

A NEMZETKÖZI EGYÜTTMŰKÖDÉS JELENTŐSÉGE AZ ŰRTEVÉKENYSÉGBEN – MŰSZAKI ELEMZÉSEN KERESZTÜL BEMUTATVA

The Importance of International Cooperation in Space Activities
– Presented via a Technical Analysis

Horváth Attila¹

Absztrakt: A világűr a nemzetközi jog alapján az emberiség közös öröksége, így természetes, hogy még a nemzeti űrtevékenységi programokban is jelentős szerepet kap a nemzetközi együttműködés, két- vagy többoldalú kapcsolatok formájában. A legjelentősebb űrutazó nemzetek is így tesznek. Magyarország is bejelentette, hogy növelni kívánja űrtevékenységének intenzitását, és új, ambiciózus célokat tűzött ki. Jelen tanulmány arra kíván rávilágítani, hogy a technikai szakemberek munkássága ehhez önmagában nem elegendő, mert a természet törvényei maguk teszik szükségessé, hogy a sikert a nemzetközi kapcsolatok területén folytatott tevékenységgel is megalapozzuk.

Kulcsszavak: nemzetközi együttműködés, űrtevékenységek, Magyarország, Lengyelország, Spitzbergák-szerződés, Antarktisz

Abstract: According to international law, outer space is the common heritage of mankind. Therefore, it is natural that even within national space programs one can identify significant international cooperation in the form of bi- or multilateral relations. This can also be detected in the practice of the greatest space-faring nations. Hungary has also announced its plan on increasing the intensity of national space activities, and set new, ambitious

¹ Magyar Honvédség Modernizációs Intézet, Nemzeti Közszerzési Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola (hallgató), Debreceni Egyetem (címzetes docens). E-mail címe: attila@horvath.space
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9768-5357>

A szerző további munkásságát lásd a Magyar Tudományos Művek Tára oldalán: <https://m2.mtmt.hu/gui2/?type=authors&mode=browse&sel=10072657&view=simpleList>

goals. The aim of the paper is to shed light on the fact that the work of technology experts in itself is not enough to reach such goals, since by the very laws of Nature international relations will also be necessary to build the foundations of success.

Keywords: international cooperation, space activities, Hungary, Poland, Spitzbergen Treaty, Antarctica

BEVEZETÉS

Magyarország évtizedek óta műszakilag jelentős szerepet tölt be a nemzetközi űrtevékenységekben.² A rendszerváltás előtt megalapozott szaktudást sikerült átmenteni a kilencvenes-kétezres évek időszakára, majd a 2010-es években tovább fokozni. Mára három önálló magyar űreszköz, műhold is feljutott a világűrbe, amelyek a szakterület láthatóságát tovább fokozták a nem szakmai közösség körében is.

Az űrtevékenységeket a köztudat mindig is a tudomány és a technológia illetékességi területébe sorolta, ezért sokakban meglepődést keltett, amikor 2018-ban a terület kormányzati irányítása a Külgazdasági és Külügyminisztériumhoz került. Az elsőre meglepőnek tűnő döntés azonban egyáltalán nem indok nélküli: egyrészt a világűr a nemzetközi jog alapján az emberiség közös öröksége, vagyis elkerülhetetlen a nemzetközi együttműködés akkor, ha valamely nemzet itt akar tevékenykedni.³ De a kényszeren túl a nemzetközi együttműködés komoly szinergisztikus hatással is bír, mert más nemzetekkel együttműködve sokkal hatékonyabban és eredményesebben lehet az űrműveleteket végrehajtani – hiszen a Föld körüli tér globális kiterjedésű, viszont egyetlen földi nemzet sem rendelkezik azzal a képességgel, hogy egymaga mindenhol jelen legyen (még a legkiterjedtebb űrművelési eszközrendszerrel rendelkező Egyesült Államok is igénybe veszi más nemzetek földi létesítményeit űrrendszerei támogatásához).

A magyar űrambíciókat korábban soha nem látott szintre emelte a Külgazdasági és Külügyminisztérium vezetője, Szijjártó Péter, amikor az Európai Űrügynökség Space19+ konferenciáján bejelentette a közeljövő magyar űrtevékenységi irányait.⁴ Jelen cikk az itt megtett bejelentés tartalmára építve, egy műszaki elemzésen keresztül világít rá arra, hogy a

² KÁRPÁTI, 2019.

³ SARKADI, 2020.

⁴ KÜLGAZDASÁGI ÉS KÜLÜGYMINISZTERIUM, 2019.

sikeres nemzetközi kapcsolatépítés milyen komoly mértékben képes fokozni az űrműveleti technikai képességeket.

A cikk technikai tartalmának megértéséhez segítséget nyújtanak a <https://horvath.space/svalbard> honlapon megtalálható videók, amelyek a dinamikus szimulációkat mutatják be. Az űrtevékenységekben kevésbé járatos érdeklődő olvasóknak javasolt a <https://horvath.space/geomview-savi-intro/> oldal felkeresése is, ami bemutatja a SaVi szimulációs szoftver eredménytermékeit.

I. MŰSZAKI ÖSSZEFOGLALÓ

A békés célú űrtevékenységek egyik legismertebb formája a távérzékelés, vagyis a földfelszín és a légkör adatainak begyűjtése a világűrből. Számos polgári, biztonsági és katonai alkalmazása van, emiatt egyszerre piacépés és nemzetbiztonsági szempontból is jelentős tevékenységről van szó.

A legtöbb távérzékelő műhold alacsony Föld körüli pályán, a földfelszín felett néhány 100 km-es magasságban kering. A röppálya gyakran poláris, vagyis áthalad a sarkvidékek felett is. Ennek egyrészt az alkalmazásból eredő oka van (az Északi-sarkvidék egyre növekvő gazdasági és politikai jelentősége), másrészt az égimechanikai törvényszerűségek is közrejátszanak ebben: egy megfelelően beállított poláris röppálya napszinkron is lehet, vagyis az optikai távérzékelő műholdak mindig azonos megvilágítottság mellett tudják vizsgálni a felszínt, az aktív radaros távérzékelő műholdak pedig a nappalt az éjszakától elválasztó terminátorsíkra illesztett pályán haladva folyamatosan energiát tudnak termelni a napelemeikkel.⁵

A poláris napszinkron alacsony Föld körüli pálya hátránya azonban, hogy a műhold viszonylag rövid ideig, alkalmanként csak néhány percig tartózkodik az adatletöltő állomások antennáinak látókörében. Így a műhold hiába járja be az egész földkerekséget, csak annyi hasznos adatot tud szolgáltatni, amennyit a rövid idő alatt le lehet róla tölteni. A műhold üzemi állapotát is csak akkor lehet ellenőrizni, befolyásolni, illetve új mérési feladatprogramot feltölteni, amikor a földi állomás hatókörében tartózkodik. Minél közelebb van a földi állomás az Egyenlítőhöz, annál kevesebbszer tud

⁵ ESA, 2020.

kapcsolatot létesíteni a műholddal egy napon belül – és fordítva, minél közelebb van a sarkvidékekhez, annál többször.

Azonban az adatokat a műholdról nem elég letölteni, azokat el is kell juttatni oda, ahol fel tudják dolgozni, a hasznosítható termékeket, elemzéseket elő tudják állítani. Biztosítani kell tehát, hogy a letöltő földi állomás(ok) és a feldolgozó központ között jó távközlési kapcsolat legyen. Logikus megoldás a sarkvidékekre telepíteni a fentebb leírt okokból a letöltő állomásokat, de jellemzően ezeken a helyeken a megfelelő távközlési kapacitás nehezen biztosítható. A távolságot és a földi időjárás viszonyokat le tudja győzni a műholdas távközlés, de az Egyenlítő feletti geostacionárius pályán keringő távközlési műholdak⁶ által belátott terület a Föld görbülete miatt korlátozott. Ennélfogva meg kell találnunk azokat a legészakibb és legdélibb pontokat, ahol reálisan, a helyi adottságokat és lehetőségeket is figyelembe véve úgy tudjuk elhelyezni a letöltő állomásokat, hogy azok minél többször tudjanak kapcsolatot teremteni a távérzékelő műholddal, miközben még látják a távközlési műholdat is.

Jelen tanulmány készítése során abból indultam ki, hogy Magyarország, összhangban Sziijártó Péter miniszter sevillai bejelentésével, alacsony Föld körüli pályán keringő távérzékelő műholdakat (jelen vizsgálatban csak egy műhold szerepel, de a szám tetszőlegesen növelhető a rendszerarchitektúra változatlanul tartása mellett) és legalább egy geostacionárius pályán keringő távközlési műholdat tervez megvalósítani. Kizárólag Magyarország területén telepített letöltő földi állomás mellett a távérzékelő műhold képességei nem használhatóak ki optimálisan, ezért két további állomással terveztem, egyet az északi és egy másikkal a déli féltekén.

A távérzékelő műhold napszinkron poláris alacsony Föld körüli körpályán kering, pályamagassága 574 km, a pályasík hajlásszöge az Egyenlítő síkjához képest 97,7 fok. Ez csak egy példa, a műhold alacsonyabb pályára is helyezhető (a hajlásszöget ekkor kismértékben módosítani kell a napszinkronitás megtartásához). Alacsonyabb magasságból jobb felbontással lehet végrehajtani a távérzékelő feladatokat, de megnehezedik a kapcsolattartás a földi állomásokkal (kisebb a belátott terület átmérője). A távközlési műholdat a hasznosítás céljából Magyarország részére kijelölt 4 fok nyugati hosszúság felett elhelyezkedő geostacionárius pályaszakaszra helyeztem (jelenleg a hasznosítás bérbeadással történik, de nincs elméleti akadálya a közös hasznosításnak, két

⁶ CLARKE, 1945., 305-308.o.

műhold egy névleges pozícióban való üzemeltetésének, csak a gyakorlati koordinációt kell szakszerűen elvégezni).

Letöltő és vezérlő földi állomásként 4 helyszínt vettem számításba:

1. Magyarország (északi szélesség 47 fok, keleti hosszúság 19 fok⁷): a legegyszerűbben kivitelezhető, de a négy közül a legrosszabb kapcsolat-tartási lehetőséget biztosítja.

2. *Polish Polar Station*, Svalbard-szigetek (északi szélesség 77 fok, keleti hosszúság 15 fok 33 perc⁸): a nemzetközi jog alapján elvileg lehetséges, többoldalú megállapodásban kell szabályozni a részleteket.

3. *Henryk Arctowski Polish Antarctic Station*, György király sziget (déli szélesség 62 fok 10 perc, nyugati hosszúság 58 fok 28 perc) vagy

4. *Troll Station*, Maud Királynő föld (déli szélesség 72 fok, keleti hosszúság 2 fok 32 perc): a nemzetközi jog alapján elvileg lehetséges, kétoldalú megállapodásban kell szabályozni a részleteket.

II. EGY LETÖLTŐ-VEZÉRLŐ ÁLLOMÁS ÁLTALÁNOS BEMUTATÁSA

Figyelemmel a kor adta technikai lehetőségekre, a sarkvidékekre kihelyezett letöltő-vezérlő állomások felügyelet nélkül, távvezérléssel és autonóm üzemmel kialakíthatók. Ez a távüzemeltetés a magyarországi vezérlőállomásról történik. Így a helyszínen üzemeltető állománynak nem kell tartózkodnia, csak az időszakos karbantartások és az esetleges javítások idejére kell ott megjelenni. Azért, hogy a meghibásodások esetén a javítás ne jelentsen időkényszert, észszerű tartalékolással kell az állomásokat megtervezni és kivitelezni. Továbbá ebből a szempontból fontos az is, hogy bármely letöltő-vezérlő állomás kiesése esetén a távérzékelő műhold nem válik használhatatlanná, hiszen a többi állomás képes fenntartani a kapcsolatot, csak a letöltési kapacitás csökken. Emiatt is fontos, hogy minél több, és a sarkvidéki állomások esetén északi és déli helyszín is legyen, mert az évszakok szembenállása lehetővé teszi a karbantartások megfelelő ütemezését és a szélsőséges időjárás okozta károsodások is várhatóan időben eltoltan jelentkeznek.

Egy állomás alapvetően négy alrendszerre bontható:

1. Távérzékelő műhold követő antennarendszer: ez tartja a kapcsolatot az alacsony Föld körüli pályán keringő távérzékelő műhoddal,

⁷ Ez a koordinátapár csak jelképes, mert az állomás pontos helyszíne a szimuláció szempontjából nem fontos.

⁸ Ez és a további koordinátapárok pontosak, mert az állomások helyszíne ismert.

biztosítja az adatok letöltését és a távparancsok felsugárzását. Egy műhold esetében is legalább két antenna létesítendő, mert a követő mechanika érzékeny a meghibásodásra, több műhold esetén az áthaladási idők függvényében határozható meg, hogy kell-e több antenna.

2. Távközlési műhold antenna: ez tartja a kapcsolatot a geostacionárius pályán keringő távközlési műhoddal, biztosítja, hogy a letöltött adatok eljussanak Magyarországra, a távparancsok pedig Magyarországról az állomásra. Ez az antenna nem követő, nem motorizált, hanem állandóan a műhold irányába állított (a geostacionárius műholdnak csak minimális a relatív elmozdulása az állomáshoz képest, ezért egy megfelelően megválasztott antenna mindig a látószögében tudja azt). Emiatt a meghibásodási lehetőségek jelentősen kisebbek.

3. Antennavezérlő és adattároló rendszer: ez a számítógép tárolja a távérzékelő műhold aktuális (folyamatosan frissített) pályaparamétereit, így tudja kiszámítani, mikor merre látható a műhold, és beállítani az antennát a kívánt irányba, így követve azt. Amennyiben megszakadna a kapcsolat Magyarországgal, akkor is lehetséges a műhold követése a legutóbbi tárolt pályaparamétersor alapján, illetve megfelelően felszerelt állomás maga is képes követésbe venni a műholdat még akkor is, ha a pályaparamétersor nem teljesen aktuális. Az adattároló rendszer tárolja a távparancsokat addig, amíg azt a műholdra fel nem tudja sugározni, illetve tárolja a letöltött adatokat azok sikeres átviteléig.

4. Támogató és kiszolgáló infrastruktúra: ez magába foglalja az antennákat az időjárás hatásaitól védő gömb-burkolatokat (radomokat), illetve a számítógéprendszert befogadó építményt (célszerűen egy, az időjárási hatásoknak ellenállni képes acélkonténert vagy hasonló, előre összeszerelt struktúrát), energiaellátó rendszert, összekötő kábeleket és megfigyelő kamera-szenzor rendszert.

A konkrét építészeti kialakításban szükséges lesz igénybe venni a bázisok jelenlegi üzemeltetőinek szakmai segítségét, mert a sarkvidéki építkezés módszerei esetenként jelentősen eltérnek a mérsékelt égövben megszokottaktól.

III. AZ ÉSZAKI FÉLTEKE: SVALBARD-SZIGETEK

A ma Svalbard-szigeteknek nevezett területet a holland Willem Barentsz fedezte fel 1596-ban, és nevezte el Spitzbergáknak. Először 1629-ben szálltak itt partra az angolok, majd két és fél évszázadon át angol, dán,

holland, norvég, orosz és francia bálna-, rozmár, jegesmedve- és sarkiróka-vadászok építettek először nyári táborokat, majd egész évben használható bázisokat. A XIX. század végén jellemzővé vált a turizmus, és megkezdődött a szénbányászat, ekkor már amerikai részvétellel is. A szigetcsoport azonban terra nullius volt a nemzetközi jog szempontjából, mivel habár több ország is hasznosította gazdaságilag, egyik sem gyakorolt felette felségjogot, és a szigetnek őslakossága sem volt. A XX. század elején tárgyalások kezdődtek a felségjog kérdéséről, Oroszország és Norvégia egyaránt saját területeként kívánta elismertetni azt.⁹

Az első világháború megszakította a tárgyalásokat, viszont a Párizs környéki béketárgyalásokhoz kapcsolódóan végre sor került a jogi státusz rendezésére is. A Spitzbergák-szerződés¹⁰ (a szigetcsoport eredeti neve került a szerződés címébe) alapján 1925. augusztus 14. óta Norvégia gyakorol felségjogot a terület felett, a szigetcsoport nevét is akkor változtatták meg. Azonban a szuverenitása korlátozott (például az adókiivetés szempontjából), és a szerződés minden részes fele jogosult a szigetek gazdasági hasznosítására egyenlő joggal, miközben a katonai bázis létesítése univerzálisan tilos. Az eredeti szerződő felek az Egyesült Államok, az Egyesült Királyság, Dánia, Franciaország, Olaszország, Japán, Norvégia, Hollandia és Svédország voltak (Oroszország velük egyenlő jogokat kapott a szerződés értelmében addig, amíg egy elismert orosz kormányzat hivatalosan csatlakozni nem tud a szerződéshez). A szerződés nyitva állt további államok csatlakozására. Magyarország 1927. október 29-én, míg Lengyelország 1931. szeptember 2-án csatlakozott.¹¹ A szerződésből eredő gazdasági hasznosítási jogokat jelenleg Norvégia és Oroszország gyakorolja. Tudományos kutatást például Kína és Lengyelország végez.

Jelen cikk szempontjából fontos jelentőséggel bír:

- a szerződés 3. cikke, amely meghatározza a részes feleknek, hogy „a helyi törvények és szabályozásoknak való megfelelés mellett, korlátozás nélkül folytathatnak minden tengerészeti, ipari, bányászati és kereskedelmi tevékenységet”; és

- a szerződés 5. cikke, amely meghatározza a részes feleknek, hogy „a tulajdonosok szabadon telepíthetnek vezeték nélküli távíró létesítményeket, amelyek szabadon kommunikálhatnak saját magánügyeikben az állandó helyre telepített vagy mozgó állomásokkal” (a szerző fordításai).

⁹ SVALBARD, 2013.

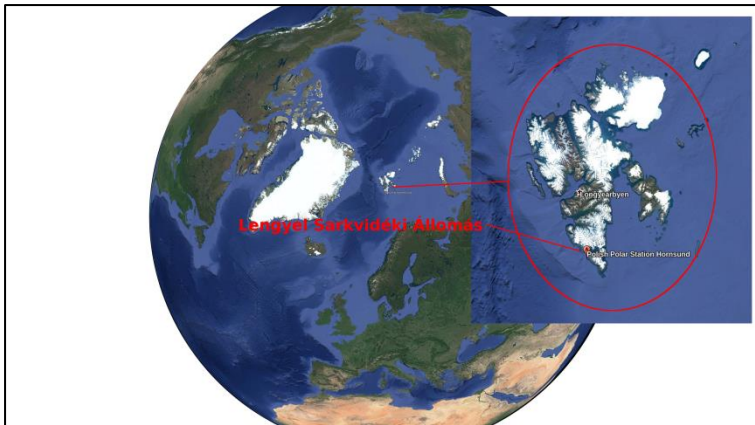
¹⁰ TREATY OF SPITSBERGEN, 1920.

¹¹ TREATY DATABASE

Tudományos tevékenység céljára Norvégia saját szuverén joghatóságában ad engedélyt. Ez alapján létesített kutatóállomásokat Lengyelország és Kína.

Lengyelország, amellyel Magyarország közismerten kiemelten jó politikai, gazdasági és tudományos kapcsolatokat ápol, V4 szövetségesünk, Hornsund fjord bejáratánál a tengerparton üzemelteti a Lengyel Sarkvidéki Állomást (angol elnevezés: *Polish Polar Station*). Az Állomás 1957-ben nyári táborként létesült, 1978-tól kezdve azonban egész éves tartózkodásra alkalmas. Az ott dolgozó tudósok geoinformációs és meteorológiai kutatómunkát folytatnak.¹²

A Svalbard-szigetek időjárása ugyan sarkvidéki, de az Atlanti-óceán áramlatai moderálják. Szélsőséges hideg előfordulhat, télen akár -40 fok alatti hőmérséklet is, de nem gyakori, a téli hónapok átlaghőmérséklete -10 fok körül alakul, míg a nyári hónapoké +5 fok körül. A csapadék éves átlagban fele a magyarországinak, a szél csak a legritkább esetben haladja meg a 22 csomót (kb. 40 km/h-t).



1. sz. ábra: A Lengyel Sarkvidéki Állomás a Svalbard-szigeteken.
Forrás: Google Earth, saját szerkesztés

Figyelemmel arra, hogy mind Magyarország, mind Lengyelország részes fele a Spitzbergák-szerződésnek, és a Lengyel Sarkvidéki Állomás rendelkezik egy akár áttelelést is támogató alpinfrastruktúrával, célszerű,

¹²THE STATION'S HISTORY

hogy ez a helyszín kerüljön kiválasztásra az Északi-sarkvidéki letöltő-vezérlő állomásként. A nemzetközi jog erre a Spitzbergák-szerződés alapján általánosan, mint láttuk, lehetőséget ad. Egy kétoldalú megállapodás szükséges természetesen Lengyelországgal a Lengyel Sarkvidéki Állomás használatáról, és a felségjog gyakorlójaként Norvégiával is. Figyelemmel arra, hogy állandó üzemeltető állomány nem szükséges, csak alkalmanként kell ott személyesen megjelenni, ami célszerűen összeköthető a lengyel kutatóállomány mozgásával.

IV. A DÉLI FÉLTEKE: ANTARKTISZ

A déli félteke földrajzilag nagyon eltér az északitól. A kontinensek legdélebbi részei (az Antarktiszot nem számítva) jellemzően közelebb vannak az Egyenlítőhöz, mint az északi félteke kontinenseinek északi részei. Dél-Amerika legdélebbi pontja körülbelül olyan távolságban van az Egyenlítőtől, mint Kopenhága vagy Glasgow. Az 55 fok földrajzi szélesség nem elegendő ahhoz, hogy érdemi műhold-láthatósági előnyt realizáljunk Magyarországhoz képest, vagyis egy ide telepített állomás gyakorlatilag csak megkészszerzné a magyarországi látásidőt (ez sem lenne elhanyagolható), de van ennél jobb lehetőség is.

A Déli-sarkvidék szárazföld, ellentétben az északival. Az Antarktiszhoz azonban nincs olyan nemzetközi jog alapján biztosított hozzáférése Magyarországnak, mint Svalbardhoz. Az Antarktisz nemzetközi jogi státuszát egy másik nemzetközi szerződésrendszer szabályozza.¹³ Magyarország 1984. január 27-én csatlakozott¹⁴ az Antarktisz-szerződéshez, és aláírta (de nem ratifikálta) a szerződéshez kapcsolódó Környezetvédelmi Protokollt is.¹⁵ Az Antarktisz-szerződésrendszer megnyitja a lehetőséget a nemzetközi tudományos hasznosításra. A kereskedelmi hasznosításról a szerződésrendszer nem rendelkezik, de példát találhatunk rá. A szerződésrendszer tanulmányozásából az látható, hogy amennyiben a tevékenység nem katonai, nem atomenergetikai és nem környezetszennyező, akkor lehetséges.

Figyelemmel arra, hogy a svalbardi állomás kiemelkedően fontos jelentőségű a sikeres távérzékelő műhold üzemeltetés szempontjából (ennek műszaki okai a következő részben lesznek olvashatók) és ott két

¹³ THE ANTARCTIC TREATY, 1959.

¹⁴ LIST OF PARTIES

¹⁵ PROTOCOL ON ENVIRONMENTAL PROTECTION, 1991.

partnerországgal, Lengyelországgal és Norvégiával szükséges kapcsolatot tartani, logikusan következik, hogy az Antarktison is őket keressük. Így jutottam el a György király szigeten található, lengyel üzemeltetésű Henryk Arctowski Lengyel Antarktisi Állomáshoz (angol elnevezés: *Polish Antarctic Station*) és a norvég üzemeltetésű, a Maud Királynő földön található Troll Állomáshoz (Troll Station). Mindkét helyszín látható a geostacionárius pályáról. Távobabb van az Egyenlítőtől, mint a dél-amerikai szárazföldi területek vagy a dél-atlanti szigetek, ezáltal több lehetőséget nyújtanak a távérzékelő műholddal való kapcsolattartásra.

A Lengyel Antarktisi Állomás az Dél-Amerika felé kinyúló Antarktisi-félsziget folytatásában található Déli-Shetland-szigetek legnagyobb tagján, a György király szigeten létesült. A szigetet 1819-ben fedezte fel a brit William Smith, bár korábbi feltételezett felfedezések is megtörténhettek. Smith 1819. október 16-án partra is szállt a György király szigeten és brit felségterületnek jelentette ki. Jelenleg az Egyesült Királyság, Argentína és Chile is saját felségterületének tekinti, de az Antarktisz-szerződés értelmében ezek az igények nyugszanak. A lengyel kutatóállomást 1977-ben nyitották meg, és a földrész egyik legkönnyebben elérhető, ezáltal egyik leglátogatottabb kutatóhelye. Egész évben üzemel. A geoinformációs tudományok mellett tengerbiológiával és környezettudományokkal foglalkoznak.¹⁶

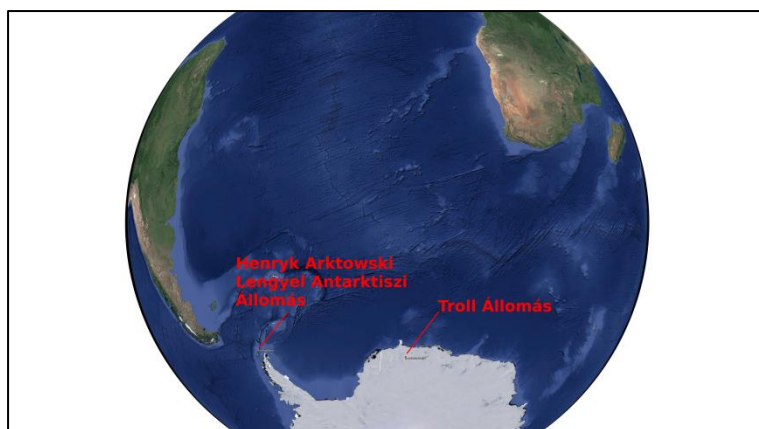
Az állomás időjárása hasonló a Svalbardon leírthoz, szintén az óceánáramlatok kiegyenlítő hatása miatt. Az éves csapadékmennyiség hasonló a magyarországihoz, de a hideg miatt az eső mellett jelentős arányú a ködszitalás és a hó. A szélső sebesség minden hónapban meghaladhatja az 50 km/h-t, és a nyarat kivéve minden hónapban a 60 km/h-t is.

A Maud királynő földet 1820. január 27-én pillantotta meg az orosz Fabian von Bellingshausen sorhajókapitány. A terület felderítését és hasznosítását azonban a norvégok kezdték meg a XIX. század végén, és végül 1939. január 14-én királyi határozattal norvég felségterületté nyilvánították. Az Antarktisz-szerződés értelmében ez az igény is nyugszik. A Troll Állomást 1990-ben nyitotta meg Norvégia nyári táborként, és 2005-ben bővítették ki egész évben használhatóra. A Jutulsessen sziklakiálláson található, a környékbeli más állomásoktól eltérően nem jégfelszínen, hanem szilárd kőzetalapon épült. A tengerparttól több mint 200 km-re fekszik, így hajóval közvetlenül nem érhető el, viszont közvetlenül mellett található a

¹⁶ HISTORY OF THE FOUNDING

Troll Repülőtér, ami 3 km hosszú gleccserjégpályával rendelkezik, és nagy hatótávolságú teherszállító repülőgépek (Il-76, C-130) fogadására alkalmas.¹⁷

Az állomás időjárása jelentősen hidegebb, mint az eddig leírtak. A hőmérséklet gyakorlatilag egész évben fagypont alatti, a téli hónapokban a -20 fok alatti hőmérséklet mindennapos, a legmelegebb napok is -10 fok alattiak, a leghidegebbeken -50 fokig süllyed a hőmérséklet. A nyári hónapokban is -5 fokig emelkedik csak a hőmérséklet. A csapadék évente 200 mm-nél kevesebb, viszont a szél általában 30 km/h-nál erősebb, és minden hónapban vannak napok, amikor meghaladja a 60 km/h-t, a maximum akár 200 km/h felett is lehet.



2. sz. ábra: Az antarktisz állomáshelyszínek. Forrás Google Earth, saját szerkesztés.

V. A MŰHOLDOK LÁTHATÓSÁGA A JAVASOLT ÁLLOMÁSHELYSZÍNEKRŐL, RENDSZERFELÉPÍTÉS MEGHATÁROZÁSA

A helyszínek kiválasztásánál két, egymásnak ellentmondó követelménynek kell megfelelni: az Egyenlítőtől távolodva az alacsony Föld körüli pályán keringő távérzékelő műhold láthatósága javul, míg a geostacionárius pályán keringő távközlési műhold láthatósága romlik.

¹⁷TROLL – THE NORWEGIAN RESEARCH STATION IN ANTARCTICA

A távközlési műhold a földfelszín egy adott pontjáról nézve gyakorlatilag állni látszik, mert szinkronban mozog a Földdel. Emiatt a láthatóság jellemzőit két paraméterrel, a horizont feletti kilátási magassági szöggel (eleváció) és az északhoz viszonyított iránnyal (azimut) adjuk meg. A láthatóság az egyes állomáshelyszínekről (és Magyarországról) az alábbi táblázatban olvasható:

Földi állomás	Észak	Kelet	Kilátási magassági szög	Kilátási irány
Magyarország	47 fok	19 fok	31,5 fok	210 fok
Svalbard Polish Polar Station	77 fok	15 fok 33 perc	3,8 fok	200 fok
Henryk Arctowski Polish Antarctic Station	-62 fok 10 perc	-58 fok 28 perc	7,3 fok	57,8 fok
Troll Research Station	-72 fok	2 fok 32 perc	9,4 fok	353,2 fok

1. számú táblázat: Kilátás a távközlési műholdra a megjelölt lehetséges állomáshelyszínekről (saját szerkesztés)

Az általános műholdas távközlési gyakorlatban az 5 fok alatti kilátási szöveget használhatatlannak tekintik, ennek egyrészt rádiós terjedési okai vannak, másrészt a telepítési hely kiválasztása is nehéz a horizont fölé nyúló akadályok miatt. Speciális alkalmazás esetén, mint amiről a jelen cikk is szól, ezek a korlátok átléphetők, és műszakilag lehetséges még Svalbardról is a műholdra való kilátás. A déli félteke helyszíneiről pedig még az általános elvek szerint is lehetséges a telepítés végrehajtása. Ugyan az Arctowski Állomás északabbra található, mint a Troll, de egyben jelentősen nyugatabbra is, így a kilátási szög mégis alacsonyabb.

A távérzékelő műholdunk viszont folyamatosan elmozdul a földfelszíni megfigyelési ponthoz képest, naponta tizenötször kerül meg a Földet. Amennyiben pályája átvezet a földi állomás látószögén (ez nem minden keringés során valósul meg, mint látni fogjuk), akkor felkel a horizont fölé,

emelkedik, eléri áthaladásának legmagasabb pontját, majd lenyugszik, mindezt néhány perc alatt. Az antennának eközben végig mozognia kell, a folyamatosan kiszámított irányba fordulva követve a műholdat. A dinamikus szimulációkat bemutató honlapon látható egy tipikus áthaladás képe, a műhold pályáját a felkeléstől a lenyugvásig ábrázolva. A szimuláció 20 másodperces lépésekben készült, és bemutatásra kerül a teljes pályáiv egyben, majd pedig az elmozdulás valós időben és hússzoros gyorsításban is.

A távérzékelő műhold pályáját modellezve meghatározható az egyes földi állomás helyszínekről a műhold felkelési és lenyugvási ideje. A vizsgálat során a műhold felkelésének azt tekintettem, amikor a horizont fölé legalább 8 fokkal felemelkedik, és a lenyugvás időpontja az, amikor ez alá a határ alá süllyed. Voltak a szimuláció során olyan áthaladások, amelyek során a műhold a horizont fölé emelkedett, de a 8 fokos határt nem lépte át. Ilyenkor a kommunikáció megkísérrelhető és valószínűleg egy rövid időre sikeres is lehet, de a terepakadályok benyúlása ekkor már jelentős takarást eredményezhet. Ezeket az áthaladásokat nem vettem figyelembe.

A vizsgálat megmutatja, hogy Magyarországról a legrosszabb a távérzékelő műhold láthatósága a vizsgált helyszínek közül. Ez várható volt, hiszen Magyarország van a legközelebb az Egyenlítőhöz (emiat volt olyan magas a kilátási szög az első táblázatban). A napi összesített láthatósági idő mindössze 29 perc, és a műhoddal 4 alkalommal lehet kommunikálni.

A Lengyel Sarki Állomás található a legközelebb a sarkponthoz, ebből eredően a láthatóság itt a legjobb. 11 alkalommal lehetséges a kapcsolattartás a műhoddal, összesen 81 perc 20¹⁸ másodpercen át.

A déli félteke helyszínei közül az Arctowski Állomás 8 kommunikációs alkalmat biztosít, 47 perc összidővel. Látható, hogy a kisebb földrajzi szélesség egyrészt a kommunikációs alkalmak számát, másrészt azok alkalmankénti hosszát is csökkenti.

A Troll Állomás, amely a földrajzi szélesség abszolút értéke szempontjából a két lengyel állomás között található, a kapcsolattartásban is középértéket mutat. 10 kapcsolattartási ablakot találunk a szimuláció alapján, összesen 72 perc 20 másodperc időtartamban.

¹⁸ A szimuláció 20 másodperces időlépésekkel készült, ezért minden időtartam 20 másodpercre van lefelé kerekítve.

Az összes (a 8 fokos emelkedési kritériumnak megfelelő) áthaladást tartalmazó táblázat megtekinthető a <https://horvath.space/svalbard/> honlapon.

A fentiek alapján látható, hogy az alapértelmezetten létesítendő magyarországi helyszín mellett Svalbard semmiképpen nem nélkülözhető, a legnagyobb kapacitást biztosító állomáshelyszín lehet. Emellett a nemzetközi jogi státusza egyértelmű, és Magyarország nemzetközi megítélése szempontjából is komoly üzenettel bírna, hogy egy nemzetközi szerződésben biztosított jogot Magyarország ténylegesen ki is használ.

A déli félteke helyszínei közötti választás összetettebb. Az Arctowski Állomás időjárása enyhébb, viszont a műholddal való kapcsolattartás csak ritkábban és rövidebb időre lehetséges. A Troll Állomás hajóval közvetlenül nem érhető el (a tengerparti jégkikötőkben való partra szállást követően szárazföldön lehet eljutni az állomásra), viszont teherszállító repülőgéppel igen (és Magyarországnak szándéka nagy hatótávolságú teherszállító repülőgépeket vásárolni a Magyar Honvédség részére).¹⁹ Időjárása nagyobb kihívásokat jelent, de a műholdlátása jobb.

A két helyszín közül javaslatom az Arctowski Állomásra esik. Az időjárás nagyban befolyásolja az állomás kiépítésének és üzemeltetésének erőforrásigényét, és ebből a szempontból ez a helyszín előnyösebb. Továbbá, a Troll Állomáson a *Kongsberg Satellite Services AS* már üzemeltet egy hasonló célú kereskedelmi műhold-kommunikációs állomást. Elképzelhető, hogy a magyar állomásra versenytársként, nem pedig potenciális partnerként (tartalékképzésként) tekintenének. A lengyel helyszínen ennek a valószínűsége kisebb, sőt, a magyar telepítés a lengyel űrambíciók támogatásában is hasznosítható lehet a jövőben (ugyanaz igaz a svalbardi együttműködésre is). Mindezekon felül a távközlési állomás alkalmas magának a kutatóállomásnak a támogatására is, nagy sebességű kommunikációs kapcsolatot biztosítva (ez a svalbardi állomásra is igaz).

A 3 állomás tehát egy nap alatt összesen 23 kapcsolatfelvételi lehetőséget biztosít a távérzékelő műholddal, összesen 9440 másodperc (2 óra 37 perc 20 másodperc) aktív kommunikációs idővel. Ez a nap hosszának 11%-a. A napot lefedő „órarend”, vagyis az egymást követő kommunikációs időablakokat összefoglaló táblázat megtalálható a dinamikus szimulációkat bemutató honlapon (<https://horvath.space/svalbard/>).

¹⁹ Az Antarktisz-szerződés megtiltja a kontinens katonai célú használatát, azonban engedélyezi a polgári tevékenységek támogatását a haderők állományával és eszközeivel.

A több letöltőállomás használata nem csak azért fontos, hogy az összes kommunikációs idő növekedjen. Hasonlóképpen jelentős az a hatás, hogy nem kell olyan hosszú ideig várni az adat megszerzése (a műholdon való rögzítés) és letöltése között. Ha csak Magyarországon töltenénk le az adatokat, a legrosszabb esetben több mint 10 óra telne el két kommunikációs ablak között. Ezzel szemben a komplex rendszerben a leghosszabb idő hozzávetőlegesen két és fél óra, és a nap nagyobb részében 1 óra alatti a két egymást követő letöltési lehetőség közötti várakozási idő.

KONKLÚZIÓ

A cikk egy szakmai, technikai elemzésen keresztül tett kísérletet arra, hogy rámutasson: helyes volt a 2018-as választást követően az a döntés, amely az űrtevékenységek politikai központját a Külgazdasági és Külügyminisztériumba helyezte. Jelenleg Magyarországon minden feltétel adott egy produktív kormányzati űrprogram lefolytatásához, a nemzetgazdasági szereplők, a tudományos szféra együttműködésével, a kormányzat koordinálásában. Három magyar műhold járt-jár az űrben, és még több űreszköz részegységeit fejlesztették, gyártották, és gyártják jelenleg is magyarok. Megvannak a képességeink, szervezeteink az űr-távérzékeléssel keletkezett adatok feldolgozására, hasznosítására is.

Egyértelmű és megkerülhetetlen szűk keresztmetszet persze a világűrbe való eljutás, a hordozórakétákhoz való hozzáférés. Ez viszont kereskedelmi aktusokon keresztül megoldható, és egy műhold életében egyszeri alkalommal van rá szükség, így ezt a problémát viszonylag könnyű kezelni – számos rakétaszolgáltató tevékenykedik a piacon.

Sokkal fontosabb a folyamatos üzemeltetés és a hasznosítható adatok megszerzése, ami a műhold teljes élettartama alatt állandó feladat. Láthattuk, hogy a természet, az égimechanika törvényei által szabott korlátok miatt Magyarország területéről csak nagyon rossz határfokkal lehet egy műholdat üzemeltetni – miközben az bejárja az egész földkerekséget, hazánkból mindössze az idő 2%-ában látható. Hiába szerzi meg a műhold az adatokat a fedélzeti szenzoráival, azok letöltésére aránytalanul kevés időt tudunk itthonról biztosítani.

A nemzetközi jog és a jó, erős nemzetközi kapcsolatok azok, amelyek segítségével megkaphatjuk a lehetőséget a hatékonyabb üzemeltetéshez, ötszörösére növelve az adatátvitel időtartamát, ahogyan ezt a modellezés eredményei mutatják: két külföldi állomás, amelyek létesítésének alapját

nemzetközi szerződések adják, a konkrét helyszínekhez való hozzáférést pedig az, hogy olyan ország, a jelen elemzésben Lengyelország kezelésében vannak, amelyhez a közös történelmi múlton kívül számos mai, aktív szövetségi kapcsolat is fűz: együtt vagyunk az Európai Unióban, az Észak-Atlanti Szerződés Szervezetében és a Visegrádi Négyek csoportjában. Ezeket a jó kapcsolatokat a diplomácia és a nemzetközi együttműködés szakemberei biztosítják.

Ez az a megalapozó érték, amelyet a mérnöki, űrművelési szakmák képviselői magukban nem tudnak biztosítani, és ami nélkül a mi szaktudásunk nem tud kiteljesedni. A magyar űrtevékenység irányjai, annak stratégiája jelenleg kidolgozás alatt áll. Megítélésem szerint ma Magyarországon minden rendelkezésre áll, ami egy sikeres, produktív nemzeti űrprogramhoz elvileg szükséges: tudás, tapasztalat, aktív gyártó vállalkozások és kutatóhelyek, egyre kiterjedtebb oktatási programok. A földrajzi adottságokon azonban önerőből nem tudunk változtatni. Ez erős korlát, ezért már jó időben szükséges felkutatni azokat a potenciális partnereket, akiknél rendelkezésre állnak a megfelelő, a mi hatékonyságunkat növelni képes telepítési lehetőségek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- CLARKE, ARTHUR C. (1945): Extra-terrestrial relays, *Wireless World*, 1945. október Elérhető:
<https://web.archive.org/web/20090318000548/http://www.clarkefoundation.org/docs/ClarkeWirelessWorldArticle.pdf> (Letöltve 2020.03.21.)
- ESA: Polar and Sun-Synchronous Orbit (2020) Elérhető:
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/03/Polar_and_Sun-synchronous_orbit (Letöltve 2020. 03.28.)
- HISTORY OF THE FOUNDING OF THE STATION Elérhető:
<http://arctowski.aq/en/station-history/> (Letöltve 2020.02.23.)
- KÁRPÁTI ANDRÁS (2019): Kedvező feltételekkel vehetünk részt a nemzetközi űrprogramban (interjú Dr. Ferencz Orsolya miniszteri biztossal) Elérhető: <https://magyarnemzet.hu/belfold/kedvezo-feltetelekkel-vehetunk-reszt-a-nemzetkozi-urprogramban-7591457/> (Letöltve: 2020.04.02.)
- KÜLGAZDASÁGI ÉS KÜLÜGYMINISZTERIUM: Magyarország 2024-ben űrhajóst kíván küldeni az űrbe (2019) Elérhető:
<https://www.kormany.hu/hu/kulgaszdasagi-es->

[kulugyminiszterium/hirek/magyarország-2024-ben-urhajost-kivan-kuldeni-az-urbe](#) (Letöltve 2020.04.02.)

LIST OF PARTIES Elérhető: <https://www.ats.aq/devAS/Parties?lang=e>
(Letöltve 2020.03.23.)

PROTOCOL ON ENVIRONMENTAL PROTECTION TO THE ANTARCTIC TREATY (1991) Elérhető: https://documents.ats.aq/recatt/Att006_e.pdf
(Letöltve 2020.03.23.)

SARKADI-ILLYÉS CSABA – NÉMETH MÁRTON (2020): Miért kell magyar úrhajós? - Interjú Ferencz Orsolya miniszteri biztossal Elérhető: https://alfahir.hu/2020/01/08/ferencz_orsolya_urkutatas_magyar_urhajos_kulgazdasagi_es_kulugyminiszterium_nemzetkozi (Letöltve 2020.04.02.)

SVALBARD – HISTORY AND SIGNIFICANCE (2013). Elérhető: <https://www.barentswatch.no/en/articles/Svalbard--history-and-significance/> (Letöltve: 2020.03.25.)

THE ANTARCTIC TREATY (1959) Elérhető: https://documents.ats.aq/ats/treaty_original.pdf (Letöltve 2020.03.23.)

THE STATION'S HISTORY – HORNSUND POLSKA STACJA POLARNA Elérhető: <https://hornsund.igf.edu.pl/about-the-station/the-stations-history/>
(Letöltve 2020.03.22.)

TREATY OF 9 FEBRUARY 1920 RELATING TO SPITSBERGEN (Svalbard) Elérhető: <https://app.uio.no/ub/ujur/oversatte-lover/data/lov-19250717-011-eng.pdf> (Letöltve: 2020.02.19.)

TREATY DATABASE: Treaty concerning the Archipelago of Spitsbergen, including Bear Island Elérhető: <https://verdragenbank.overheid.nl/en/Verdrag/Details/004293>
(Letöltve: 2020.02.19.)

TROLL – THE NORWEGIAN RESEARCH STATION IN ANTARCTICA. Elérhető: <https://www.npolar.no/en/troll/> (Letöltve: 2020. 03.05.)