

CASE STUDIES OF POTENTIALLY
HAZARDOUS NEAR-EARTH OBJECTS
WITH PRE-IMPACT DETECTIONS
THREATENING CRITICAL
INFRASTRUCTURES

ESETTANULMÁNYOK AZ ELŐRE JELZETT
BECSAPÓDÁSÚ POTENCIÁLISAN
VESZÉLYES FÖLDKÖZELI OBJEKTUMOK
KRITIKUS INFRASTRUKTÚRÁKAT
VESZÉLYEZTETŐ EDDIGI ESETEIBŐL

REZSABEK Nándor¹

Abstract In recent years, the detection, discovery and investigation of so-called Pre-Impact Detection or Past Impactor Potentially Hazardous Objects (PHO) Near-Earth Objects (NEO) have been a prominent area in the research of small celestial bodies in the Solar System. As a result, their monitoring has become a separate sub-area in terms of managing the cosmic risk posed by extra-terrestrial objects. The aim of this study is to present the planetary background, the history of the detection of these celestial bodies, their monitoring systems, their number and their characteristic physical properties. From the investigations aimed at this, it is also to present in detail, as a case study, a case of high importance from a civil, military and scientific perspective, which fundamentally affects the issue of security and has potentially endangered a civil and national defense critical infrastructure.	Absztrakt A Naprendszer apró égitestjeinek kutatásában az elmúlt években kiemelt területet jelentett az ún. előre jelzett becsapódású (Pre-Impact Detection vagy Past Impactor) potenciálisan veszélyes (Potentially Hazardous Object, PHO) földközeli objektumok (Near-Earth Objects, NEO) felismerése, felfedezéseik és vizsgálatuk. Mindezek eredményeképp az extraterresztrikus objektumok jelentette kozmikus kockázat kezelése szempontjából már külön részterületet jelent ezek monitorozása. Jelen tanulmány célja, hogy egyrészt bemutassa ennek bolygótani (planetológiai) hátterét, ezen égitestek detektálásának történetét, monitoring rendszereiket, számosságukat, jellemző fizikai tulajdonságaikat. Erre irányuló vizsgálataiból pedig esettanulmányként részletesen ismertessen civil, katonai és tudományos szempontból is kiemelt fontosságú, a biztonság kérdéskörét alapvetően érintő egy-egy polgári és honvédelmi kritikus infrastruktúrát potenciálisan veszélyeztető eddigi esetet.
Keywords extraterrestrial objects, pre-impact detections, asteroids, meteoroids, meteorites, critical infrastructures	Kulcsszavak extraterresztrikus objektumok, előre jelzett becsapódású égitestek, kisbolygók, meteoridok, meteoritok, kritikus infrastruktúrák

¹ rezsabek.nandor@stud.uni-nke.hu | ORCID: 0009-0002-4885-4438 | PhD student, Ludovika University of Public Service, Faculty of Military Sciences and Officer Training, Doctoral School of Military Engineering | PhD hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskola

BEVEZETÉS

Ha nem is a precedenst jelentő legelső, 2008-as Szudánban földet ért esettől (1. Ábra), de a második, 2014-ben az Atlanti-óceánba hulló kisbolygótól kezdődően az ún. előre jelzett becsapódású objektumok kutatási eredményei és népszerűen megfogalmazott információi messze túlmutattak a szakmai publikációkon, valamint ismeretterjesztő orgánusok beszámolóin, így esetről esetre a napi sajtóban is megjelentek. Mindennek a társadalmi érdeklődésnek, valamint a biztonság iránti lakossági elvárásnak fontos szerepe lehetett abban, hogy megfigyelésük, esetleges megtalálásuk és vizsgálatuk, továbbá monitoringjuk a Földet veszélyeztető potenciálisan veszélyes földközeli objektumok között idővel külön kategóriát képzett. Ezen túlmenően a kozmikus kockázatokkal mind alap- és alkalmazott kutatási, sőt űrszondás megoldásokkal (DART, Hera) a kísérleti fejlesztési szinten is foglalkozó két nagy űrhivatal, az amerikai NASA és az európai ESA dedikált tudományos központjai külön monitoringrendszert alakítottak primer adataik gyűjtésére és nyilvántartásukra.



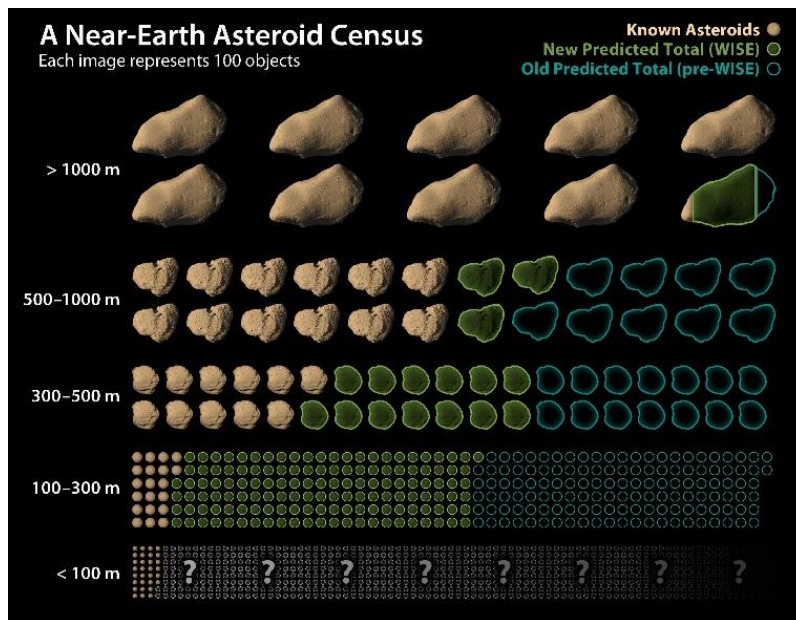
1. Ábra: A 2008 TC3 aszteroida földet ért darabjainak keresése Szudánban, valamint a megtalált, és Almahata Sitta néven meteoritként klasszifikált fragmentjei a szerző magángyűjteményében, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/86/323176main_line3rdday_946-710.jpg – Rezsabek L. fotó

Jelen publikáció szerzője a Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Katonai Műszaki Doktori Iskola *Katonai környezetbiztonság* kutatási területén, a *Környezet és a biztonság kapcsolata* kutatási témában kidolgozás alatt álló, *Extraterresztrikus objektumok becsapódása és következményeinek kezelése a kritikus infrastruktúrák vonatkozásában* munkacímű értekezése rész kutatásaként vizsgálta az előre jelzett becsapódású potenciálisan veszélyes földközeli objektumokat. Általánosságban bolygótani (planetológiai) háttérüket, detektálásuk mikéntjét, monitoring rendszereiket, számosságukat, jellemző fizikai tulajdonságaikat. Másrészt dedikáltan egy-egy esettanulmányban összegezte a polgári és honvédelmi kritikus infrastruktúrákat (KI) veszélyeztető egyes eseteket. A *Biztonságtudományi Szemle* mostani számában ennek eredményeit foglalja össze.

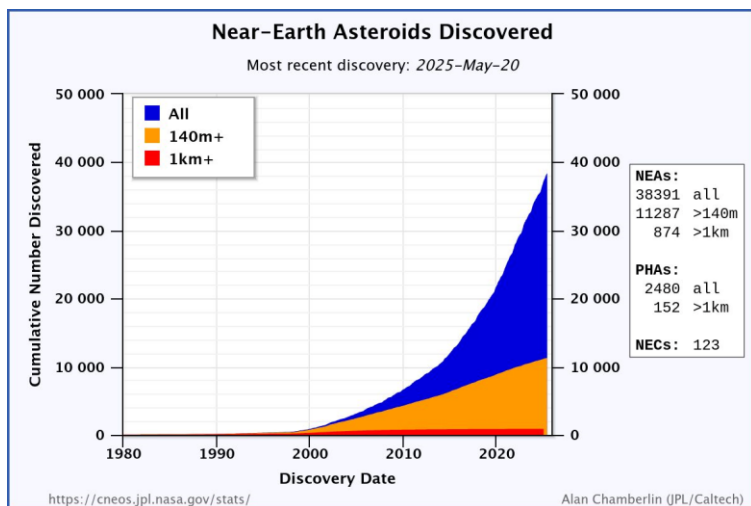
A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA ÉS KUTATÁSI MÓDSZERTANA

A World Economic Forum világméretű kockázatokat elemző aktuális riportja 2024–2025-ös felmérésére alapozva 33 globális veszélyeztetettséget listáz. Ezek között a környezeti problémák csoportján belül nevesíti a nem időjárási jellegű természeti katasztrófákat. Leírásában tételesen említi az extraterresztrikus kockázatokat is, egyik példaként pedig a kisbolygóbecsapódásokat. Olyan eseményként, amely emberéletben és az ökoszisztémában is kárt tehet, infrastrukturális vagy gazdasági károkat okozhat [9 pp. 74–77.].

A 2010-es évektől már jól ismert, hogy az ilyen jellegű planetáris kockázat elsősorban a Földet veszélyeztető kisebb objektumok esetében áll fenn, mivel ezeket korábban nem, vagy csak jóval kisebb arányban detektálták, így nem is készülhettek fel esetleges károkozásukra. Az erre vonatkozó, két esztendővel korábbi adatokon nyugvó 2013-as eredmények [10] például azt mutatták, hogy főleg a 100 m alatti égitestek esetében (2. Ábra) rendkívül alacsony a felfedezett égitestek aránya. A legfrissebb, 2025-ös adatok [12] szerint ugyan exponenciális növekedés jellemzi (3. Ábra) a (földközeli objektumokon belül) a földközeli kisbolygók (NEA) számát, sőt potenciálisan veszélyes objektumok (PHO) között a 140 m alatti kisbolygók (PHA) száma is lineárisan nőtt, ugyanakkor az előre jelzett égitestek megismerésével valós fenyegetéssé váltak az korábban „hiányzó” objektumok.



2. Ábra: A katalogizált NEA-k nagyságrendje egyes mérettartományokban (2011.09.29-ig)
https://planetary.s3.amazonaws.com/web/assets/pictures/20130314_PIA14734.jpg



3. Ábra: A felfedezett NEA-k száma az idő függvényében (2025.05.21-ig),
<https://cneos.jpl.nasa.gov/stats/totals.html>

Ennek megfelelően az előre jelzett becsapódású objektumok első detektálása, majd tudományos alapú vizsgálatának kezdete jelentette azt a kiemelkedően fontos tudományos mérföldkövet ezen kisebb mérettartományba eső, a becsapódás esélyével fenyegető aszteroidák/meteoroidok kutatásában, továbbá az impakt eseményeikre való felkészülésben.

Vizsgálatukat azonban érdemes kiterjeszteni a civil es katonai létfontosságú rendszerek esetleges fenyegetettségére is. Mindez egyelőre nem kapott kellő figyelmet a téma természettudományos kutatói, valamint a szabályzók megszületését előmozdító döntéshozók körében. A cikkben ismertetett rész kutatás relevanciáját főképp ez jelenti.

Kutatási módszertanában a vonatkozó szakirodalom feltárását, szakmai adatbázisok primer információinak szekunder adata történő feldolgozását, térképi alkalmazások használatát, illetve hazai jogszabályi szemlézést alkalmazva.

A TÉMA BEMUTATÁSA ÉS KUTATÁSI EREDMÉNYEI

A téma alapfogalmai

Kisbolygó (aszteroida): 1 m feletti, kő/fém/kő–fém összetételű égitest vagy égitest-töredék. A Mars és a Jupiter közötti belső, valamint a Neptunuszon túli külső kisbolygóövben (Kuiper-öv) található; a bolygónkat megközelítők a földközeli objektumok közé tartoznak.

Meteoroid: Léggörön kívüli kozmikus pályán tartózkodó, nanométerestől 1 m-ig terjedő porszemcse, vagy apró kő/fém/kő–fém összetételű égitest vagy égitest-töredék.

Üstökös (kométa): Jégbeágyazott kőzetmaggal bíró égitest, mely a Naprendszer külső régiójában található gömbszimmetrikus Oort-felhőből származik. A Napot megközelítve alakul ki légköre, a kóma, valamint ion- és porcsóvája.

Meteor (hullócsillag): A légkörbe belépő kisbolygó/meteoroid felizzása–ionizációja okozta légköri–csillagászati jelenség. Adott fényességhatár felett tűzgömbnek, légköri robbanása esetén bolidának hívjuk.

Meteorit: A meteorjelenség során a kisbolygó/meteoroid légköri áthaladást túlélő darabja(i); részben vagy egészben földet is érhet.

Impakt esemény (meteorit- vagy kisbolygó becsapódás): A felszínt elérő, azzal ütköző kozmikus test okozta kataklizmikus jelenség.

Impakt kráter (becsapódási kráter, meteoritkráter, asztróblém, asztróbléma): Kisbolygó- / meteoritbecsapódás során létrejövő felszíni alakzat.

Földközeli objektum (földsúroló, Near-Earth Object, NEO): Olyan kisbolygó/meteoroid (Near-Earth Asteroid, NEA) vagy üstökös (Near-Earth Comet, NEC), amelynek pályája meghatározottan közeli bolygónk pályájához képest.

Potenciálisan veszélyes objektum (Potentially Hazardous Object, PHO): Olyan kisbolygó/meteoroid (Potentially Hazardous Asteroid, PHA) vagy üstökös (Potentially Hazardous Comet, PHC), melynek pályamozgása feltételezi egy esetleges kozmikus ütközés lehetőségét.

Előre jelzett becsapódású objektum (Pre-Impact Detection vagy Past Impactor): A becsapódás/hullás előtt, még kozmikus pályáján, felfedezett potenciálisan veszélyes földközeli objektum.

Az előre jelzett becsapódások

Naprendszerünk kisbolygóinak és üstököseinek három fő rezervoárját különíthetjük el: az aszteroidákat vagy a Mars és Jupiter közötti fő kisbolygóövben, vagy a Neptunuszon túl, Kuiper-övben találjuk; a kométákat a külső Naprendszer gömbszimmetrikus halójában, az Oort-felhőben. A bolygórendszerünk dinamikájából következő hatások révén pályájuk módosulhat, és ezek az égitestek válhatnak földközeli objektumokká (NEO), illetve rész-halmazuk potenciálisan veszélyes objektumokká (PHO).

Az előre jelzett becsapódású (Pre-impact Detection, Past Impactors) objektumok alapvető ismérve, hogy még kozmikus pályájukon, a földi légkörön kívül detektálják őket. Földi a becsapódásuk vagy hullásuk ezt követően rövidebb, néhány nappal, sőt akár pár órán belül következhet be. Egyben vagy aprózódva szárazföldi területre, vagy víztestbe érkezhetnek.

Az első ilyen típusú felfedezésre 2008-ban került sor; ez az égitest a 2008 TC3 jelölést kapta [8]. Utóbb a szudáni sivatagi környezetben megtalált meteoritdarabjait [6] Almahata Sitta néven klasszifikálták. Környezetbiztonsági jelentőségük felismerésére a második bekövetkezési esettől (2014 AA) került sor. Kampányszerű megfigyelésük és monitorozásuk ezután indult el. A 2008-tól 2025-ig terjedő időintervallumban 11 felfedezés történt.

Ebből 3 magyarországi megfigyelés eredménye (2022 EB5, 2023 CX1, 2024 BX1) [18]. A HUN-REN kutatói hálózat Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézetben Sárneczky K. észlelte elsőként ezeket. A magyar felfedezések tudományos és finansziális háttérét a GINOP-2.3.2-15-2016-00003 jelzetű „Kozmikus hatások és kockázatok” projekt biztosította [2 pp. 1–2.].

Az előre jelzett becsapódások monitoringja

Az előre jelzett becsapódások adatait mind az amerikai (NASA), mind az európai (ESA) űrhivatal monitoring rendszerei listázzák. Így a legmegbízhatóbb, a jelen kutatások szempontjából primer adatforrásának a Center for Near Earth Object Studies (CNEOS) [18] és az Near-Earth Object Coordination Centre (NEOCC) [17] információit lehet tekinteni.

CNEOS (NASA)	NEOCC (ESA)
2008 TC3	2008TC3
2014 AA	2014AA
2018 LA	2018LA
2019 MO	2019MO
2022 EB5	2022EB5
2022 WJ1	2022WJ1
2023 CX1	2023CX1
2024 BX1	2024BX1
2024 RW1	2024RW1
2024 UQ	2024UQ
2024 XA1	2024XA1

1. Táblázat: Az előre jelzett becsapódású égitestek lajstromozása a CNEOS és NEOCC monitoringrendszereiben (2025. május 21-ig), saját szerkesztés

A két adatbázis által előre jelzett becsapódásúként klasszifikált objektumokat összehasonlítva (1. Táblázat) teljes egyezést találunk. Mind a CNEOS, mind a NEOCC ugyanazt a 11 égitesteket listázza. Kismértékű eltérés mindösszesen írásmódjuk szintaktikájában van. Ebből a szempontból a Naprendszer égitestjeinek nevezéktanában határozó Nemzetközi Csillagászati Unió (International Astronomical Union, IAU), azonban belül is az apró égitestek tekintetében illetékes Kisbolygókutató Központ (Minor Planet Center, MPC) írásmódja a perdöntő [16]. Ennek megfelelően mindegyik esetben a névben található évszám után szóköz szükséges (azaz a CNEOS által használt forma).

CNEOS (NASA)	NEOCC (ESA)
megnevezése	sorszáma
felfedezés időpontja (UTC)	objektum megnevezése
becsapódás időpontja (UTC)	átmérő (m)
észlelés és becsapódás közti idő (hh:mm)	becsapódás dátuma / időpontja (UTC)
mérettartomány (m)	becsapódás sebessége (km/s)
földrajzi szélesség (fok)	becsapódás pályaszöge (fok)
földrajzi hosszúság (fok)	becsapódás irányszöge (fok)
magasság (km)	becsült energia (kt)
pálya megtekintése	becsült energiája más forrásokban (kt)
felfedező obszervatórium	történet
felfedezésről tudósító körlevél	
hivatkozások	

2. Táblázat: Az előre jelzett becsapódású égitestek monitoringrendszerei által használt adatstruktúra összehasonlítása (2025. május 21-ig), saját szerkesztés

Az egyes objektumokról nyilvántartott adatok struktúráját (2. Táblázat) összevetve az állapítható meg, hogy a CNEOS 12, a NEOCC 10 paramétert rögzít. Kissé eltérő megfogalmazásokkal ebből 4 kategória azonos (elnevezés, becsapódás ideje, méret, referencia). Megállapítható, hogy a 2 adatbázis együttes használata adja az ebből következő szekunder

adatok képzéséhez a legteljesebb eredményt. Ezen túl további paraméterek, információk és kutatási eredmények háttéranyagként a megadott referenciaoldalakon úgyszintén elérhetők.

Az előre jelzett becsapódású objektumok sorsa

Az előre jelzett becsapódás során a légköri zuhanást túlélő, ugyanakkor a földi óceánokba/tengerekbe zuhanó égitestek/égitestdarabok megtalálására nincs mód. Azok a planetáris eredetű objektumok azonban, amelyek szárazföldön landolnak, esetlegesen fellelhetők.

Meteoritként történt földet érésük esetén paramétereik az egyesült államokbeli Meteoritikai Társaság (Meteoritical Society) által fenntartott, az érintett nemzetközi szakmai közösség által referenciának tekintett Meteoritical Bulletin Database (Metbull) adatbázisból [15] nyerhetők ki.

Előre jelzett becsapódású objektum	Darabszám
óceánba/tengerbe zuhant	6
földfelszínre ért és megtalálták	4
földfelszínre ért, de nem gyűjtötték be	1

3. Táblázat: Előre jelzett becsapódású objektumok sorsa (2025. május 13-ig), saját szerkesztés

A CNEOS, a NEOCC és a Metbull adatait vizsgálva megállapítható, hogy az előre jelzett aszteroidák/meteoroidok közül 6 az óceánba/tengerbe zuhant; 4 földfelszínre ért, és meteoritként megtalálták; 1 földet ért ugyan, de ezidáig nem gyűjtötték be (3. Táblázat).

Meteoroid / aszteroida	Meteorit	Év	Hely	Meteorit-típus	Tömeg
2008 TC3	Almahata Sitta	2008	Nahr an Nil, Szudán	ureilite-an	3950 g
2018 LA	Motopi Pan	2018	Ghanzi, Botswana	howardite	215 g
2023 CX1	Saint-Pierre-le-Viger	2023	Seine-Maritime, Normandia, Franciarszág	L5-6	1200 g
2024 BX1	Ribbeck	2024	Brandenburg, Németország	aubrite	1800 g

4. Táblázat: Előre jelzett becsapódás során földet ért meteoritok (2025. május 13-ig), saját szerkesztés

Mind a 4 meteorittípus a kőmeteoritok közé tartozik; legnagyobb össz tömegben (3950 g) a 2008 TC3-ból származó Almahata Sitta darabjait találták meg (4. Táblázat). A Motopi Pan howardit csoportjának – így értelemszerűen az 2018 LA-nak is – a feltételezett szülőégitestje a legnagyobb méretű kisbolygó, a (4) Vesta; míg a Ribbeck – és a 2024 BX1 – esetében az 1982-ben Lovas M. által meglett (3103) Eger aszteroida.

A 2023 CX1 és a 2024 BX1 aszteroida/meteoroid is hazai, a Csillagászati Intézeti találat [18]. A 2023 CX1-ből származó Saint-Pierre-le-Viger franciaországi [4], valamint a 2024 BX1-ből eredő Ribbeck (4. Ábra) meteorit németországi [5] szórásmezőin is sikerrel gyűjtött be példányokat (mindkét esetben) a Magyar Meteoritikai Társaság Kereszty Zs. vezette keresőexpedíciója, továbbá (a német hullásnál) a Német Űrkutató és Űrtudományi

Központ (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, DLR) egyik magyar munkatársa, továbbá egy privát hazai keresőcsoport.



4. Ábra: A 2024 BX1 földfelszínre ért, majd utóbb Ribbeck néven klasszifikált meteorit darabjai, saját fotó

Az impakt eseményekhez kapcsolható hazai jogszabályok feltárásának tapasztalatai

A hazai jogrendben a Naprendszer planetáris kockázatot jelentő apró égitestjeivel összefüggő vonatkozás mindössze néhány, a kutatási témától független vonatkozásban szerepel. Ilyen az oktatás, a muzeális gyűjteményi előírások, a frekvenciasávok elosztása, a rádióamatőr tevékenység.

A 2024 végén kivezetett 2012. évi CLXVI. törvény [20] és végrehajtási rendeletei (65/2013. (III. 8.) Korm. Rendelet [21]; 359/2015. (XII.2.) Korm. rendelet [22]) ugyanakkor nem tettek említést a polgári és honvédelmi létfontosságú rendszerek tekintetében extrateresztikus veszélyeztetettségéről.

A 2025 elejétől hatályos 2024. évi LXXXIV. törvény [23] és végrehajtási rendeletei (474/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet [24]; 475/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet [25]) esetében a polgári kritikus infrastruktúráknál már megjelenik a világűr fogalma, de leszűkítve annak űralapú szolgáltatásaira, honvédelmi tekintetben továbbra nincs erre vonatkozó utalás.

Megállapítható tehát, hogy sem a nemzetközi eredménynek számító hazai felfedezések, sem a jelentős finanszírozással megvalósult „Kozmikus hatások és kockázatok” projekt nem hozott áttörést abban, hogy mindez a kritikus civil, valamint a katonai infrastruktúrák tekintetében jogszabályi vonatkozásban is megfogalmazásra, vagy egyáltalán említésre kerüljön.

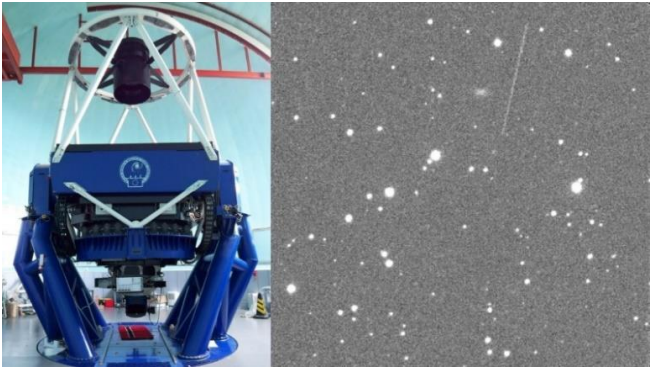
ESETTANULMÁNY I – POLGÁRI KRITIKUS INFRASTRUKTÚRÁK
VESZÉLYEZTETETTSÉGE

Becsapódó objektum: 2024 XA1	Ország	Földrajzi egység	KI távolság a becsapódástól	KI ágazat	KI alágazat	KI alapvető szolgáltatás	Felszíni geológia
Földet érés	Oroszország	Jakutföld					mészkő
Veszélyeztetett KI	Oroszország	Jakutföld	89 km	Közlekedés	Légi közlekedés	Oljok-minszk repülőtere	mészkő

5. Táblázat: A 2024 XA1 földet érésének polgári KI elemeket veszélyeztetető paraméterei, saját szerkesztés

2024. december 3-án a 0,7 m átmérőjű C0WEPC5 (ideiglenes) jelzetű (előre jelzett becsapódású) meteoroid (5. Ábra) 7 órával felfedezése után Szibéria felett a légkörbe lépett [1]. A tizenegyediként (ezidáig utolsóként) felfedezett előrejelzett objektum utóbb a 2024 XA1 megnevezést kapta. A modellszámítások azt mutatták, hogy meteoritként a tajgában földet is érhetett, valamint becslést adtak arra, hogy a szórásmezőn vélhetően hol és mekkora tömegű darabjai találhatók meg egy esetleges később in situ keresőexpedíció során [17].

A szórásmező alig 11 km-re húzódik az oroszországi Jakutföld (Szaha Köztársaság) Kilier községétől, valamint igen közel Oljokminszk városától. A 8455 lakosú, Léna parti településen többek között a közlekedési KI, ezen belül a vízi és a légi közlekedési alágazatba tartozó létfontosságú létesítmények települtek [11]. Ezek közül az oljokminszki repülőtértől az égitest becsapódás távolsága mindössze 89 km-re [13] következett be (5. Táblázat).



5. Ábra: A 2024 XA1 elhaladása az égbolton, valamint a pályaszámítását segítő egyik megfigyelésének eszköze, a Kínai Tudományos Akadémia, Yunnan Observatórium 2,4 m-es Lijiang távcsőve, <https://news.cgtn.com/news/2024-12-07/China-s-observatories-capture-images-of-falling-near-Earth-asteroid-1z8aadMNTQQ/p.html>

ESETTANULMÁNY II – KATONAI KRITIKUS INFRASTRUKTÚRÁK VESZÉLYEZTETETTSÉGE

Becsapódó objektum: 2022 EB5	Ország	Földrajzi egység	KI távolság a becsapódástól	KI ágazat	KI alágazat	KI alapvető szolgáltatás	Felszíni geológia
Földet érés	Norvégia	Norvég-tenger					vízfelület
Veszélyeztetett KI	Norvégia	Jan Mayen-sziget	101 km	Honvédelem	Honvédelmi szempontból fontos rendszerek és létesítmények	NATO LORAN C rádiónavigációs hálózat állomása (2015-ig)	bazalt

6. Táblázat: A 2022 EB5 víztestbe érkezésének honvédelmi KI elemeket veszélyeztetető paraméterei, saját szerkesztés

2022. március 11-én az összességében ötödik (a magyarországi felfedezések közül az első) előrejelzett becsapódású, 2022 EB5 jelzetű kisbolygó Grönlandtól keletre, Izlandtól északra az Atlanti-óceánba peremtengerét jelentő Norvég-tengerbe zuhant. Mindez a norvég felségterületet is jelentő Jan Mayen-szigettől (6. Ábra) délre következett be [17]. A kisbolygó vélhetően szilikátos összetételű, a szenes kondrit meteoritokkal rokon, C-típusú; átmérője 5–6 m-es. Még a légkörben feldarabolódott, majd úgy zuhant a tengerbe [3].

Ennél az esetnél már konkrétan honvédelmi rendszerelemek sérülékenysége is napirendre került: a szigeten ugyanis 1959 és 2015 között a NATO LORAN C rádiónavigációs hálózatának egyik állomása üzemelt [7]. A tengerbe zuhanó test az ottani távolságokat figyelembe véve igen közel, 101 km-re [13] landolt a honvédelmi szempontból fontos rendszerek és létesítmények közé sorolt KI elemtől (6. Táblázat).

A külső erők jelentette kockázat mellett érdemes a sziget kapcsán szót ejteni a belső erők által kiváltott kockázatokról is. A Jan Mayen térségében igen jelentős a földrengés veszélyeztetettség. A LastQuake adatbázis csak ebben az évben (2025. május 18-ig) 29, a Richter-skála a szerinti 2,0 magnitúdónál erősebb földrengést listáz. A legjelentősebb, 6,5 erősségű fészekmélysége 10 km, epicentrumának koordinátái é. sz. 71,1895 ny. h. 8,0133 voltak [14]. Az itteni tűzhányó tevékenység kiváltó oka a forrópontos vulkanizmus. A Volcanoes of the World adatai szerint tűzhányója, a Beerenberg rétegvulkán utolsó kitörése 1985-ben zajlott [19].



6. Ábra: A 2022 EB5 által veszélyeztetett Jan Mayen-sziget ábrázolása egy 1967-es szovjet katonai térképen, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/R-29-IX-X-XI_200-K_1967_Jan_Mayen.jpg

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

Megállapítható, hogy az előre jelzett becsapódású (Pre-Impact Detection vagy Past Impactor) potenciálisan veszélyes (Potentially Hazardous Object, PHO) földközeli objektumok (Near-Earth Objects, NEO) felismerése, felfedezéseik és vizsgálatuk tekintetében a korábban nem lajstromozott, kisebb mérettartományba eső égitestestek megtalálására van mód és lehetőség. Detektálásuk, légkörbe lépésük, valamint esetleges földet/vízfelületet érésük azonban összességében alig néhány órányi időtartamú. A polgári és honvédelmi célú kritikus infrastruktúrákat becsapódásuk/hullásuk direkt módon is sújthat. A civil és katonai létfontosságú rendszerekre közelében landolva a földrajzi és földtani környezetet módosítva is képződhet kárterület. A KI elemek vonatkozásában ilyen típusú káreseményekre hazánkban – a felfedezésük tekintetében elért nemzetközi eredmények ellenére – nincs megfelelő törvényi szabályozás.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Antier, K., *Small asteroid to enter Earth atmosphere above Eastern Siberia in a few hours!*, IMO International Meteor Organization, 2024. [Online]. Elérhető: <https://www.imo.net/small-asteroid-to-enter-earth-atmosphere-above-eastern-siberia-in-a-few-hours/> [Hozzáférés: 2024.12.03.]
- [2] Barta V. et al., *Kozmikus hatások és kockázatok*, Budapest, Magyarország: Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, 2020, 47 p.
- [3] Geng, S. et al., Near-Earth object 2022 EB5: From atmospheric entry to physical properties and orbit, *Astronomy & Astrophysics*, 670, A27, 2023, 11 p.
- [4] Kereszty Zs., A magyar meteoritkereső expedíció által talált francia meteorit, *Planetology.hu*, 2023. [Online]. Elérhető: <https://planetology.hu/a-magyar-meteoritkereso-expedicio-altal-talalt-francia-meteorit/> [Letöltés: 2025.05.22.]

- [5] Kereszty Zs., Ribbeck – új németországi, aubrit meteoritot találtunk!, *Planetology.hu*, 2024. [Online]. Elérhető: <https://planetology.hu/ribbeck-uj-nemetorszagi-aubrit-meteoritot-talaltunk/> [Letöltés: 2025.05.22.]
- [6] Kiss L. és Sárneczky K., Egy sikeres meteorit-expedíció, *Meteor*, 40, 4, 2010, pp. 9–10.
- [7] *Loran Station Jan Mayen*, loran-history.info, 2024. [Online]. Elérhető: https://www.loran-history.info/jan_mayen/jan_mayen.htm [Hozzáférés: 2025.05.23.]
- [8] Putsay, M. et al., Meteorbecsapódás a meteorológiai műhold szemével, *Léggör*, 53, 4, 2008, pp. 9–11.
- [9] *The Global Risks Report 2025, 20th Edition, Insight Report*, Cologny/Geneva, Switzerland: World Economic Forum, 2025., 104 p.
- [10] *WISE's near-Earth asteroid survey*, The Planetary Society, 2013. [Online]. Elérhető: <https://www.planetary.org/space-images/wise-near-earth-asteroid> [Letöltés: 2025.05.18.]
- [11] Солдатов, С., *Олёкминск. Республика Саха (Якутия)*, Народная энциклопедия городов и регионов России „Мой Город”, 2025. [Online]. Elérhető: https://www.mojgorod.ru/r_saha/oljokminsk/index.html [Letöltés: 2025.04.06.]
- [12] *Discovery Statistics*, NASA JPL CNEOS Center for Near Earth Object Studies, 2025. [Online]. Elérhető: <https://cneos.jpl.nasa.gov/stats/totals.html> [Letöltés: 2025.05.21.]
- [13] *Google Earth Pro*, Google, 2025. [Letöltés: 2025.05.23.]
- [14] *LastQuake*, CSEM / EMSC Centre Sismologique Euro-Méditerranéen / Euro-Mediterranean Seismological Centre, 2025. [Online]. Elérhető: <https://m.emsc.eu/> [Letöltés: 2025.05.18.]
- [15] *Meteoritical Bulletin Database*, The Meteoritical Society, 2025. [Online]. Elérhető: <https://www.lpi.usra.edu/meteor/> [Letöltés: 2025.04.21.]
- [16] *MPC Database Search*, IAU MPC Minor Planet Center, 2025. [Online]. Elérhető: https://minorplanetcenter.net/db_search [Letöltés: 2025.05.22.]
- [17] *Past Impactors*, ESA NEOCC Near-Earth Object Coordination Centre, 2025. [Online]. Elérhető: <https://neo.ssa.esa.int/past-impactors> [Letöltés: 2025.05.21.]
- [18] *Pre-impact detections*, NASA JPL CNEOS Center for Near Earth Object Studies, 2025. [Online]. Elérhető: <https://cneos.jpl.nasa.gov/pi/> [Letöltés: 2025.05.21.]
- [19] *Volcanoes of the World*, SI NMNH Global Volcanism Program, 2025. [Online]. Elérhető: <https://volcano.si.edu/> [Letöltés: 2025.05.23.]
- [20] *2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről*. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200166.tv> [Letöltés: 2024.11.27.]
- [21] *65/2013. (III. 8.) Korm. rendelet a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről szóló 2012. évi CLXVI. törvény végrehajtásáról*. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1300065.KOR> [Letöltés: 2024.11.27.]
- [22] *359/2015. (XII.2.) Korm. rendelet a honvédelmi létfontosságú rendszerelemek azonosításáról, kijelöléséről és védelméről*. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A1500359.KOR> [Letöltés: 2024.11.27.]
- [23] *2024. évi LXXXIV. törvény a kritikus szervezetek ellenálló képességéről*. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A2400084.TV> [Letöltés: 2025.02.22.]

- [24] 474/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet a kritikus szervezetek ellenálló képességéről szóló törvény végrehajtásáról. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A2400474.KOR> [Letöltés: 2025.02.22.]
- [25] 475/2024. (XII. 31.) Korm. rendelet az ország védelme és biztonsága szempontjából jelentős szervezetek ellenálló képességéről. [Online]. Elérhető: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A2400475.KOR> [Letöltés: 2025.02.23.]