

Mészáros Zalán,¹  Berek Tamás² 

A 2M39 Poszeidón nukleáris fegyverrendszer hatásainak vizsgálata víz alatti nukleáris robbantások eredményei alapján

Assessment of the Effects of the 2M39 "Poseidon" Nuclear-Armed UUV Based on Underwater Nuclear Explosions

A tanulmány a nukleáris meghajtású víz alatti autonóm eszközök, különösen az orosz 2M39 Poszeidón rendszer működési elvét és várható hatásait vizsgálja. Az elemzés amerikai és szovjet nukleáris kísérletek eredményeire támaszkodik, különös tekintettel az Operation Crossroads, Operation Wigwam és Operation Hardtack tesztekre. A vizsgálat kimutatja, hogy a víz alatti nukleáris robbantások esetén a lökéshullám és a gázbuborék-oszcilláció kulcsszerepet játszik a romboló hatás kialakulásában. A víz közegében a túlnyomás lassabban csökken, így a robbanások hatása nagyobb térfogatban érvényesül, mint légköri robbanások esetén. Az eredmények ugyanakkor nem támasztják alá a „radioaktív cunami” koncepció realitását. A leghatékonyabb alkalmazás inkább haditengerészeti kötelékek és kikötői infrastruktúrák ellen valószínűsíthető. A tanulmány megállapítja, hogy a Poszeidón rendszer a hidegháborús nukleáris torpedókoncepciók modern továbbfejlesztésének tekinthető, amely jelentős, de körülményfüggő katonai képességekkel rendelkezik.

Kulcsszavak: víz alatti nukleáris robbantás, nukleáris torpedó, Poszeidón (2M39)

This study examines the operational concept and potential effects of nuclear-powered underwater autonomous vehicles, with particular focus on the Russian 2M39 "Poseidon" system.

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola, e-mail: ssgtzalan@gmail.com

² Egyetemi tanár, Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Harctámogató Tanszék, e-mail: berek.tamas@uni-nke.hu

Using historical nuclear test data as an analytical baseline, the paper evaluates the destructive mechanisms and realistic capabilities of underwater nuclear detonations. The analysis draws on documented results from U.S. and Soviet underwater nuclear test programmes, including Operation Crossroads (Baker), Operation Wigwam, and Operation Hardtack. These experiments provide empirical evidence on shock wave propagation, gas bubble dynamics, and radiological contamination in maritime environments. Findings indicate that underwater nuclear explosions produce significantly higher peak pressures and more efficient energy transfer to submerged targets compared to air bursts. The primary destructive mechanisms include the initial shock wave and subsequent gas bubble oscillations, both of which can cause severe structural and functional damage to naval vessels, even without direct contact. However, the study also demonstrates that widely cited concepts such as "nuclear tsunami" effects are not supported by historical test data. Instead, the most effective application of such weapons would likely be against naval formations and port infrastructure within confined or shallow-water environments. The paper concludes that systems such as Poseidon represent a continuation of Cold War-era concepts adapted to modern technological frameworks, offering significant but context-dependent military capabilities.

Keywords: underwater nuclear explosion, nuclear torpedo, Poseidon (2M39)

Bevezetés

Legutóbb 2025 őszén tesztelte Oroszország a Poszeidón (NATO-kód: Kanyon) interkontinentális hatótávolságú, nukleáris meghajtású, pilóta nélküli víz alatti járművet (UUV), amelynek tényét 2025. október 29-én Vlagyimir Putyin, az Orosz Föderáció elnöke hivatalosan is bejelentette.

Mintegy 7 évvel korábban, 2018. március 1-jén évértékelő beszédében Vlagyimir Putyin hat új fegyverrendszert mutatott be, amelyeket az orosz hadsereg fejlesztett, tesztelt, és a tervek szerint rendszerbe kíván állítani. A bemutatott rendszerek a következők voltak:³

- RS–28 Sarmat: több robbanófejes, nagy hatótávolságú interkontinentális ballisztikus rakéta;
- Avangard: hiperszonikus sikló harci egység, amely interkontinentális ballisztikus rakétáról indítva, nagy sebességgel és manőverezőképesseggel közelíti meg célját;
- A H–47M2 Kinzsal – repülőről indítható, hiperszonikus ballisztikus rakéta, amelyet már a szíriai polgárháborúban⁴ és az orosz–ukrán háborúban is alkalmaztak;
- 9M730 Burevesztnyik: nukleáris meghajtású robotrepülőgép, amelynek tervezett hatótávolsága elméletileg korlátlan;
- 2M39 Poszeidón (korábban Status–6): nukleáris meghajtású, nagy hatótávolságú víz alatti autonóm eszköz;
- Pereszvet: harci lézerkomplexum.

³ TASS 2018a.

⁴ Avia 2021.

A fegyverek fő célja, hogy képesek legyenek kikerülni az amerikai rakétavédelmi rendszereket.⁵ A program indoklásában szerepelt többek között a Lengyelországban és Romániában telepített rakétaelhárító rendszerek, az amerikai haditengerészet ballisztikusrakéta-elhárító képessége, valamint az Egyesült Államok kilépése az 1972-es ballisztikusrakéta-elhárító egyezményből.

A 2018-as bejelentést követően több szakértő kétségét fejezte ki a bemutatott rendszerek tényleges fejlettségi szintjével kapcsolatban. A későbbi, nyilvánosságra hozott teszteredmények ugyanakkor arra utalnak, hogy egyes fegyverek – különösen a 2M39 Poszeidón és a 9M730 Burevesztnyik – fejlesztése valóban előrehaladott állapotban van.

A Poszeidónt a tesztkísérleteket követően a 2022-ben üzembe helyezett Belgorod nukleáris tengeralattjárón tervezik telepíteni, de 2025-ben már vízre szállt a kifejezetten Poszeidón hordozására tervezett nukleáris tengeralattjáró, a Habarovszk is, amely a Belgoroddal ellentétben hat torpedó szállítására képes, ugyanakkor egy harmadik tengeralattjáró-terv – a 09853-as projekt – is fejlesztés alatt áll. A jelentések szerint Oroszország 32 darab Poszeidón UUUV⁶-t rendelt.⁷ A TASS az orosz katonai-ipari komplexum egyik forrására hivatkozva arról számolt be, hogy a Poszeidón rendszer 2027-ig szerepelt az állami fegyverkezési programban, és a program vége előtt rendszeresíteni kell a haditengerészetnél. A nagysebességű mélytengeri torpedóra különböző nukleáris robbanófejeket lehet telepíteni, amelyek hatóereje elérheti a 2 Mt-t.⁸

Az alkalmazási cél és a hatóerő ismeretében szakújságírói és szakértői körökben diskurzus kezdődött a fegyverrendszer várható hatásairól, mivel a tervezett rendszerbe állítás határideje közeledik.

Több, elsősorban sajtó- és közvéleményre ható forrás próbálja érzékeltetni az új fegyverrendszer különböző területeken kifejtett hatását, továbbá igyekszik érzékeltetni pusztító jellegét különböző hatástényezők bemutatásával. Az egyik ilyen vélekedés, hogy a Poszeidón képes lehet „radioaktív cunamit” kelteni. Tekintettel arra, hogy egy víz alatt felrobbantott nukleáris fegyver által keltett detonáció hatalmas energiája valóban komoly mértékű és pusztító energiahullámokat keltene, arra sarkallja a gondolkodást, hogy elképzelhetőnek tartsa egy világvégeszzerű pusztító hatású cunami kialakulását, ugyanakkor a víz alatti nukleáris robbantások által keltett lökéshullám terjedését vizsgáló kutatások és az ott bemutatott fizikai modellek inkább árnyalják vagy megkérdőjelezzik ezt a feltételezést.

Módszertan

A tanulmány célja, hogy a rendelkezésre álló korlátozott nyilvános információk alapján bemutassa az új fegyverrendszert, valamint értékelje annak lehetséges alkalmazási módját, különös figyelemmel a víz alatti nukleáris robbanás által keltett lökéshullám lehetséges hatásaira, elsősorban a korábbi víz alatti nukleáris robbantási kísérletek eredményeinek bemutatására támaszkodva. A tanulmány kvalitatív, összehasonlító elemzést alkalmaz, amely a hidegháborús időszakban végrehajtott víz alatti nukleáris kísérletek dokumentált eredményeinek

⁵ SOTT 2018.

⁶ *Unmanned underwater vehicle* – UUUV.

⁷ GWADERA 2025.

⁸ TASS 2018b.

feldolgozásán alapul. Az elemzés elsődleges forrásai az Operation Crossroads, Operation Wigwam és Operation Hardtack tesztek hivatalos jelentései, valamint a nukleáris robbanások fizikai hatásait összefoglaló szakirodalom. A vizsgálat célja a víz alatti nukleáris robbanások hatásmechanizmusainak azonosítása és összehasonlítása, különös tekintettel a lökéshullám és a gázbuborék-oszcilláció szerepére. Az egyes kísérletek eredményei alapján kvalitatív módon határozzuk meg a különböző károsodási zónákat, valamint azok távolság- és energiafüggését. A tanulmány nem törekszik pontos numerikus modellezésre, hanem a rendelkezésre álló empirikus adatok és fizikai törvényszerűségek alapján fogalmaz meg következtetéseket a modern víz alatti fegyverrendszerek – különösen a 2M39 Poszeidón – feltételezett hatásaira vonatkozóan.

Nukleáris torpedók fejlesztése a Szovjetunióban

A Szovjetunió már az 1940-es években megkezdte a nukleáris töltetű torpedók fejlesztésére irányuló kutatásokat. Ezek a fejlesztések elsősorban a T–5 és a T–15 típusokban öltöttek testet, a program tényleges megindulása 1951-re tehető. A két torpedót eltérő katonai célokra tervezték. A T–5 egy szabványos, 533 mm-es torpedócsőből indítható fegyver volt, amely lehetővé tette a nukleáris csapásmérő képesség integrálását a meglévő tengeralattjáró- és részben felszíni flottába. Ez jelentősen növelte volna a szovjet haditengerészet harcászati rugalmasságát. A T–5 torpedót RDS–9 típusú nukleáris robbanófejjel szerelték fel, amelynek hatóerejére vonatkozóan eltérő adatok állnak rendelkezésre, de a becslések szerint 3–10 kilotonna (kt) közé esett. A fegyvert éles harci helyzetben nem alkalmazták; a rendelkezésre álló adatok szerint kizárólag kísérleti és tesztcélokra használták. A Szovjetunió több víz alatti nukleáris robbantást hajtott végre, azonban a kifejezetten torpedófegyverhez kapcsolódó tesztek száma korlátozott volt.⁹ Az első ilyen teszt során 1955. szeptember 21-én 12 m mélyen robbantották fel, a becsült hatóenergia 3,5 kt volt. A kihelyezett mintegy 30 célhajó (köztük 4 romboló, 3 tengeralattjáró, aknaszedők) 300 és 1600 m távolságra helyezkedtek el. 2 évvel később, 1957. október 10-én szintén végrehajtottak a torpedóval egy tesztet, illetve szintén rombolók és tengeralattjárók voltak a célpontok. A robbantás 30 m mélységben történt, a robbanás 10 kt hatóerejű volt. A harmadik robbantást 1961. október 23-án hajtották végre, egy 4,8 kt hatóerejű fegyvert robbantottak fel 20 m mélységben. Érdemes megjegyezni, hogy itt már nem használtak célhajókat, valószínűleg az első két teszt során túl sok célhajó süllyedt el vagy rongálódott meg súlyosan.¹⁰

A kísérleti eredmények alapján a víz alatti nukleáris robbantások hajók és tengeralattjárók ellen hatékonynak bizonyultak. A T–5 torpedó 1958-ban állt hadrendbe 53–58 típusjelzéssel. Az 1960-as évek elején azonban a szovjet haditengerészet felhagyott a dedikált nukleáris torpedók koncepciójával, ehelyett cserélhető robbanófejek alkalmazása mellett döntött, ami nagyobb rugalmasságot biztosított a fegyverrendszerek használatában. A T–15 torpedó fejlesztése a T–5-tel párhuzamosan zajlott, és kezdetben még a haditengerészet elől is titokban tartották. A fegyvert kifejezetten kikötők és part menti városi célpontok elleni alkalmazásra

⁹ International Atomic Energy Agency 2004.

¹⁰ KHALTURIN et al. 2005.

tervezték. Nagy méretű kialakítása miatt a korabeli tengeralattjárók nem voltak alkalmasak a hordozására, ezért egy speciális, nukleáris meghajtású hordozó tengeralattjáró fejlesztését is tervbe vették. A T-15 torpedó egy elektromos meghajtású, 1550 mm átmérőjű, mintegy 24 m hosszúságú és körülbelül 40 t tömegű eszköz lett volna, hozzávetőlegesen 30 km hatótávolsággal. A tervezett robbanófej több megatonna hatóerejű nukleáris töltetet tartalmazott volna.¹¹ Az alkalmazási koncepció szerint az új tengeralattjáró megközelítve a kijelölt kikötővárost vagy haditengerészeti támaszpontot indította volna a T-15 torpedót, majd elhagyta volna a műveleti területet.

A haditengerészet bevonását követően a fejlesztés jelentős szakmai ellenállásba ütközött. A koncepció egyik fő problémája az volt, hogy a hordozó tengeralattjárónak viszonylag kis távolságra – mintegy 30 km-re – kellett volna megközelítenie jól védett haditengerészeti bázisokat, ami jelentős kockázatot jelentett. További kifogásként merült fel, hogy a korlátozott erőforrások felhasználásával egy olyan erősen specializált tengeralattjáró-típus fejlesztése nem tekinthető hatékonynak, amely kizárólag egyetlen fegyverrendszer hordozására alkalmas.

A haditengerészet ellenállása, valamint a ballisztikus rakéták gyors fejlődése végül a T-15 program leállításához vezetett. A Project 627-es tengeralattjárókat ugyanakkor megépítették, amelyek később a November osztályú nukleáris meghajtású vadász-tengeralattjárók alapját képezték, és az 1990-es évek elejéig rendszerben maradtak.

A stratégiai környezet változásával a nukleáris fegyverrendszerek fejlesztési prioritásai is átalakultak. A ballisztikus rakéták megjelenése hosszú időre háttérbe szorította az ilyen jellegű koncepciókat, azonban a későbbi évtizedekben – különösen a rakétavédelmi rendszerek elterjedésével – ismét megjelent az igény olyan alternatív hordozóeszközök iránt, amelyek képesek megkerülni ezeket a védelmi rendszereket.

A 2M39 (Poszeidón, Kanyon) az új orosz nukleáris csapásmérő eszközök között

2015-ben jelentek meg az első hírek arról, hogy Oroszország egy új víz alatti autonóm nukleáris meghajtású eszközt fejleszt. Ugyanezen év november 10-én egy televíziós közvetítés során vált láthatóvá az „Óceáni többcélú rendszer” Status-6 kódnévvel. A nyilvánosságra került felvételeken már felismerhetők voltak a később 2M39 Poszeidón néven ismertté vált rendszer alapvető körvonalai.¹²

A megközelítőleg 1,6 m átmérőjű, mintegy 24 m hosszú torpedó orr-részában helyezkedik el a robbanófej, amely nukleáris vagy hagyományos töltettel egyaránt felszerelhető. A bejelentett adatok szerint az eszköz maximális merülési mélysége elérheti az 1000 m-t, sebessége körülbelül 185 km/h, hatótávolsága pedig mintegy 10 000 km. A feltételezett alkalmazási területek közé tartoznak a part menti városok és kikötők elleni támadások, haditengerészeti kötelékek elleni műveletek, aknatelepítés, valamint tengeralattjárók elleni alkalmazás.

¹¹ POLMAR 2018.

¹² Army Recognition 2015.

A 2015-ben nyilvánosságra került információk ellenére a rendszer fejlesztése korábbi időszakra vezethető vissza. A kiszivárogtatott dokumentumban megjelölt torpedó hordozó-platformja a B–90 Szarov tengeralattjáró, amely a Kilo-osztály egy módosított változatának tekinthető. Ez egy dízel-elektromos hajtású különleges tengeralattjáró, amelyet kísérleti platformnak használnak. Eredetileg is új fegyverek tesztelésére épült, és úgy módosították, hogy egy darab Poszeidont is indíthasson.¹³ Az 1. táblázat összefoglalja a tengeralattjáró főbb paramétereit.

1. táblázat: B-90 Sarov főbb műszaki adatai

Vízszorítás (felszínen)	2300 tonna
Vízszorítás (lemerülve)	3950 tonna
Hossz	72,6 méter
Hajótest átmérője	9,9 méter
Sebesség (felszínen)	10 csomó
Sebesség (lemerülve)	17 csomó
Merülési mélység	300 méter

Forrás: https://russianships.info/eng/submarines/project_20120.htm

2012-re befejeződött a Szarov tengeralattjáró végleges átépítése, amely ezt követően alkalmassá vált a Poszeidón rendszer hordozására. A Szarov mellett a K–329 Belgorod tengeralattjárót is felkészítették a 2M39 rendszer integrálására és alkalmazására.

A K-329 Belgorod a világ leghosszabb tengeralattjárója, egy átalakított Oscar-II osztályú atom-tengeralattjáró. 2022 júliusában átadták a haditengerészetnek, jelenleg pedig az Északi Flotta kísérleti egységeként szolgál. A Belgorod közepén speciális, megnagyobbított torpedórekeszek vannak, és 6 db Poszeidón szállítására képes egyszerre. A Habarovszk pedig egy vadonatúj, speciálisan Poszeidón hordozására tervezett atom tengeralattjáró osztály első egysége. Ez a típus kisebb, mint a Belgorod, és dedikáltan 6 Poszeidón befogadására tervezték. A hírek szerint a Habarovszk is az Északi Flottához kerül majd először, és a későbbiekben egy ugyanilyen osztályú egység csatlakozik a Csendes-óceáni Flottához is. A Poszeidón-program keretében legalább 3 tengeralattjáró fog rendszerbe állni (1 Belgorod és 2 Habarovszk-osztályú) 2027-ig, hogy mindkét flottánál legyen egy-egy Poszeidón-hordozó alegység.¹⁴

Ezek a folyamatok azt mutatják, hogy hamarosan feltételezhetően számolni kell a víz alatti nukleáris torpedó jelenlétével.

A víz alatti atomrobbantások hatásai

A sajtóban megjelent értelmezések szerint a Poszeidón egy olyan fegyver lehet, amely sekély vízben végrehajtott nukleáris robbantás révén képes jelentős romboló hatás kifejtésére, gyakran „radioaktív cunamiként” leírt jelenségekhez kapcsolva.¹⁵

¹³ PAPASTERGIOU 2025.

¹⁴ JOHNS 2024.

¹⁵ VASILYEVA 2025.

A rendelkezésre álló történeti adatok alapján azonban a sekélyvízi nukleáris robbantások hatásai jól vizsgálhatók a hidegháború során végrehajtott kísérletek eredményei alapján. Az 1940-es évek közepétől az 1950-es évek végéig az Egyesült Államok és a Szovjetunió több víz alatti nukleáris robbantást hajtott végre. Ezeket a kísérleteket az 1963-as Részleges Atomcsend Egyezményt követően már nem folytatták.

A víz alatti robbantásokat alapvetően két fő típusba sorolhatjuk: sekélyvízi és mélyvízi robbantás. A két típus hatásmechanizmusa jelentősen eltér egymástól, és különösen a sekélyvízi robbantások esetében a környezeti feltételek – például a vízmélység és a tengerfenék közelsége – meghatározó szerepet játszanak.

A sekélyvízi robbantások esetében bizonyos körülmények között jelentős felszíni és szerkezeti károsodás alakulhat ki, amint azt a későbbiekben részletezett Operation Crossroads Baker teszt is mutatta. Ugyanakkor más kísérletek, például az Operation Hardtack Umbrella teszt, rámutattak arra, hogy a hatások mértéke erősen körülményfüggő.

Mélyvízi robbantások esetén a robbanás mélysége kulcsfontosságú paraméter, amely meghatározza a felszínen jelentkező hatások mértékét és jellegét. Általánosságban a víz alatti robbantásokról elmondható, hogy a túlnyomás csúcsa nem csökken olyan gyorsan a távolság növekedésével, mint a levegőben. Ezért a vízben a csúcsértékek sokkal magasabbak, mint ugyanolyan távolságban egy azonos erejű, levegőben végbement robbanás esetén. Például a mélyvízben bekövetkező 100 kt robbanás 1 km távolságban mért csúcstúlnyomása körülbelül 186 bar, míg a levegőben bekövetkező robbanásnál ez az érték csak 1–2 bar.¹⁶

Sekélyvízi atomrobbantás hatásai

Az Operation Crossroads keretében végzett Baker-teszt során 1946. július 25-én a Bikini-atoll lagúnájában egy víz alatti nukleáris robbantást hajtottak végre. A mintegy 21 kt hatóerejű nukleáris eszközt körülbelül 27 m mélységben, az LSM-60 partra szállító hajóhoz rögzítve robbantották fel. A kísérlet célja a víz alatti nukleáris robbanások hadihajókra gyakorolt hatásának vizsgálata volt. A robbanás következtében nagy méretű vízoszlop (*spray column*) és intenzív víz alatti lökeshullám alakult ki. A robbanás közvetlen közelében elhelyezkedő hajók súlyos szerkezeti károsodást szenvedtek. A USS Arkansas csatahajó gyakorlatilag azonnal elsüllyedt, míg a USS Saratoga repülőgép-hordozó és a japán Nagato csatahajó súlyosan megsérült, és később süllyedt el. A kísérletben részt vevő tengeralattjárók – köztük a USS Apogon, USS Skipjack és USS Pilotfish – szintén jelentős károsodást szenvedtek. A megfigyelések alapján a rombolás elsődleges oka a vízben terjedő lökeshullám volt. A robbanás epicentrumától távolodva a károsodás mértéke csökkent, ugyanakkor még jelentős távolságokban is kimutatható volt a szerkezeti károsodás. A teszt eredményei rámutattak arra, hogy a víz alatti nukleáris robbanások esetében a lökeshullám és a kapcsolódó hidrodinamikai jelenségek – beleértve a vízoszlop kialakulását és a másodlagos nyomáshullámokat – kulcsszerepet játszanak a hajók elleni romboló hatás kialakulásában. A Baker-teszt tapasztalatai alapján megállapítható, hogy

¹⁶ GLASSTONE–DOLAN 1977.

a víz alatti nukleáris robbanások különösen hatékonyak a felszíni hadihajók és tengeralattjárók elleni alkalmazásban.¹⁷

A partra érkező hullámok úgynevezett törő hullámok voltak, ezen hullámméretek azonban nem okoznának nagy pusztítást a kikötői létesítményekben.

A fő problémát a sugárszennyezettség jelentené. Ezt a robbantás mélysége határozná meg, egészen pontosan az, hogy mekkora a távolság a tengerfenék és a robbantáspont között. A Baker-teszt tapasztalata az volt, hogy a hajók fedélzetén rendkívül magas sugárzási szinteket mértek, bár tény, hogy a hajók a robbanáshoz meglehetősen közel helyezkedtek el. A hajóknál leginkább a fedélzeten a festékbe bekerült sugárzó anyagok okoztak problémát.

Ugyanakkor a robbanástól távolabb elhelyezkedő egységek esetében a szennyezés mértéke lényegesen kisebb, és a tengervízben keletkező rövid felezési idejű izotópok – elsősorban a Na-24 – miatt a környezeti sugárzási szint viszonylag gyorsan csökken.¹⁸ A vízben ugyanis leginkább Na-24-izotóp keletkezik 15 órás felezési idővel, így 150 óra (10 felezési idő) után már gyakorlatilag tisztának tekinthető a terület.

Az Operation Hardtack keretében végrehajtott Umbrella-teszt célja a sekély vízben végrehajtott nukleáris robbanások haditengerészeti eszközökre gyakorolt hatásainak vizsgálata volt, különös tekintettel a hajók szerkezeti elemeinek és fedélzeti rendszereinek sérülékenységére. A kísérlet során több, előzetesen kiválasztott és módosított célhajót alkalmaztak, köztük egy EC-2 típusú szállítóhajót (*SS Michael Moran*) és három rombolót (*Fullam, Howorth, Killen*), amelyeket a robbanás hatásainak mérésére szolgáló műszerekkel láttak el.¹⁹

Az 1958 júniusában végrehajtott Umbrella-teszt során egy 8 kt-s robbantást végeztek 46 m mélységben egy lagúnában. A robbantás során az *SS Michael Moren Liberty* osztályú szállító hajót, három *Fletcher*-osztályú rombolót, az *ex-USS Killent* (DD-593), az *ex-USS Howorth-t* (DD-592), az *ex-USS Fullamet* (DD-474), *SS Bonita* (SKK-3) tengeralattjárót tesztelték. A nyomás és a hullámok hatására az elektronika meghibásodott és motorikusan tönkrementek a hajók, de egyik sem süllyedt el, még a 884 m-re lévő tengeralattjáró sem. A *USS Moran* szállítóhajó azonban elvesztette a tengerállóságát, ezért a nyílt tengeren ágyútűzzel elsüllyesztették.²⁰

A kísérleti eredmények azt mutatták, hogy a víz alatti nukleáris robbanás által keltett lökéshullám elsősorban a hajók fedélzeti berendezéseiben és mechanikai rendszereiben okozott jelentős károsodást, míg a hajótest szerkezeti deformációja sok esetben kisebb mértékű volt a vártnál. A vizsgálatok alapján a harcképesség szempontjából kritikus rendszerek sérülése gyakran meghatározóbbnak bizonyult, mint a közvetlen szerkezeti károsodás.²¹

A robbanás által keltett vízfelszíni hullámok magassága a távolság növekedésével gyorsan csökken. A robbanóerő növekedésével ugyanakkor a jelenség léptéke növekszik, amelyet a 2 Mt-ra skálázott görbe szemléltet (1. ábra).

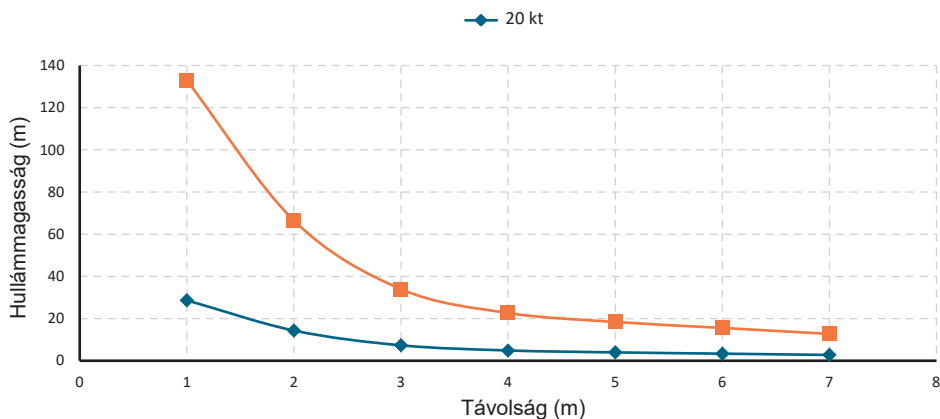
¹⁷ U.S. Atomic Energy Commission 1946.

¹⁸ GLASSTONE–DOLAN 1977.

¹⁹ Defense Nuclear Agency 1958.

²⁰ Defense Nuclear Agency 1958.

²¹ Joint Task Force Seven, Task Group 7.1, 1959; U.S. Atomic Energy Commission 1946.



1. ábra: A vízfelszíni hullámok maximális magassága a robbanástól mért távolság függvényében 20 kt hatóenergia esetén, valamint ennek közelítő skálázása 2 Mt-s robbantásra

Forrás: a szerzők szerkesztése GLASSSTONE–DOLAN 1977 alapján

Összességében megállapítható, hogy a szakirodalom szerint a sekélyvízi nukleáris robbantások nem generálnak klasszikus értelemben vett nagy hatótávolságú cunamit.

A Poszeidón akkor hatékony, ha a kikötő közepén robban fel úgy, hogy a parttól mért távolsága nem több, mint 1–2 km. Ez azonban nem egyszerű feladat, hiszen egy 24 m hosszú nukleáris meghajtású torpedóról beszélünk, továbbá a kikötőket erősen őrzik, és ezeken a területeken a tenger sem túl mély. Amennyiben ilyen célpontot akar valamelyik fél megsemmisíteni, alternatív fegyverrendszerek bizonyos esetekben hatékonyabb megoldást jelenthetnek (például föld-föld rakéta).

A mélyvízi atomrobbanás hatásai

Vlagyimir Putyin úgy mutatta be a fegyvert, mint repülőgéphordozó-kötélékek távoli pusztításának hatékony eszközét. Valóban lehet számolni jelentős hatással, sőt elképzelhető több, a pusztítás szempontjából kedvező feltétel együttes teljesülésének nyomán akár végzetes flottapusztulás, azonban a felszíni hajók sérüléseinek meghatározása összetettebb egy nyílt vízi robbanás esetén.

A nagyenergiájú mélytengeri robbantás esetén a detonáció következtében kialakuló gáz-buborék jelentős méretű lehet, és amennyiben a buborék közvetlenül egy hajótest alatt alakul ki, a felhajtóerő ideiglenes megszűnése és a buborék dinamikus összeomlása súlyos szerkezeti károsodást okozhat, szélsőséges esetben a hajótest töréséhez is vezethet.

A mélyvízi nukleáris robbanás esetén a robbanás pillanatában létrejövő és pulzáló gáz-buborék elindul a felszín irányába és áttöri azt. A gázbuborék jelentős méretre tágul, majd a környező víznyomás hatására összeomlik, és több egymást követő oszcillációs cikluson megy

keresztül. E folyamat során ismételt nyomáshullámok keletkeznek, amelyek hozzájárulnak a szerkezeti terheléshez és a károsodási mechanizmusokhoz.²²

A kísérletek azt mutatták, hogy amennyiben egy hajó a robbanás epicentruma felett van, akkor a megsemmisülése teljesen biztos. A Baker-teszt során a robbanás epicentruma felett lévő 60 m hosszú, 10 m széles, 1170 tonnás LSM-60 partra szállító hajó gyakorlatilag eltűnt, a maradványait se találták meg. Ugyanakkor figyelembe kell venni azt, hogy a mai modern nukleáris meghajtású repülőgép-hordozók ennél lényegesen nagyobbak. A legújabb a USS Gerald R. Ford, 100 000 t vízkiszorítású, 333 m hosszú, 78 m széles.²³ Azonban mindenképpen számolni kell a hajótest olyan súlyos károsodásával, amely a hajó teljes megsemmisüléséhez vezethet.

Amennyiben a robbanás nem közvetlenül a hajó alatt következik be, a keletkező gáz-buborék tágulási és összehúzódási ciklusai ismétlődő dinamikus terhelést generálnak. Ezek a buborékpulzusok a hajótesten ostorszerű lengéseket (*whipping*) keltenek, amelyek szintén jelentős szerkezeti deformációt okozhatnak. A hatás mértéke viszont a robbanás energiájától és a távolságtól függően csökken. A dinamikus terhelések különösen a fedélzeti mechanikai rendszerek működését befolyásolják. A nagy pontosságú illesztéseket igénylő egységek – például a hajtásrendszer elemei – a rezgések hatására elveszíthetik beállításukat, ami működésképtelenséghez vezethet. Emellett az elektromos és elektronikai komponensek, például a relék, szintén érzékenyek ezekre a terhelésekre, és károsodhatnak vagy meghibásodhatnak.²⁴

Ez a jelenség jól megfigyelhető volt az Operation Wigwam és Hardtack tesztek során. Az Operation Wigwam (1955) az Egyesült Államok első mélyvízi nukleáris kísérlete volt. A mintegy 30 kt hatóerejű robbanóeszközt körülbelül 2000 láb (mintegy 600 m) mélységben robbantották fel. A kísérlet egyik fő célja a nukleáris mélységi robbanótöltetek tengeralattjárók elleni hatásának vizsgálata volt, különös tekintettel a lökéshullám szerkezeti következményeire, valamint a halálos hatótávolság becslésére.

A vizsgálatok során SQUAW típusú célobjektumokat alkalmaztak, amelyek nem hadrendben álló tengeralattjárók voltak, hanem kifejezetten nukleáris tesztek céljára kialakított, műszerezett kísérleti szerkezetek. A SQUAW egy megközelítőleg 134,6 láb (mintegy 41 m) hosszú, körülbelül 400 t tömegű, tengeralattjáró-típusú nyomástartó modell volt. A szerkezet hengeres testből, kúpos és félgömb alakú végzáró elemekből, valamint külső burkolatból és ballasztrendszerből állt, amely lehetővé tette a merülést és a stabil helyzet fenntartását. A kialakítás kifejezetten alkalmassá tette a szerkezetet a víz alatti robbanások során fellépő dinamikus terhelések és nyomáshullámok mérésére. A kísérlet során különös figyelmet fordítottak a lökéshullám terjedésére, a nyomásprofil mélységfüggésére, valamint a biztonságos alkalmazási távolság meghatározására.²⁵

A mérések alapján a robbanás hatása erősen távolságfüggőnek bizonyult. Az 1570 m távolságban elhelyezett SQUAW-12 a jelentős, mintegy 58 bar maximális túlnyomás hatására rendkívül rövid időn belül teljesen megsemmisült. A körülbelül 2200 m-re elhelyezett

²² GLASSTONE–DOLAN 1977.

²³ Global Security [é. n.].

²⁴ HAWASS et al. 2015.

²⁵ Naval Facilities Engineering Command 1978.

SQUAW-13 súlyos szerkezeti károsodást szenvedett, és kritikus állapotba került, azonban a nyomástest nem repedt fel. A mentési műveletek során a szerkezet végül elsüllyedt. Ezzel szemben a mintegy 3100 m-es távolságban elhelyezett SQUAW-29 csak korlátozott mértékű fizikai sérüléseket szenvedett, és nem süllyedt el. Az eredmények egyértelműen rámutattak arra, hogy a mélytengeri nukleáris robbantások hatása tengeralattjárók esetében erősen függ a robbanástól mért távolságtól, és jól meghatározható károsodási zónák különíthetők el.²⁶

Az eredmények azt mutatták, hogy a víz alatti nukleáris robbanásoknak rendkívül nagy lokális pusztító hatása van, ugyanakkor ez a távolság növekedésével gyorsan csökken, és erősen függ a hidrológiai viszonyoktól.

A víz alatti robbanások esetében a maximális túlnyomás a távolság növekedésével lassabban csökken, mint légköri környezetben, és nagyságrendekkel magasabb értékeket érhet el.²⁷

Az 1958 májusában végrehajtott Wahoo-teszt során egy körülbelül 9 kt hatóerejű nukleáris robbantást hajtottak végre mintegy 150 m mélységben. A kísérlet során a SQUAW-29 cél-objektum súlyos szerkezeti károsodást szenvedett. A robbanástól körülbelül 715 m-re elhelyezkedő Morgan típusú szállítóhajó gépészeti rendszerei károsodtak, ami a hajó mozgásképtelenné válásához vezetett. A mintegy 5470 m távolságban lévő USS Bonita (SSK-3) tengeralattjáró esetében a szerkezeti károsodás korlátozott maradt, azonban az elektronikai rendszerek olyan mértékben sérültek, hogy a hajó harcképtelenné vált, és javításra vissza kellett térnie.²⁸

Megjegyzendő, hogy a vizsgált hajók a második világháború időszakában alkalmazott, viszonylag egyszerű elektronikai rendszerekkel voltak felszerelve. Ezek a rendszerek általában robusztusabb kialakításúak voltak, és kisebb mértékben voltak érzékenyek az elektromágneses és mechanikai behatásokra, mint a korszerű, nagy integráltságú modern fedélzeti rendszerek.

Összegzés

A Wigwam-teszt eredményei alapján a mélytengeri nukleáris robbanások elsősorban lokális pusztító hatással rendelkeznek, és hatékonyságuk a távolság növekedésével jelentősen csökken. Ugyanakkor a robbanás közvetlen közelében rendkívül magas túlnyomásértékek alakulnak ki.

Az Operation Hardtack keretében végrehajtott Wahoo- és Umbrella-tesztek megerősítették a korábbi Baker- és Wigwam-kísérletek eredményeit, és átfogó képet adtak a víz alatti nukleáris robbanások hatásmechanizmusáról.

A vizsgálatok eredményei alapján a pusztító hatás elsődleges oka a lökeshullám által keltett mechanikai terhelés, amely elsősorban a fedélzeti berendezésekben és rendszerekben okoz károsodást, miközben a hajótest sok esetben strukturálisan épen maradhat.²⁹

A Baker-, Wigwam-, Wahoo- és Umbrella-tesztek, valamint a szovjet víz alatti nukleáris kísérletek eredményei egyértelműen jelzik, hogy a víz alatti nukleáris robbantások hatékony romboló hatást fejtenek ki hadihajók, különösen tengeralattjárók ellen.

²⁶ Defense Nuclear Agency 1955.

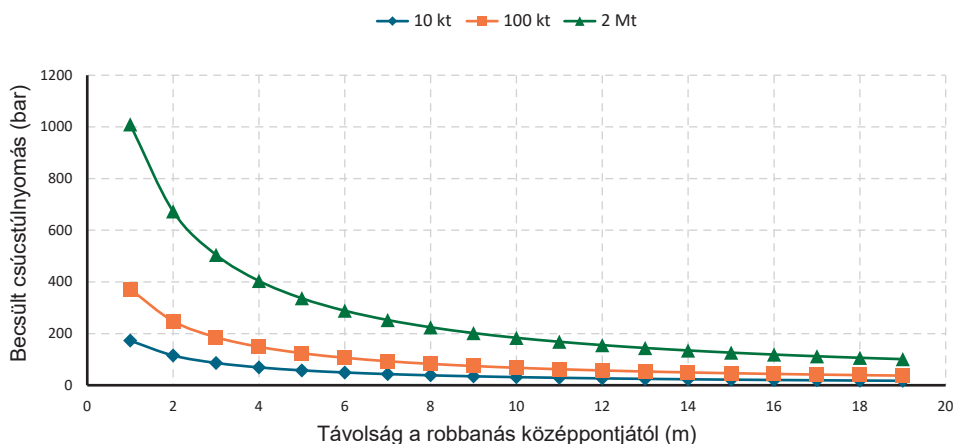
²⁷ GLASSTONE–DOLAN 1977.

²⁸ Defense Nuclear Agency 1958.

²⁹ U.S. Atomic Energy Commission 1958.

A Poszeidón esetében a becslések alapján egy több megatonnás víz alatti robbanás során a súlyos károsodási zóna kiterjedése elérheti a több kilométeres, akár 8–10 km-es nagyságrendet, azonban a teljes szerkezeti megsemmisülés ennél lényegesen kisebb távolságokra korlátozódik.

A 2. ábra szemlélteti, hogy a robbanóerő növekedésével a maximális túlnyomás értéke minden vizsgált távolságon emelkedik, ugyanakkor a nyomás csökkenése továbbra is erősen távolságfüggő.



2. ábra: Víz alatti robbanás becsült maximális túlnyomásának távolságfüggése 10 kt, 100 kt és 2 Mt robbanóerő esetén, közelítő modell

Forrás: a szerzők szerkesztése GLASSTONE–DOLAN 1977 alapján

A 2M39 nukleáris meghajtású autonóm víz alatti eszköz (UUV) olyan képességekkel rendelkező fegyverrendszer, amely jelentős hatást gyakorolhat a tengeri hadviselésre. Nagy merülési mélysége miatt nehezen érzékelhető, míg nagy sebessége korlátozza a hatékony ellentevékenységek lehetőségét. A rendelkezésre álló adatok alapján ugyanakkor nem támasztható alá, hogy a rendszer nagy hatótávolságú „radioaktív cunami” létrehozására lenne képes. Ezzel szemben a történeti kísérletek eredményei arra utalnak, hogy a fegyver hatékony lehet haditengerészeti kötelékek, különösen nagy értékű célpontok – például repülőgép-hordozók – ellen. A rendszer alkalmazása a kikötői infrastruktúra elleni műveletekben is releváns lehet, amennyiben képes a célterület közvetlen közelébe jutni. Ennek következtében a kikötővédelmi rendszerek fenntartása és fejlesztése továbbra is indokolt, mivel már a potenciális alkalmazás lehetősége is stratégiai hatást gyakorolhat.

Bár a koncepció alapjai nem tekinthetők újnak, a modern technológiai környezetben – különösen a tengeri autonóm rendszerek gyors fejlődése mellett – a hasonló eszközök szerepe várhatóan növekedni fog. Ez hosszabb távon új haditengerészeti és partvédelmi eljárások kialakítását teheti szükségessé.

Felhasznált irodalom

- Army Recognition (2015): Secret Russian Navy Nuclear Torpedo System Status-6 Leaked in Television Report. *Army Recognition*, 2015. november 13. Online: <https://www.armyrecognition.com/archives/archives-naval-defense/naval-defense-2015/secret-russian-navy-nuclear-torpedo-system-status-6-leaked-in-television-report>
- Avia (2021): Истребитель МиГ-31К нанёс удар гиперзвуковой ракетой „Кинжал” по неизвестной цели в Сирии Подробнее на. *Avia*, 2021. június 29. Online: <https://avia.pro/news/istrebitel-mig-31k-nanyos-udar-giperzvukovoy-raketoy-kinzhal-po-neizvestnoy-celi-v-sirii>
- Defense Nuclear Agency for the Department of Defense (1955): *Operation Wigwam. United States Atmospheric Nuclear Weapons Tests, Nuclear Test Personnel Review*. Online: https://www.sonibomb.com/content/atomic/docs/dna/1955_DNA6000F_WIGWAM.pdf
- Defense Nuclear Agency for the Department of Defense (1958): *Operation Hardtack I. United States Atmospheric Nuclear Weapons Tests, Nuclear Test Personnel Review*. Online: https://www.dtra.mil/Portals/125/Documents/NTPR/newDocs/ANTHReport/1958_DNA_6038F.pdf
- GLASSTONE, Samuel – DOLAN, Philip J. (1977): *The Effects of Nuclear Weapons* (3rd ed.). U.S. Department of Defense & Energy Research and Development Administration. Online: <https://www.osti.gov/servlets/purl/6852629>
- Global Security [é. n.]: *CVN-78 Gerald R. Ford – Specifications*. Online: <https://www.globalsecurity.org/military/systems/ship/cvn-78-specs.htm>
- GWADERA, Zuzanna (2025): Russia's Burevestnik and Poseidon Tests. *International Institute for Strategic Studies*, 2025. november 20. Online: <https://www.iiss.org/online-analysis/missile-dialogue-initiative/2025/11/russias-burevestnik-and-poseidon-tests/>
- HAWASS, Ahmed – MOSTAFA, Hosef – ELBEIH, Ahmed – EL-DAKHAKHNI, Wael (2015): Review on Underwater Explosion. In *Proceedings of the 46th International Annual Conference of ICT*. Karlsruhe, Germany. Online: https://www.researchgate.net/publication/369037897_REVIEW_ON_UNDERWATER_EXPLOSION
- International Atomic Energy Agency (2004): *Nuclear Explosions in the USSR. The North Test Site Reference Material*. Online: <https://www-ns.iaea.org/downloads/rw/waste-safety/north-test-site-final.pdf>
- JOHNS, Eliana (2024): Upgrades to Russia's Nuclear-Capable Submarine Fleet. *Federation of American Scientists*, 2024. július 2. Online: <https://fas.org/publication/submarine-upgrades-russia/>
- Joint Task Force Seven, Task Group 7.1. (1959). *Report to the Scientific Director: Report of the Commander Task Group 7.1, Operation HARDTACK, 1958*. U.S. Department of Defense.
- KHALTURIN, Vitaly I. – RAUTIAN, Tatyana G. – RICHARDS, Paul G. – LEITH, William S. (2005): A Review of Nuclear Testing by the Soviet Union at Novaya Zemlya, 1955-1990. *Science and Global Security*, 13(1-2), 1-42. Online: <https://doi.org/10.1080/08929880590961862>
- Naval Facilities Engineering Command (1978): *SQUAW Mooring and Structural Analysis Report (ADA163372)*. Defense Technical Information Center. Online: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA163372.pdf>
- POLMAR, Norman (2018): Armaments and Innovation: The Big Torpedo. *Naval History Magazine*, 23(1). Online: <https://www.usni.org/magazines/naval-history-magazine/2018/february/armaments-and-innovation-big-torpedo>
- PAPASTERGIOU, Alex (2025): Poseidon: Russia's Seaborne Armageddon or Mind Game? *Grey Dynamics*, 2025. október 27. Online: <https://greodynamics.com/poseidon-uuv-new-russian-nuclear-submarine-deterrent/>
- SOTT (2018): Putin vs Megyn Kelly Round 2: Full Text of NBC's Extensive Interview. *SOTT*, 2018. március 10. Online: <https://www.sott.net/article/379579-Putin-vs-Megyn-Kelly-round-2-Full-text-of-NBCs-extensive-interview-with-VIDEO>

- TASS (2018a): Восстановить ядерный паритет: новое супероружие России получило „свидетельства о рождении”. TASS, 2018. március 23. Online: <https://tass.ru/armiya-i-opk/5060255>
- TASS (2018b): Беспилотный подводный аппарат „Posejdon”. Dos'e [Poszeidón pilóta nélküli víz alatti eszköz. Dosszié]. TASS, 2018. július 19. Online: <https://tass.ru/info/5388731>
- U.S. Atomic Energy Commission (1946): *Operation Crossroads: Preliminary Report of Test Baker*. Defense Technical Information Center. Online: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/AD0473909.pdf>
- VASILYEVA, Nataliya (2025): Putin Announces Test of Tsunami-Making Nuclear Weapon. *The New York Times*, 2025. október 29. Online: <https://www.nytimes.com/2025/10/29/world/europe/russia-missile-poseidon-putin-nuclear-tests.html>