvánvaló. A levegő által kitöltött rugalmas, fizikai térben, ez a megoldás azért kerül le a palettáról, mert alacsony hatásfokú és gazdaságtalan. Egészen más a helyzet, abban az esetben, ha nem élettelen, hanem élő szervezet van kitéve az akusztikus hullámnak. Ennek vizsgálata nem képezi vizsgálatunk tárgyát, ezért érdemben ebben az esetben, ezzel nem kívánunk a továbbiakban foglalkozni.

A műszaki technológia és informatika rohamléptekben fejlődik. A további fejlesztés alapfeltétele, mint tudjuk a technológiaváltás, egyfajta reform megvalósítása a gyártástechnológiában. A további miniaturizálás az élő szervezet mintájára történik, onnan veszi mindazokat a megoldásokat, amelyek remélhetőleg tovább lendítik a fejlődés útján. Idő kérdése csupán, hogy organikus anyagok felhasználásával a biológiai rendszerek komplexitását közelítő, mesterségesen előállított, informatikai rendszer megvalósuljon. A méret, alkatelem szám és a sérülékenység, mint tudjuk szoros összefüggésben áll egymással. Arra alapozottan, hogy az élő szervezet akusztikus hullámokkal milyen hatékonyan támadható, az eszköz és hálózatfejlesztés tovább fokozza az elektronikai rendszerek sebezhetőségét. Akusztikus fegyverekkel ma még nehezen sebezhető informatikai rendszerek a közeljövőben várhatóan egyre kisebb teljesítménnyel és nagyobb hatásfokkal válnak támadhatókká. A „body lan” megoldásokkal a katonai infokommunikációs rendszerek fejlesztése ma olyan szakaszába kerültek, ahol az akusztikus fegyverekkel való támadás lehetősége mindinkább megteremtődik.

### **Rádiófrekvenciás fegyverek**

A rádiófrekvenciás irányított energiájú fegyverek elsősorban mikrohullámú energiákat használnak fel arra, hogy elérjék céljukat. A rádiófrekvenciás tartomány az akusztikus hullámoknál lényegesen nagyobb spektrumot fog át. Gyakorlati jelentősége leginkább a 80-100 kHz-nél nagyobb rezgésszámú elektromágneses hullámok esetében van. Minden alkalmazásnak megvan azonban a sajátos tartománya, amelyen belül használható és kihasználhatók mindazok a jelenségek, amelyek hozzátartoznak. A széles spektrumnak köszönhetően a lehetőségek csaknem korlátlanok. Fegyverként a teljes rádiófrekvenciás spektrumot mégsem kell és nem is lehet igénybe venni.

Az akusztikus fegyverekhez hasonlóan a rádiófrekvenciás fegyverek bevethetők személyek (élő erő) de még inkább technikai eszközök (elektronikus és villamos berendezések) ellen. Mindehhez a teljes rádiófrekvenciás tartomány egy meglehetősen szűk részét elegendő felhasználni. Technikai eszközök, számítógépes rendszerek, hálózatok támadása is csakúgy, mint a személyek ellen bevethető rádiófrekvenciás fegyverek pusztító, romboló hatása az energiatovábbításon alapul. Elektronikai, számítógépes rendszerek elleni támadáshoz szükséges továbbítandó energia nagyságrendekkel nagyobb, mint a biológiai rendszerek ellen

alkalmazandó fegyverek esetében éppúgy, mint a korábban tárgyalt akusztikus fegyverek esetében. A hasonlat csak felületes összehasonlításként állja meg a helyét, mivel a rádióhullámok terjedése és energiatovábbító képessége nagyságrendekkel jobb, mint a levegőben mechanikai rezgéseként terjedő akusztikus hullámoké. A nagyobb határfok következtében az elektronikai rendszerek támadását kereső megoldások éppen ezért a rádiófrekvenciás fegyvereket részesítik előnyben. Az energetikai viszonyok nem összehasonlíthatóak az akusztikus fegyverek esetében tapasztaltakkal, nevezetesen, hogy a nagyobb hullámhossz és az alacsonyabb frekvenciákon a kívánt hatás a hullámhosszal arányosan nagyobb kisugárzott teljesítménnyel érhető el. Ilyen elhamarkodott következtetéseket cáfol a rádiófrekvenciás energiatovábbítás egy különlegesen nagy határfokú, úgynevezett impulzusüzemű alkalmazása. Eszerint a rádióhullámok fegyvertechnikai alkalmazása esetén megkülönböztetünk:

- impulzusüzemű, és
- periodikusan folytonos rádióhullámokat sugárzó rádiófrekvenciás fegyvereket.

Az impulzusüzemű rádiófrekvenciás fegyverek körébe sorolhatók mindazok az eszközök, amelyek az energiahatás többszöri előállítására alkalmasak, tehát működésük közben nem roncsolódnak. Egyes impulzusfegyverek alapját képező magnetohidrodinamikai jelenségek több mint 60 éve ismertek.

Egyes kis energiájú rádiófrekvenciás fegyverek megfelelő méretezés esetén az élőre lehetnek hatással, ezáltal például a tömegosztatásban is alkalmazhatóak. Hatásukra a célban fájdalom keletkezik, és így a hatása alá eső személy a területet minél hamarabb el akarja hagyni. Ezek a fegyverek a jelenlegi publikált teszteredmények alapján nem okoznak maradandó károsodást.

Működési elvük szerint 95 GHz-es frekvencián sugároznak, és a bőr alatti vízmolekulákat hevítik fel 55°C-ra, ezáltal égő érzetet keltenek anélkül, hogy valójában égetnének. A mikrohullámú sugarak áthatolnak a vastag ruházaton, megközelítőleg fél milliméter mélyen hatolnak a bőrszövetbe. Egy úgynevezett ADS (Active Denial System) berendezés körülbelül fél kilométeres hatótávolsággal rendelkezik, bár sugarai a környezet tereptárgyain nem képesek áthatolni.

Egyes kritikák szerint az ADS rendszerek alkalmazása kimeríti a kínzás fogalmát és ezért alkalmazása nemzetközi konvenciókat sért. [10]

A nagy energiájú rádiófrekvenciás sugarak alkalmazásának célja a felvezetők károsítása, a mikroáramkörök túlterhelése, a villamos alkatrészek szigeteléseinek átütése és ezáltal az elektronikai eszközök tönkretétele.

Az ilyen fegyverek három részből állnak: egy energiaforrásból, melyek a mikrohullámok generálásához szükséges nagy mennyiségű energiát előállítják, tárolják, egy mikrohullámokat generáló eszközből, és egy antennából, mely a kívánt irányba sugározza a generált mikrohullámokat. [6] [1] A nagy energiájú fegyverek által jelentett fenyegetés igen komoly, mivel az élet számos – és köztük kritikus fontosságú – területén alkalmazunk elektronikus eszközöket. Számos televíziós híradás számol be arról, hogy ilyen típusú eszközöket boltokban kapható alkatrészekből összeállíthat bárki, aki ért az elektronikához, de léteznek készre gyártott és megvásárolható eszközök is, így akár terroristák is könnyedén felhasználhatják céljaik elérésében.

A nagy energiájú mikrohullámú fegyverek közül az elektromágneses impulzusbomba (EMP) a leghatékonyabb. Az elektromágneses impulzusfegyverek hatékonyan vethetőek be elektronikus hadviselésben és légitámadás során. [12] A másnéven E-bombaként is ismert eszköznek vannak nukleáris és nem nukleáris alapú implementációi is. Az EMP fegyver nukleáris változata a nagy magasságban felrobbantott nukleáris töltet által keltett intenzív, de rövid ideig tartó elektromágneses mező hatásait használja ki. A robbanásakor keletkező több

ezer voltos elektromágneses lökéshullám visszafordíthatatlan károsodást okoz a területen elhelyezkedő elektronikus eszközökben.[12]

A nem nukleáris elektromágneses impulzusfegyverek egyéb megoldásokat használnak a nagy energiájú elektromágneses lökéshullám előállítására. A tápenergiát előállító eszköz lehet a Marx generátor vagy a fluxus kompressziós generátor. [6] [5] A fluxus kompressziós generátor több MJ energiájú elektromos energiát képes előállítani rövid (10-100  $\mu$ s) ideig. A viszonylag kisméretű eszköz több MW impulzusteljesítményű energiaforrásnak számít. Működési elve azon alapul, hogy egy induktív energiátárolóban tárolt elektromágneses energiát robbantással, a tekercs meneteinek rövidre zárásával áramimpulzussá alakítja. [5] A Marx generátor számos kondenzátort alkalmaz, melyek mindegyike párhuzamosan van kötve, és ugyanarra a feszültségre van feltöltve. A kondenzátorok szikraközökkel vannak elválasztva egymástól. A generátor elsütésekor a szikraközök begyűjtanak és az addig párhuzamosan kapcsolt kapacitásokat sorba kapcsolják, így nagyfeszültséget generálnak ezzel. [6] [13]

Az E-bomba hatását vizsgálva, teljes bizonyossággal kijelenthető, hogy mai ismereteink szerint ez a fegyvertípus jelenti a legnagyobb veszélyt az elektronikai és az elektromos berendezésekre, beleértve a számítógépes és hálózati rendszereket is. Hatása röviden abban nyilvánul meg, hogy az elektromos szigetelések átütési szilárdságát meghaladó feszültségek, és áramokat indukál a vezetőkben. Az impulzus időtartama 4-100ns, de ez idő alatt több száz A nagyságú áramok folyhatnak az elektromágneses hullámnak kitett vezetőkben. Hatótávolsága, pusztító ereje nagyon sok mindentől függ. Egyrészt az eszköz felépítésétől, másrészt a robbantásának a helyétől, körülményeitől. Mivel az impulzusbombában alkalmazott fluxuskompressziós generátort a robbanótöltet hozza működésbe, ennek következtében az eszköz megsemmisül. Bevetése a bombák mintájára történik. Robbantása csakúgy, mint az atombomba esetében - ahol elsőként ezt a jelenséget is sikerült megfigyelni-, megadott magaságban történik. Pusztító hatást a besugárzott körzeten belül található elektronikai és számítógéprendszerekre gyakorol. Korábban említett indukált áramok és feszültségek mindenekelőtt a legérzékenyebb eszközök, és legnagyobb elemsűrűségű áramköri alkatelemeket teszi tönkre. Ilyenek a memóriák, mikrovezérlők és mikroprocesszorok. Ezek a manapság minden eszközben előfordulnak. A védelemmel kell és lehet is foglalkozni, de a tökéletesen zárt Faraday-kalitkán kívül kellően hatékony megoldás nem ismert. Egyrészt azért, mert rendkívül költséges ilyen védelmi megoldásokat eredményezne, másrészt az impulzusfegyver bevetésének gyakorisága még nem teszi indokolttá, hogy a fejlesztők ezen gondolkodjanak.

A folytonos, periodikus jel előállítására alkalmas eszközök közül megemlíthető a Vircator (Virtual Cathode Oscillator), amely a fedélzeti rádiófrekvenciás fegyverek abba a csoportjába tartozik, amely többször felhasználható és az E-bombával ellentétben, parabola és tölcésersugárzó segítségével irányított nyaláb formájában közvetíti az energiát. Az eszköz leírásával foglalkozó ismeretanyag szintén megtalálható a világhálón. [3] A HERF eszközök tényleges felépítéséről, paramétereiről még viszonylag keveset tudunk. Hatása csakúgy, mint az E-bomba esetében az energiátovábbítás alapul. Az energiátovábbítás rádióhullámok segítségével, a fegyvertechnikai alkalmazásokon túlmenően, meglehetősen futurisztikus ötletnek számít, ami úgy tűnik szerencsére megragadt a fantázia szintjén. Számítógépes rendszerekre potenciális veszélyt jelentő rádiófrekvenciás fegyverek birtokában valószínűsíthetően a nagyhatalmak vannak. A fejlesztésekről szóló tudósítások nem tartoznak a nyílt forrásokban gyakran közölt hírek közé.

## **Lézer fegyverek**

Az elektronikus és számítógéprendszerek mára elválaszthatatlan egységgé fonódtak össze. Lehetetlen és értelmetlen egyikről vagy másikról külön beszélni. A rugalmas és egyszerűen programozható eszközök alkalmasak a legegyszerűbb programvezérelt feladatoktól kezdve

rendkívül komplex feladatok ellátására egyaránt. Nem nevezhető korszerű haditechnikai eszköznek az olyan, amiben ma nem található egy vagy több programvezérelt eszköz, mikroprocesszor. Az olyan kivételektől eltekintve, mint amilyen például egy egyszerű irányítás nélküli robbanótöltet, a legtöbb katonai eszköz önálló vagy valamilyen hálózat elemeként, számítógépes rendszerként működik.

Ilyen a cirkáló rakétafejbe építetett komplex elektronikai rendszer, ami a töltet nagy pontosságú célba juttatását végzi, de ilyenek a levegő-levegő rakéták hőkövető irányító rendszere vagy éppen a közvetlen veszélyt nem jelentő kamerák és optikai rendszerek. Ballisztikus rakéták, fegyverek és számtalan komplex elektronikai rendszer, ami kis teljesítményű, úgynevezett vakító lézerekkel vagy több száz kW teljesítményű lézerfegyverekkel támadhatók. [24] A vakító lézerek a céltévesztést szolgálják, míg a nagy teljesítményű átégető lézerekkel a ballisztikus rakéta robbanótöltete robbantható fel a célba érése előtt. A lézerfegyverekkel kibővült fegyverezéskor nem áll messze attól, hogy a múlt század közepén és második felében született tudományos fantasztikus elképzeléseket valóra váltsa. Ennek köszönhetően a lézerfegyverek, függetlenül attól, hogy félrevezető vagy fizikailag megsemmisítő céllal kerülnek bevetésre a legkorszerűbb és talán a legígéretesebb eszközök egyike.

A lézer fegyvereknek három fajtája létezik:

- kis energiájú lézer fegyverek,
- lézer-indukált plazma fegyverek,
- nagy energiájú lézer fegyverek.

A kis energiájú lézer fegyverek (Laser Dazzler) élő erőn és optikai érzékelőkön alkalmazhatóak. Pár száz métertől pár kilométerig terjed a hatótávolságuk. Látható fény tartományban hatásukat az élő szervezetre fejtik ki, dezorientációt és a látászavart okozva azáltal, hogy átmenetileg megvakítják a célszemélyt. Optikai érzékelők ellen alkalmazva képesek infravörös tartományban is működni. 2006-ban az iraki háborúban az amerikai erők sikerrel alkalmazták gépfegyverre szerelhető verzióját az ellenőrző pontokon, olyan célszemélyek ellen, melyek nem voltak hajlandóak megállni. Lehetséges védekezési mód az ilyen fegyverek ellen keskenysávú optikai szűrők alkalmazása, melyek a lézer frekvenciáján szűrik a fényt. Ennek kiküszöbölésére adaptív, több frekvencián is sugárzó lézerfegyvereket fejlesztettek ki. [14]

A lézer-indukált plazma fegyverek (LIPC) lézer fényt használnak fel arra, hogy a levegőt ionizálva egy elektromosságot vezető nyalábot hozzanak létre. Az így terjedő elektromos energia villámcsapás-szerű hatást fejt ki, ezáltal bénítja az emberi célpontot vagy rongálja meg az elektromos berendezéseket. Az elektromos energia skálázható úgy, hogy halálos vagy nem halálos hatást fejtsen ki. Védekezni ellene mágneses vagy elektrosztatikus mezővel, vagy Faraday-kalitka alkalmazásával lehetséges. [15]

A nagy energiájú lézer fegyverek alkalmazása elsősorban a védelem terén jelentős. A mostanában jelentős publicitást kapó Airborne Laser projekt is ebbe a csoportba tartozik. Az ilyen fegyverek gyakorlati alkalmazása elsősorban a ballisztikus rakéták elhárítására terjed ki. Az Airborne Laser projekt keretén belül az Amerikai Egyesült Államok légterében cirkáló módosított Boeing 747-es repülőgép, a fedélzetén elhelyezkedő lézerágyúval képes megsemmisíteni a becsapódást megelőzve az ellenséges rakétákat nagy távolságról. Az izraeli hadsereg által kifejlesztett MTHEL (Mobile Tactical High Energy Laser) rendszer hasonló célokat szolgál. Ez a mobil elhárító rendszer az ellenséges rakétákat képes érzékelni, és becsapódásukat megelőzve megsemmisíteni azokat. [6] [16] A nagy energiájú lézerek hatékonysága abban rejlik, hogy igen nagy energiát képesek kis területre sugározni. A területre érő energia egy része visszaverődik ugyan, de nagy része elnyelődik, felhevítve így a cél felszínét. Az égési folyamat során a lézersugár rövid időn belül átégeti a cél felszínét, és az a keletkező hő hatására megsemmisül. [17]

Egy másik rendező elv és szempont szerint a lézer technológia fizikai jellemzőket veszi figyelembe. Eszerint megkülönböztetünk:

- gáz
- folyadék
- szilárdtest lézereket.

A gázlézerek több száz KW teljesítményükkel a ma ismert legnagyobb teljesítményű lézer fegyverek. Átégető lézerekként tervezik a bevetésüket. Az oxigén-jód gázlézer rendkívül nagy mérete (több 10m) miatt a mobilizálása speciális földi szállítójárművet igényel, vagy egy átalakított Boeing 747 teherszállító repülőgép fedélzetén helyezhető el. [24] Jellemzője, hogy az infra (1000-1200nm), hullámtartományban sugároz.

A folyadéklézereket szokás festéklézerekként is nevezni. Haditechnikai jelentősége nem annyira ismert, viszont mint különlegességet mégis érdemes megemlíteni. Jellemzője, hogy széles frekvenciatartományban hangolható, az ibolyántúli tartománytól egészen az infra tartományig. Bár teljesítménye messze elmarad a gázlézerekhez képest, mégis ez a tulajdonsága előnyösen kihasználható, minden olyan esetben, amikor a célfelületen tervezett hatás éppen ennek kihasználása révén érhető el.

A harmadik kategóriába tartozó lézer, a szilárdtest lézer. Fejlődésének üteme minden képzeletet felülmúlt. Teljesítménye ma meghaladja a 30 kW-ot. Nagy távolságú bemérő, követő, követő lézereként használható a CO<sub>2</sub> lézer helyett. Bemérő, rakétaelhárító vakító lézereként alkalmazható. Előnye a kis mérete, nagy hatásfoka. Teljesítménye alkalmassá teszi lövedék és rakétaelhárító feladatok végrehajtására.

## **Részecske fegyverek**

A részecske fegyverek nagy energiával rendelkező atomokat vagy elektronokat sugároznak a cél felé, hogy annak atomi vagy molekuláris struktúráját roncsolják. Az elektron fegyver (Electron Particle Beam Weapon) működése során a cél elektromos áramköreibe visz végbe maradandó károsodást. Élő célt elérve a áramütés szerű hatással rendelkeznek. A céltárgy elektromos ellenállását kihasználva, az abban keletkező magas hőmérséklet okoz károsodást.

A részecskesugár kialakítására semleges töltésű hidrogén gázt ionizálnak, azáltal hogy megszabadítják egy elektronjuktól, vagy egyéb módon olyan állapotba gerjesztik, hogy egy szabad elektront megkötni legyenek képesek. Ha a hidrogén atom többlet elektronnal rendelkezik anionná, ha elektront veszített, akkor pedig kationná alakul. A töltéssel rendelkező hidrogén atomokat részecskegyorsító berendezésben felgyorsítják. A pozitív és a negatív töltésű részecskék gyorsítására más-más típusú részecskegyorsító berendezések szükségesek. A részecske fegyverek a nagy sebességű részecskék kinetikus energiáját felhasználva okoznak károsodást a célban. A részecske-sugár energiája akár egy GJ is lehet, sebessége megközelíti a fénysebességet [18]

A részecskefegyverek kifejlesztése a 20. század közepén kezdődött. Céljuk az interkontinentális ballisztikus rakéták elleni védelem megteremtése volt. A részecskesugár hasonló jelenség, mint a természetben előforduló villámcsapás: a villámcsapásban nagy sebességű elektronok vándorolnak a pozitív töltésű terület felé. A villámcsapásban áramló elektronok sebessége jóval kisebb, mint a részecske fegyver által generált sugárban áramló részecskék sebessége, de a jelenlévő részecskék száma nagyságrendekkel nagyobb. A részecskefegyver által kibocsátott sugár részecskéi a céllal ütközve átadják kinetikus energiájukat a cél atomjainak. Ennek hatására a cél részecskéi gerjesztett állapotba kerülnek, ami gyors hőmérsékletnövekedéssel jár, és a cél felrobban a sugár hatására. [19]

A részecskefegyvereknek két fajtája van: a töltéssel rendelkező részecskéket és a semleges töltés részecskéket felhasználó típus. A töltéssel rendelkező részecskesugár főleg földi környezetben (endoatmoszférikus), a semleges töltésű részecskesugár az űrben hasznosítható (exoatmoszférikus). Az endoatmoszférikus részecskefegyverek legnagyobb technológiai



kihívása a részecskék gyorsításához szükséges nagy energia előállítása, míg az exoatmoszférikus fegyvereknél a részecskesugár fókuszálása a több ezer km távolságra lévő céltárgyra jelent problémát. [19]

## **SZÁMÍTÓGÉPES RENDSZEREK VÉDELME ÁRNYÉKOLÁSSAL**

A számítógépes rendszerek igen érzékenyek a statikus energiákra. Minden eszköz fel van vértelve megoldásokkal, melyek a rendszerben fellépő felesleges zavaró energiát semlegesíteni képes. Ezért szükséges például a számítógépek házáat megfelelő módon földelni. Abban az esetben, ha a földelés nem kielégítő a használat mértékétől függően pár nap vagy hét alatt a számítástechnikai berendezés meghibásodik, és a hardver elemek cseréje szükséges. A statikus töltések által hordozott energia viszont nagyságrendekkel kisebb, mint amit egy irányított energiájú fegyver képes a rendszerbe juttatni. Ahhoz, hogy elektronikai eszközeinket megvédjük, olyan speciális környezetbe kell juttatni őket, ahová a mikrohullámú energia nem képes bejutni. Megfelelő falvastagság, fémlapok alkalmazása vagy a Faraday kalitka sikeresen kivédi az ilyen típusú irányított fegyverek által jelentett fenyegetést, mivel ezeken a felületeken a mikrohullámú sugárzás nem képes áthatolni.

A Faraday kalitka egy zárt tért alkot. A teret határoló elemek elektromosságot vezető anyagból állnak. Faraday kalitkát alkalmaznak a mikrohullámú sütőkben is, hogy megakadályozzák, hogy az előállított energia ki tudjon lépni a készülékből megóvva ezzel a környezetet és javítva a berendezés hatékonyságát, de a speciális kutatólaborok is hasonló módon vannak védve a külső behatások ellen. Az alkalmazott Faraday kalitkával szemben támasztott követelmény csupán, hogy fala elegendő vastagságú legyen, és a rései kisebbek legyenek, mint az a hullámhossz, amelytől a kalitkán belül található teret meg akarjuk védeni.

A Faraday kalitka azon az elven alapul, melyet Michael Faraday fedezett fel, miszerint az elektromosan töltött részecskék a vezető külső felületén helyezkednek el, és annak belsejére semmilyen hatással nincsenek. Ennek megfelelően a kalitka belső oldalának potenciálja megegyezik a belső tér potenciáljával, míg a külső felület potenciálja a külső tér potenciáljával egyezik meg.

## **ÖSSZEGZÉS**

Az irányított fegyverek közül, mint látható, a mikrohullámú és a nagy energiájú rádiófrekvenciás fegyverek a legveszélyesebbek az elektromos berendezésekre nézve. Az elektronikai berendezésekre nézve visszafordíthatatlan károsodásokat okozó hatásuk, és viszonylag kis méretük, egyszerű felépítésük lehetővé teszi széleskörű alkalmazásukat és könnyű hozzáférésüket. Az ilyen fegyvert használó támadónak nincsen szüksége arra, hogy ismerje támadott rendszert, hatásuk visszafordíthatatlan, akkor is kárt okoznak a célrendszerben, ha azok nem működnek (kikapcsolt állapotban vannak, vagy áramtalanítottak). A védelem implementálása során az egész rendszert érintő változásokat kell bevezetni. [20]

Az elkövetkezendő pár évben az ilyen fegyverek nagy valószínűséggel jelentős fenyegetettséget fognak jelenteni. Paramétereik megfelelnek a különböző terrorista csoportok számára, hiszen egy igen hatékony eszköz áll a rendelkezésükre, mely kis méretben képes rendkívül eredményes támadást kivitelezni, társadalmunk pedig egyre nagyobb mértékben függ az elektronikai berendezésektől. A technológia fejlődésével egyre több megoldás lesz beszerezhető illegális forrásokból, mivel a megfelelő fegyver előállítási költségei egyre csökkennek. Ezek ismeretében a biztonsági szakembereinek fontos feladata lesz a jövőben a kritikus informatikai és egyéb elektronikai eszközök felvértézése a mikrohullámú és nagy energiájú fegyverek elleni védelemmel.

## IRODALOMJEGYZÉK

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Directed\\_energy\\_weapon](http://en.wikipedia.org/wiki/Directed_energy_weapon)
- [2] <http://en.wikipedia.org/wiki/Ebomb>
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/Herf>
- [4] JP 1-02, DOD Dictionary of Military and Associated Terms
- [5] Carlo Kopp: An Introduction to the technical and operational aspects of the electronic bomb [1996 November, Air Powers Studies Centre, ISBN 0 642 26415 5]
- [6] Dr. Ványa László: Irányított energiájú fegyverek [előadás]
- [7] <http://www.atcsd.com/site/content/view/37/50/>
- [8] [http://en.wikipedia.org/wiki/Long\\_range\\_acoustic\\_device](http://en.wikipedia.org/wiki/Long_range_acoustic_device)
- [9] <http://www.atcsd.com/pdf/LRAD-Tech-Backgrounder.pdf>
- [10] [http://en.wikipedia.org/wiki/Active\\_Denial\\_System](http://en.wikipedia.org/wiki/Active_Denial_System)
- [11] <http://www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/2004/2/2004-2-10.html>
- [12] Carlo Kopp: A doctrine for the use of ElectroMagnetic Pulse Bombs [1993]
- [13] [http://en.wikipedia.org/wiki/Marx\\_generator](http://en.wikipedia.org/wiki/Marx_generator)
- [14] [http://en.wikipedia.org/wiki/Laser\\_dazzler](http://en.wikipedia.org/wiki/Laser_dazzler)
- [15] <http://en.wikipedia.org/wiki/Electrolaser>
- [16] [http://www.israeli-weapons.com/weapons/missile\\_systems/systems/THEL.html](http://www.israeli-weapons.com/weapons/missile_systems/systems/THEL.html)
- [17] <http://www.ausairpower.net/AADR-HEL-Dec-81.html>
- [18] [http://en.wikipedia.org/wiki/Particle\\_beam\\_weapon](http://en.wikipedia.org/wiki/Particle_beam_weapon)
- [19] <http://www.airpower.maxwell.af.mil/airchronicles/aureview/1984/jul-aug/roberds.html>
- [20] [http://globalguerrillas.typepad.com/globalguerrillas/2004/05/journal\\_homemad.html](http://globalguerrillas.typepad.com/globalguerrillas/2004/05/journal_homemad.html)
- [21] [http://en.wikipedia.org/wiki/Faraday\\_Cage](http://en.wikipedia.org/wiki/Faraday_Cage)
- [22] Judy Muller: Sound and Fury: Sonic Bullets to Be Acoustic Weapon of the Future. <http://www.hartford-hwp.com/archives/27a/115.html> (2007. 02. 01.)
- [23] Roxana Tiron: Acoustic-Energy Research Hits Sour Note <http://www.nationaldefensemagazine.org/issues/2002/Mar/Acoustic-Energy.htm> (2007. 02. 01.)
- [24] Csuka Antal: Az irányított energiájú fegyverek perspektivikus alkalmazása az amerikai hadseregben, Repüléstudományi közlemények, Különszám 2007. Április 20.