

Horváth Attila*

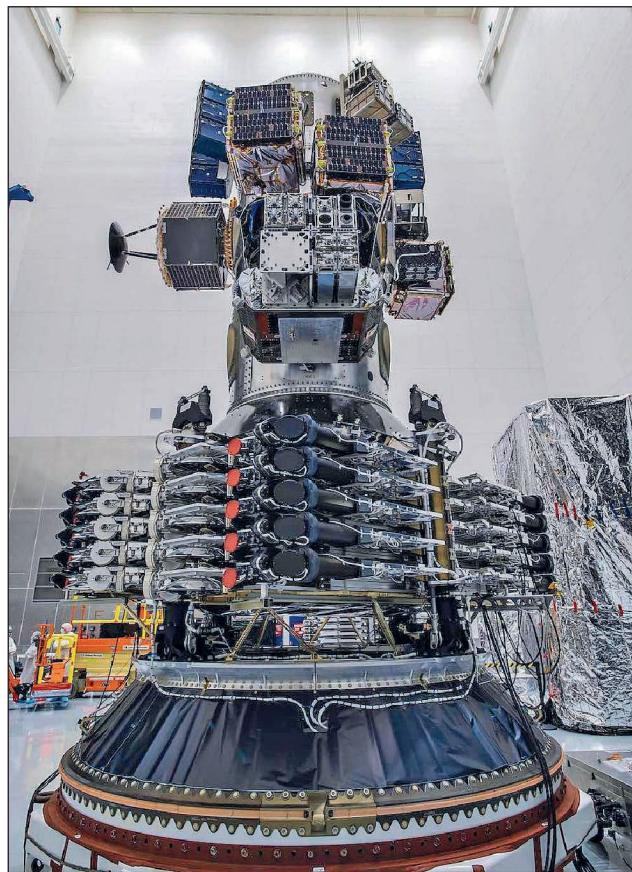
Nanoműholdak alkalmazhatósága védelmi és biztonsági célú űrműveletekben II. rész

A 2010-es években kirobbant „új űrkorszak” minden korábbinál könnyebbé tette az űrendszerekhez, űrszolgáltatásokhoz történő hozzáférést és ennek nyomán egy produktív iparág alakult ki. A korábban technikai érdekességnek tekintett nano- és mikroműholdakból ma már évente több száz indul a világűrbe, hogy ott érdemi üzleti tevékenységeket támogasson. Mára ezek a miniatürizált űreszközök megjelentek a legnagyobb űrhatalmak katonai rendszereiben is. A tanulmány első részében a szerző áttekintette a mikro- és nanoműholdak technikai jellemzőit, felépítését, a lehetséges hasznos terheket.

NANOMŰHOLD-HORDOZÓRAKÉTÁK

A nanoűr-ökoszisztéma teljessé tételéhez még egy elem, a megfelelően kis méretű hordozórakéta hiányzik. Ez a hiány várhatóan még néhány évig fenn is marad. A klasszikus űrtevékenység korszakában a tervezők célja a rakéták méretének növelése volt annak érdekében, hogy egyre nagyobb terhet tudjanak felemelni. A newspace miniatürizált űreszközei jelenleg azonban éppen azzal küzdenek, hogy minden elérhető rakéta túl nagy, emiatt túl drága (illetve kinematikailag minden rakétának van egy minimális hasznos terhe, amely nélkül nem működik megfelelően). A jelenleg piacon lévő kis méretű hordozórakéták minimális hasznos terhe is 100 kg feletti tartományban található.

A nanoműhold-hordozórakéták szükségességének oka éppen az, amit a hasznos terheknél láthattunk: a nanoműholdak műszakilag alkalmasak produktív, bevételtermelő vagy akár állami funkciókat támogató szolgáltatások nyújtására – azonban az üzleti vagy képességtervezést bizonytalanra, kockázatosabbá teszi, ha nem lehetséges a pályára állítás feletti egyértelmű kontroll. Ha másodlagos hasznos teherként kerül sor a műhold indítására, akkor mindent a fő tehernek rendel alá a rakétaszolgáltató. Ha azonban elérhetővé válik egy olyan kiserakéta, amely akár egyetlen darab 6–16U méretű műholdat is műszaki és gazdasági szempontból rentábilisan juttathat a világűrbe, akkor a műholdgyártók ezt igénybe fogják venni. Így lesz ugyanis biztosított a társasutazás okozta bizonytalanságok kiküszöbölése a saját üzleti tervükben. A hátrányok, bizonytalanságok sorában megtaláljuk a kötött ütemtervet (a tömeges indítást végző vagy egy nagy értékű fő terhet szállító hordozórakéta nem fog várni), az üzemeltetésbiztonsági korlátokat (a nanoműhold nem veszélyeztetheti a hordozórakétát és a fő terhet vagy a többi műholdat), és esetlegesen a küldetés biztonságával kapcsolatos korlátokat (a műholdat jó előre át kell adni az indításslátszólatónak, akár több kézen is átmegeg az integráció különböző állomásain, és a



10. ábra. A SpaceX Transporter-1 repülés „stack”-je, vagyis a hasznos terhet tartószerkezeti rendszere a műholdakkal [26]

kibocsátási röppályája teljesen nyilvános). (10. ábra) Egy katonai, vagy védelmi és biztonsági célú műhold esetében ezek a körülmények fokozott figyelemmel mérlegelendők.

Műszaki szempontból azért fontos a dedikált hordozórakéták használata, mert az azonnal lehetővé teszi az ideális (a végrehajtandó művelethez legjobban illeszkedő) röppálya elérését. A másodlagos hasznos teherként indított műholdak röppályáját a fő terhet igényei határozzák meg. A tömeges indítások (mint például a SpaceX Transporter szolgáltatása) pedig egy középértéknek megfelelő pályát céloz meg. Az űrművelet tervezőjének tehát meg kell várnia azt az indítószolgáltatót, amely a legközelebb viszi a megcélzott, számára ideális röppályához, és vagy kompromisszumot köt azzal a pályával, amit kap, vagy pedig a mű-

* Alezredes, MH Modernizációs Intézet Kutatás-fejlesztési Igazgatóság Műhold Operációs Képességek Osztálya, osztályvezető.
ORCID: 0000-0001-9768-5357

3. táblázat. A jelenleg fejlesztés alatt álló kis méretű hordozórakéták jellemzői (A táblázat elkészítéséhez felhasznált összesített irodalomjegyzék forrása: [27])

Rakéta neve	Fejlesztő	Tehermelő képesség LEO pályára	Leírás
Qased	Iráni Forradalmi Gárda	<50 kg	Shahab 3 ballisztikus rakéta első fokozat, szilárd hajtóanyagú második fokozat, ismeretlen (valószínűleg szilárd hajtóanyagú) harmadik fokozat. Átmeneti konfiguráció, a cél az első fokozat szilárd hajtóanyagú kialakítása. Szoros kötődése feltételezhető az iráni ballisztikus rakétafejlesztési törekvésekhez.
Blue Whale	Perigee Aerospace (Dél-Korea)	50–65 kg	Földgáz és oxigén üzemanyagú hordozórakéta. A tervezett indítási helyszín Ausztrália, időpontja ismeretlen (2020-ról 2021 elejére csúszott, de nem történt meg).
Zero	Interstellar Technologies (Japán)	100 kg	Földgáz (az eredeti tervekben kerozin) és oxigén üzemanyagú hordozórakéta. Az első indítást 2020-ra tervezték, a megvalósítás várható időpontja 2023-ra csúszott.
VLM	Brazil légierő	<150 kg	Szilárd hajtóanyagú rakéta, fejlesztés alatt. Kísérleti (hajtóműtesztelő, szuborbitális) indítás tervezetten 2023-ban, teljes rakétaindítás 2025-ben (ez jelentős csúszás az eredeti tervekhez képest, amikor a tesztindítás még 2019-es céldátummal szerepelt).
Volans	Equatorial Space (Szingapúr)	150–220 kg	Úszó platformról indítani tervezett, hibrid üzemanyagú hordozórakéta (szilárd tüzelőanyag és folyékony oxidálószer). Az első kereskedelmi indítás 2022–2023 környékén tervezett (jellemzően két évvel az indításról szóló bejelentés utáni a tervezett időpont).
Haribon SLS-1	OrbitX (Fülöp-szigetek)	200 kg	Algából gyártott bioüzemanyaggal és/vagy hulladék műanyagból előállított tüzelőanyaggal működő, többször indítható hordozórakéta-fejlesztés. Az első indítás során egy „dzsipet” terveznek pályára állítani. Bár rakétát még nem, de kriptoalutát már indítottak (ORBX Orbitalcoin). A vállalkozás elnevezése, kommunikációja és az űrparhoz hozzákötött más technológiai tevékenységek hangsúlyozása (kriptoaluta, hulladékhasznosítás) miatt ez a terv erős fenntartásokkal kezelendő.
DNLV	IDXA (Malájzia)	200 kg	A rakétát a fejlesztő már kereskedelmi indításokhoz kínálja, de az indítási hely sem ismert. 2018-ban 2021-es első tesztet és 2023-as első kereskedelmi indítást terveztek.
Zuljanah	Iráni Védelmi Minisztérium	220 kg	Szuborbitális teszt 2021. január 31-én. Szoros kötődése feltételezhető az iráni ballisztikus rakétafejlesztési törekvésekhez.
Tronador II	Argentín Űrügynökség	200–250 kg	Folyékony hajtóanyagú hordozórakéta, fejlesztés alatt. Érdekesége, hogy az első fokozat 3 hajtóművből 2-t a repülés alatt leválasztanak, a 3. gyorsítja tovább a rakétát a fokozat kiégéséig. Első indítás tervezetten 2024-ben.

hold manőver- (transzlációs) hajtóművével állítja be a megkívánt pályát. Ez utóbbi elvileg lehetséges, de a nanóműhold-hajtóművek igen alacsony tolóereje miatt hosszú ideig tart a pályakorrekció, miközben a műholdnak magának is véges az élettartama, ezért egyik megoldás sem tekinthető optimálisnak. Harmadik lehetőségként számításba jöhetnek az egyre elterjedtebb „space-tug” (űrbéli vontatójármű, űrvontató) szolgáltatások, ahol a műholdat nem közvetlenül a hordozórakéta állítja a végleges röppályára, hanem egy önálló manőverezésre képes végső rakétafokozat, amely akár önálló űrjárműnek is tekinthető. Ez a space-tug a hordozórakétáról leválva, a szállított műholdakat – sorozatos manővereket végrehajtva – a nekik rendelt pályára szállítja. [23] Ez a szolgáltatás rugalmasabb, de természetesen a költsége is magasabb és mint tömeges indítás, annak minden hátrányával rendelkezik. A kis méretű hordozórakéták sajátossága, hogy sokkal kisebb, és sokkal könnyebben előkészíthető indítási infrastruktúrát igényelnek, mint a nagyrakéták. Emiatt az indítások száma

jóval magasabb lehet. Egyrészt azért, mert könnyebb több indítóállást kiépíteni (kisebb az építés erőforrásigénye), másrészt azért, mert az indítás során felszabaduló energia is kisebb, nem rongálja az indítóállást, vagyis az újrafelkészítési idő is rövidül. Egészen kis hordozórakéták indíthatók akár konténeres vagy járműves platformról (transporter-erector-launcher) is.

A ZÁRT NANOMŰHOLD-ÖKOSZISZTÉMA NEMZETBIZTONSÁGI ÉS KATONAI JELENTŐSÉGE

A zárt (vagyis a hordozórakétát, az űreszközt és az űreszközökkel nyújtott szolgáltatásokat is tartalmazó) űrökoszisztéma képes biztosítani a világűr folyamatos és szuverén hasznosítását. Fontos kiemelni, hogy ennek léte ma már nem kérdés, ez adottság, és bármely, megfelelő befektethető tőkével rendelkező állami vagy piaci szereplő számára elérhető.

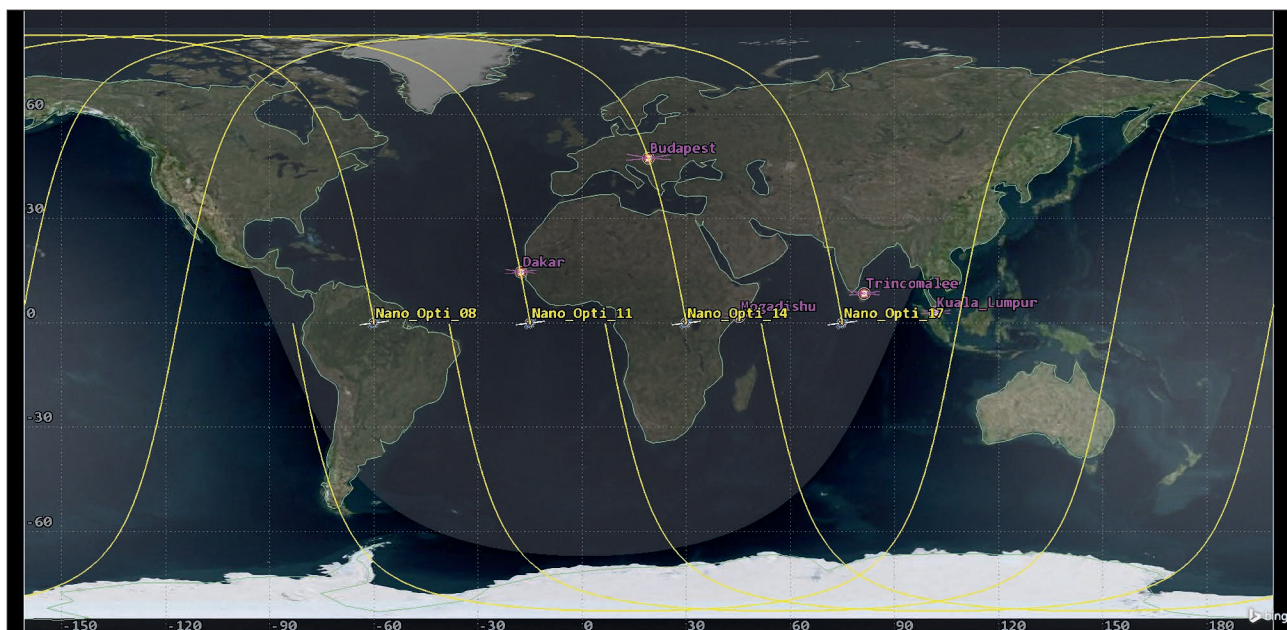


Objektív fizikai korlát a hordozórakéta-indítás lehetősége. A ma használt, ballisztikus röppályán repülő hordozórakétákkal Magyarország esetében ez kizárt, Magyarország földrajzi területéről ilyen járművet indítani nem lehet, mert a közép-európai térség településszerkezete, a földterületek hasznosítása nem teszi lehetővé a biztonságos kirepülési zónák kijelölését. A hordozórakéta-indítás problémáját azonban meg lehet kerülni. Ebből a szempontból előnyös a kis méretű hordozórakéta, amely minimális helyszíni előkészítést igényel (pl. konténerből indítható), mert ekkor több indítóhelyről lehet engedélyeztetni a használatát. Európában jelenleg Norvégiában és Svédországban található aktív indítóhelyszín [24, 25], de számításba vehető még a Svalbard-szigetek, Skócia, az Azori-szigetek, valamint a Kanári-szigetek (ezeken a helyszíneken ideiglenes indítótoronyok építését a világűrbe küldeni, de már több állandó létesítmény tervezés, illetve építés alatt áll). A hordozórakéta képesség műveleti rugalmasságát növeli, ha a feladat végrehajtásához több helyszín közül lehet választani.

A műholdak gyártása mára kereskedelmi tevékenységgé vált, így üzemből műholdak is rendelhetők az erre specializálódott gyártóktól, vagy komponensek is vásárolhatók, és saját gyártó partnerrel összeszerelhetők. Mivel a komponenseket sorozatban gyártják és az áruk viszonylag alacsony, nem lehet akadály a raktárkészlet kialakítása, akár komplett műholdak is tárolhatók tartályokban, és szükség esetén ezeket rövid időn belül indítható (sőt, a gyors ütemű technológiai fejlődés miatt célszerű is az egy ideig tartózkodó műholdat „elhasználni”, vagyis pályára állítani és újat gyártani). A nanoműhold alacsony ára miatt lehetséges nagyobb darabszámú műholdból álló konstellációk kialakítása, amely számos műveleti előnnyel jár:

- amikor a teljes konstelláció működőképes, akkor jelentősen lerövidül az újramegfigyelési idő, megnő az az időtartomány, amikor a szemben álló félnek számításra kell arra, hogy megfigyelik, illetve nagy mennyiségű adat generálódik a fentebb leírt utófeldolgozáshoz;
- de ha valami miatt a konstelláció megsérül (meghibásodás, ellenséges behatás éri), akkor az űrhasznosítás képessége nem vesz el, hiszen több műhold is működőképes marad, csak esetleg a szolgáltatásminőség csökken.

11. ábra. A leírt konstelláció pályái, a műholdak nevében látható a hozzájuk tartozó leszálló csomó helyi időparaméter (Forrás: a szerző szimulációja STK szoftverrel)



PÉLDÁK MEGVALÓSÍTHATÓ NANOMŰHOLD RENDSZEREKRE

A fenti megállapításokból kiindulva felvázolhatók különböző nanoműhold-alkalmazási konstellációk, amelyek aránylag rövid idő alatt megvalósíthatók és jelentős gyakorlati hozadékkal bírnak.

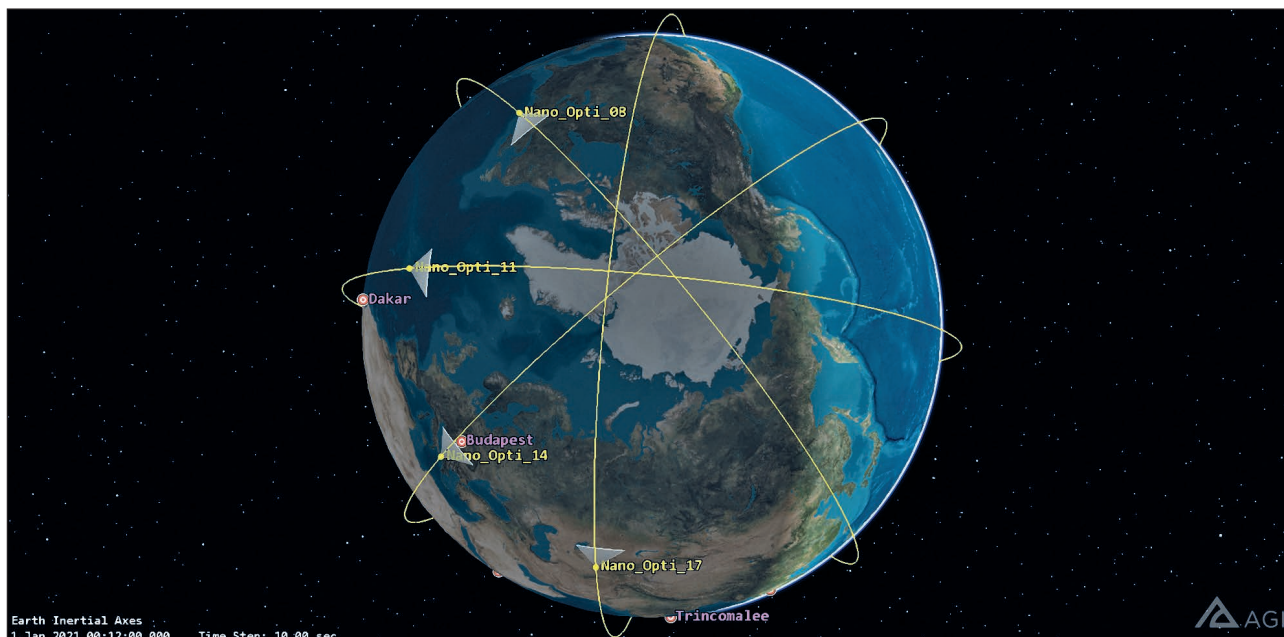
Vizuális, elektrooptikai távérzékelő konstellációk tipikus röppályája a napszinkron poláris pálya, amely gyakorlatilag idővel az egész Föld felszínét bejárhatóvá teszi a műhold számára. Az északi sarkvidék egyre fokozódó geopolitikai jelentősége is indokolja ennek a röppályának a használatát, továbbá a tömeges kereskedelmi műholdindítási szolgáltatások is ilyen röppályát céloznak meg. Így tehát esetünkben szerencsésen találkozunk az igények és a lehetőségek. Fontos azonban figyelembe venni azt, hogy a napszinkron röppályák síkjának kelet-nyugati irányú elhelyezkedése befolyásolja, hogy milyen természetes megvilágításban látható egy adott földterület. Vagyis miközben a teljes földfelszínről valamilyen képet bármely röppályáról kapunk, a felhasználói igényeknek megfelelő megvilágítású képet azonban csak egy korlátozott röppályatartományból kaphatunk.

Ennek vizsgálata érdekében az Analytical Graphics Systems ToolKit szoftverben négy, egymástól 45°-kal elforgatott pályasíkon keringő műholdat modelleztem. A pályák adatai az 4. táblázatban láthatók.

4. táblázat. Négy, pályasíkon keringő műhold pályaadatái (A szerző szerkesztése)

Pályamagasság	Leszálló csomó helyének helyi ideje
450 km	08 óra
450 km	11 óra
450 km	14 óra
450 km	17 óra

Egyéves időtartam alatt minden röppályáról modelleztem Budapest láthatóságát (úgynevezett „access” jelentés



12. ábra. A leírt konstelláció pályái az Északi-sark felől bemutatva (Forrás: a szerző szimulációja STK szoftverrel)

generálásával). Ezután – mert a modellezett műholdkonstelláció vizuális képalkotó szenzorokat hordoz –, azt is modelleztem, hogy mely átrepülések történtek nappal, és melyek éjszaka (a napi napkelte és napnyugta időpontok alapján). Fontos kiemelni, hogy a szoftver a Föld bármely pontjára képes ezt a számítást elvégezni, és az eredmények az adott röppályák mellett a célpont földrajzi hosszúságához fognak igazodni. Nem lehet tehát „abszolút legjobb” pályát találni, hanem csak az igényekhez leginkább illeszkedőt.

A modellezés alapján a következő megállapítások tehetők: Egy műhold egy év alatt 406-408 alkalommal látja a célpontot. A 08 órás leszálló csomó helyre pályára állított műhold biztosítja a legtöbb nappali megfigyelést, 244 alkalmat, míg a 17 órás a legkevesebbet, 149 alkalmat. Havi bontásban a nappali megfigyelési alkalmak a 5. táblázatban foglaltak szerint alakulnak.

5. táblázat. A nappali megfigyelési alkalmak havi bontásban (A szerző szerkesztése)

Hónapok	Röppályák			
	08 órás	11 órás	14 órás	17 órás
Január	18	18	18	0
Február	16	14	16	3
Március	18	17	18	16
Április	18	17	17	16
Május	24	18	17	29
Június	32	17	16	31
Július	31	17	17	26
Augusztus	20	18	18	17
Szeptember	16	17	17	11
Október	17	18	17	0
November	17	17	17	0
December	17	16	17	0

Látható, hogy a reggeli és az esti órákhoz igazodó röppályák jobban ki tudják használni a nyári hosszabb megvilágítottságot, míg a nap középső időtartományához igazodó röppályák teljesítménye egyenletesebb. Figyelembe kell venni azt is, hogy a 08 és 17 órás pályáról a célpont alacsony napállás mellett látható, hosszú árnyékokkal, míg a 11 és 14 órás pályáról való megfigyelés során a Nap magasabban van az égen. Ez a látószög ismételten a megfigyelési feladat tartalmától függően tekinthető előnynek vagy hátránynak, vagy egyszerűen adottságnak.

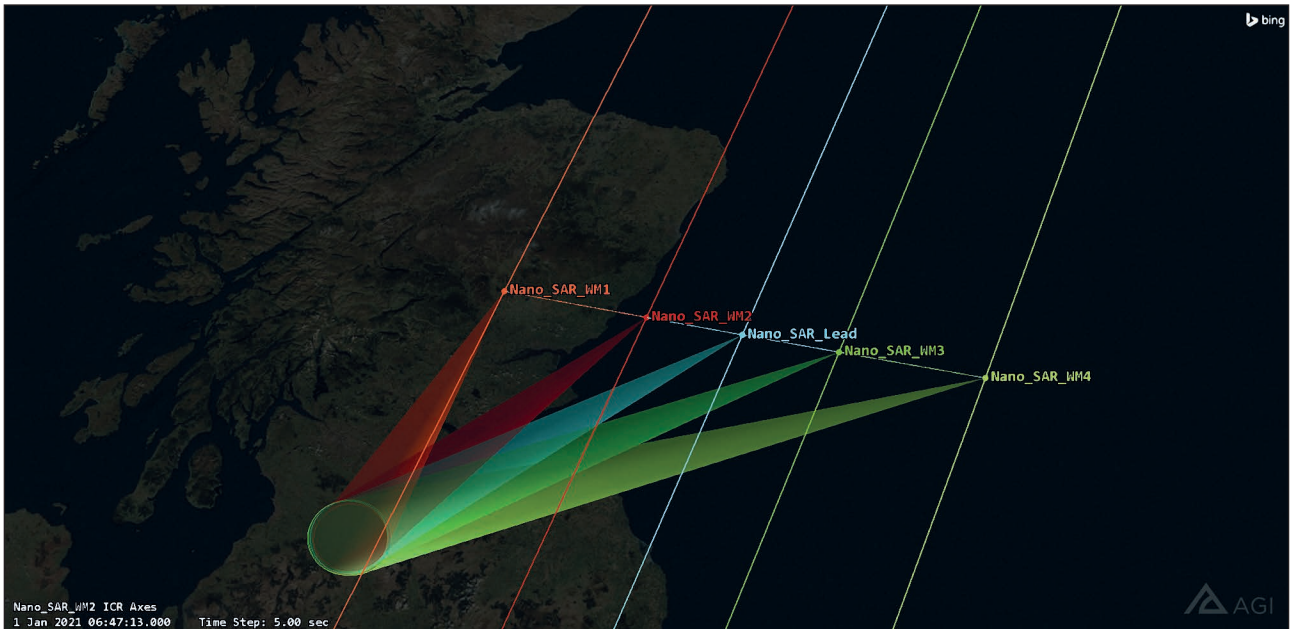
Példaként lássunk napokat, amikor mind a négy műhold látja Budapestet (időpontok egyezményes koordinált világidő [UTC – Universal Time Coordinated] szerint) (6. táblázat)

6. táblázat. Négy műhold látja el Budapestet (A szerző szerkesztése)

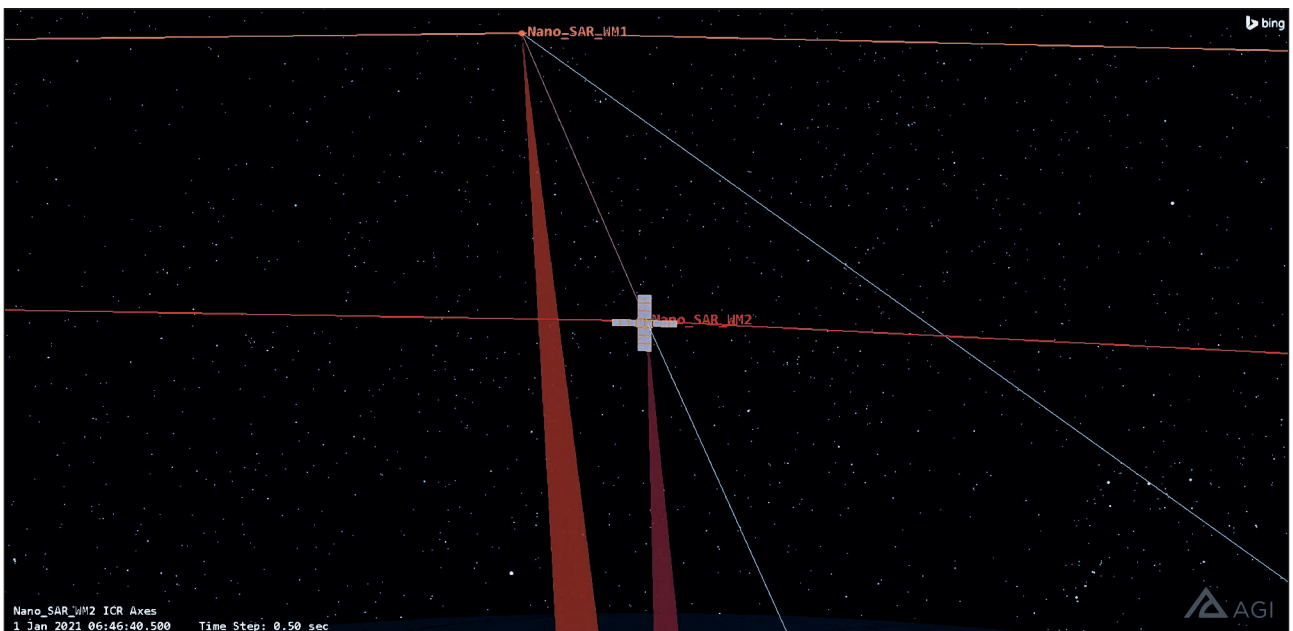
Hónapok	Röppályák			
	08 órás	11 órás	14 órás	17 órás
Ápr. 14.	07:13:29	10:20:51	13:28:14	16:35:33
Jún. 13.	07:14:51	10:22:13	13:29:34	16:36:54
	17:49:05			
Jún. 27.	07:02:46	10:10:09	13:17:30	03:33:09
				16:24:52
Szept. 17.	06:58:26	10:05:49	13:13:11	16:20:32

Fontos kiemelni, hogy azokon a napokon (órákban, percekben), amikor a műhold (konstelláció) nem látja Budapestet, akkor lát más célpontot. Az üzemeltetők feladata, hogy a felhasználóktól kapott hírigények alapján olyan megfigyelési tervet állítsanak össze, ami optimálisan kihasználja a műhold megfigyelési, fedélzeti adattárolási és adatletöltési lehetőségeit annak érdekében, hogy a felhasználói közösség számára a legmagasabb értékű szolgáltatást nyújtsa. Hozzá kell tenni, hogy a fenti láthatóság-elemzés csak a Nap általi bevilágítást vette figyelembe, a mesterséges megvilágítást (pl. a települések éjszakai fényei vagy más emberi tevékenységhez tartozó világítás),





13. ábra. A radarkötélék elemei, középen a vezér (Lead), mellette a kísérő (Wingman, WM) (A szerző STK szoftverrel készített szimulációja)



14. ábra. Két kísérőműhold, és az azokat összekötő lézeres kapcsolatok. A WM1 és WM2 közötti vörös vonal a köztük lévő közvetlen kapcsolatot jelöli, a kép jobb alsó része felé futó kék vonalak a vezérműhold felé irányuló kapcsolatokat jelzik (A szerző STK szoftverrel készített szimulációja)

illetve a természeti folyamatok, pl. tüzek, vulkánkitörések fényeit nem, pedig bizonyos feladatok esetén ezek is relevánsak lehetnek. Továbbá az elemzés nem tudja figyelembe venni a felhőzet takaró hatását sem.

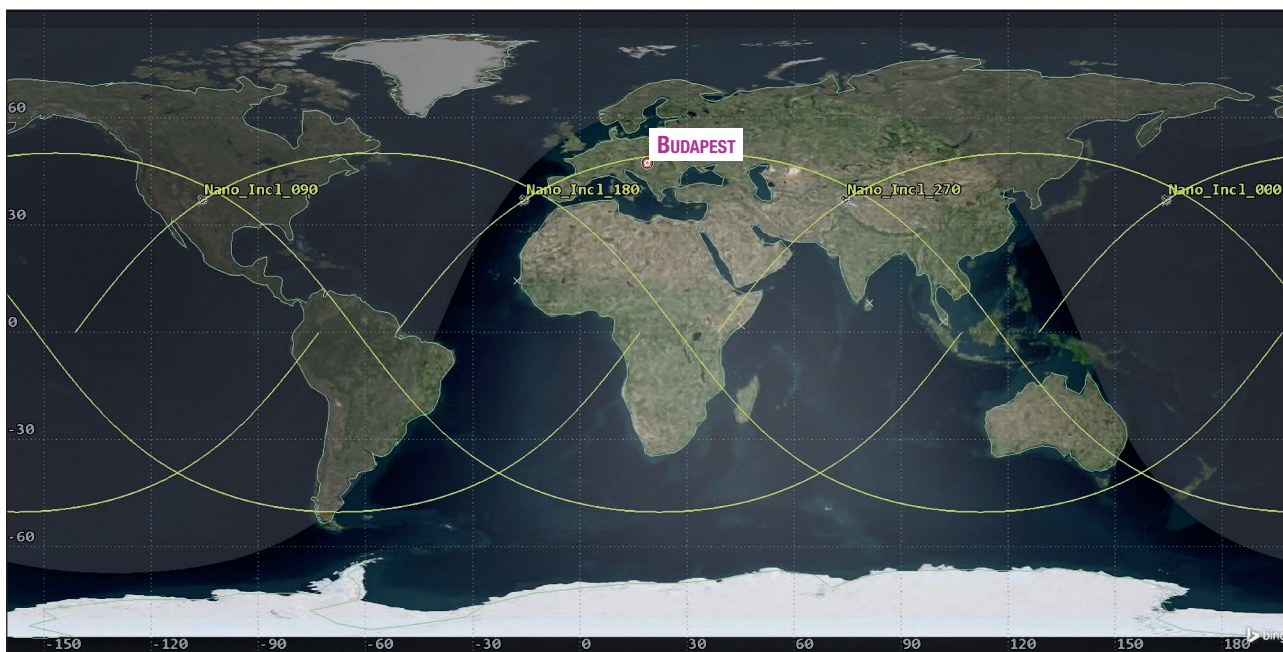
A vizuális konstellációktól eltérően, az aktív radar műholdak röppályáját más szempontok alapján kell megtervezni. Itt a célpont láthatósága nem függ a megvilágítottságtól, azonban a műhold (a radar miatt) igen nagy energiaigénnyel bír, vagyis a napelemek benapozottsága meghatározó a működéshez. Ennek érdekében használják azt a napszinkron pályát, amikor a pályasík közel egybeesik a nappal-éjszaka határvonalal, vagyis merőleges a Nap sugarainak irányára, így folyamatos megvilágításban van. A Systems ToolKitben egy olyan mű-

holdkötéléket építettem fel, amely egy nagy méretű, aktív radart hordozó, megvilágító műholdból és négy kísérőből áll, amelyek csak passzív vevőt hordoznak. Ez a multistatikus radarrendszer kétdimenziós apertúraszintézist képes megvalósítani, amely szintetizált apertúra mérete sokszorosa a tényleges műholdak fizikai méretének. A vezérműhold pályája 450 km magas, a leszálló csomó helyének helyi ideje 06 óra. A belső kísérők ehhez képest 1-1 percnyi helyi idővel tolnak előre és hátra, míg a külső kísérők további 1,5-1,5 perccel. Fontos kiemelni, hogy az apertúraszintézis érdekében az optimális távolság meghatározása további vizsgálatot igényel, ez a kialakítás csak azt szemlélteti, hogy miképpen viselkedik egy ilyen típusú műholdkötélék.

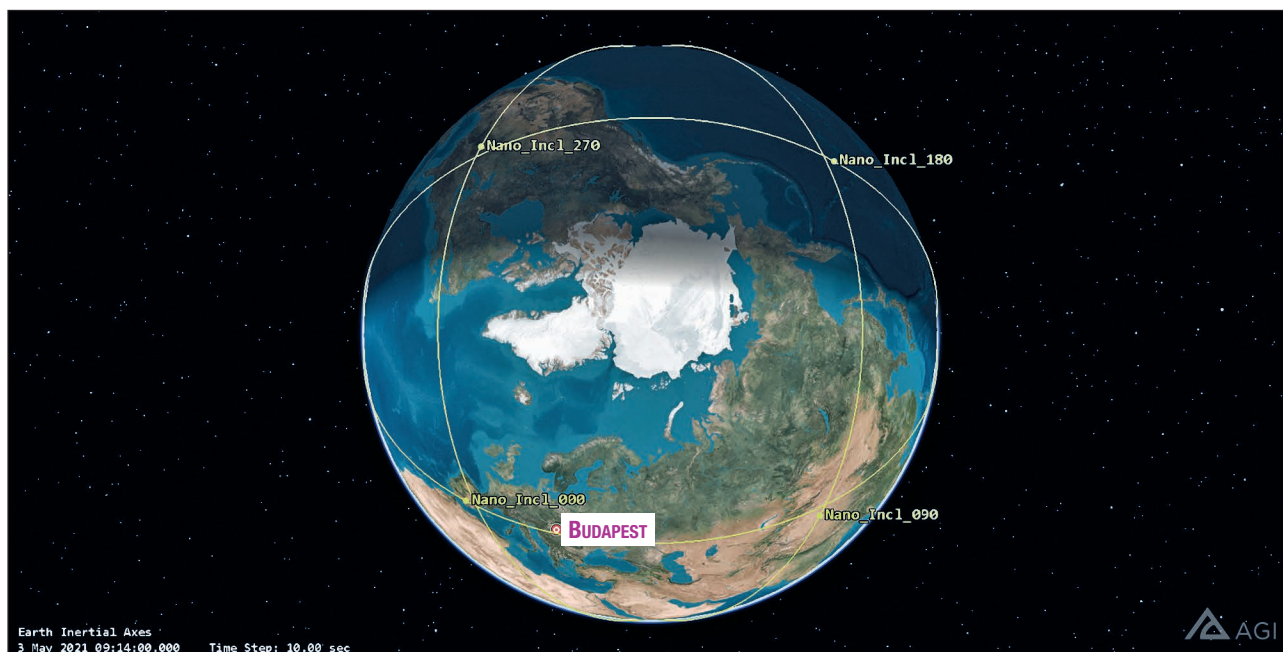
Kepler első törvénye értelmében minden pálya síkjának a Föld középpontján kell átmennie, emiatt a pályák a sarkvidékek felett keresztezik egymást, és az Egyenlítőnél vannak egymástól a legtávolabb. Mivel a pályasíkok elfordítása a leszálló csomó helyi idejének megváltoztatásával történik, a műholdak nem pontosan a keringési sebességvektorra merőleges vonalon helyezkednek el, hanem kissé eltérően meg is előzik a vezérműholdat, illetve lemaradnak tőle, így a pályák kereszteződésében a műholdak nem ütköznek, mert hosszirányban egymáshoz képest eltolódnak. A kísérők azonban oldalt váltanak, a jobb kísérő bal kísérővé válik.

Mivel a műholdak közötti távolság folyamatosan változik, a képfeldolgozáshoz szükséges számítások elvégzése érdekében azt pontosan mérni kell, ésszerű megoldás erre a műholdakat összekötő lézeres kapcsolat futási idejének felhasználása. Továbbá arról is gondoskodni kell, hogy a köteléket alkotó műholdak antennái mindig ugyanarra a földfelszíni területre irányuljanak, a folyamatosan változó relatív pozíció ellenére is. Emiatt a lehető legpontosabban szükséges mérni a kötelék térbeli elrendezését, és beállítani az egyes műholdak helyzetét. A mérés a legpontosabb fedélzeti rendszereket igényli. Az ehhez szükséges csillagszenzorok pontossága függ a méretüktől (az optikai rend-

15. ábra. A négy műholdas, 50°-os pályahajlásszögű konstelláció pályái. A műholdak megnevezésében látható a felszálló csomó helye. A 180-as műhold hamarosan átrepül Budapest felett (Forrás: a szerző szimulációja STK szoftverrel)



16. ábra. A pályák az Északi-sark irányából nézve. A 000-as műhold hamarosan átrepül Budapest felett (Forrás: a szerző szimulációja STK szoftverrel)



7. táblázat. Egy véletlenül kiválasztott nap megfigyelési „órarendje” (A szerző szerkesztése)

2021. szeptember 09.	Műhold (felszálló csomó helyével jelölve)	Az előző áthaladás óta eltelt idő
00:59:47	90	01:37:43 (az áthaladás az előző napon történt)
02:21:32	180	01:21:45
03:59:07	180	01:37:35
05:36:58	180	01:37:51
07:14:38	180	01:37:40
08:36:21	270	01:21:43
10:14:02	270	01:37:41
11:51:54	270	01:37:52
14:51:13	0	02:59:19
16:28:58	0	01:37:45
18:06:48	0	01:37:50
21:06:05	90	02:59:17
22:43:54	90	01:37:49

szer mérete, tömege miatt), de a nanóműholdakhoz illeszkedő méretben, tömegben is elérhetőek már fél szögpercnél is jobb pontossággal. A többféle aktuátort tartalmazó, háromdimenziós helyzetbeállító rendszerek is hasonló pontossággal biztosítják a műhold térbeli helyzetének stabil megtartását.

A napszinkron poláris röppálya természetesen nem az egyetlen pálya, amelyre kis méretű távérzékelő műhold állítható. A pályahajlásszög csökkentésével nő azon területek megpillantásának esélye, amelyek földrajzi szélessége kisebb, mint a pályahajlásszög. A magasabb földrajzi szélességek azonban nem láthatók. Magyarország esetében

– figyelembe véve a NATO- és EU-tagságunkat és azt az igényt, hogy a műholdak képességeinek kihasználása érdekében azokat célszerű úgy megtervezni, hogy minél több potenciális „ügyfél” részére tudjon szolgálatni –, az 50°-os pályahajlásszög tekinthető az alsó határértéknek (Magyarország legészakibb pontja 48° fok 35' szélességen található). Így egy év alatt 1199 alkalommal látható a referencia célpontnak választott Budapest (naponta átlagosan 3,3 alkalommal), azonban a megvilágítás minden áthaladásnál eltérő. Ilyen röppálya esetén, az adatok letöltése érdekében naponta átlagosan 5,5 alkalommal nyílik lehetőség a műhoddal történő kommunikációra Magyarország területéről. Ezek a számok magasabbak, mint a poláris pálya esetében számítottak, de ott például adott a lehetőség sarkvidéki kiegészítő letöltő állomások létesítésére, amelyek sokszorosára növelik a kommunikációs alkalmak számát⁷.

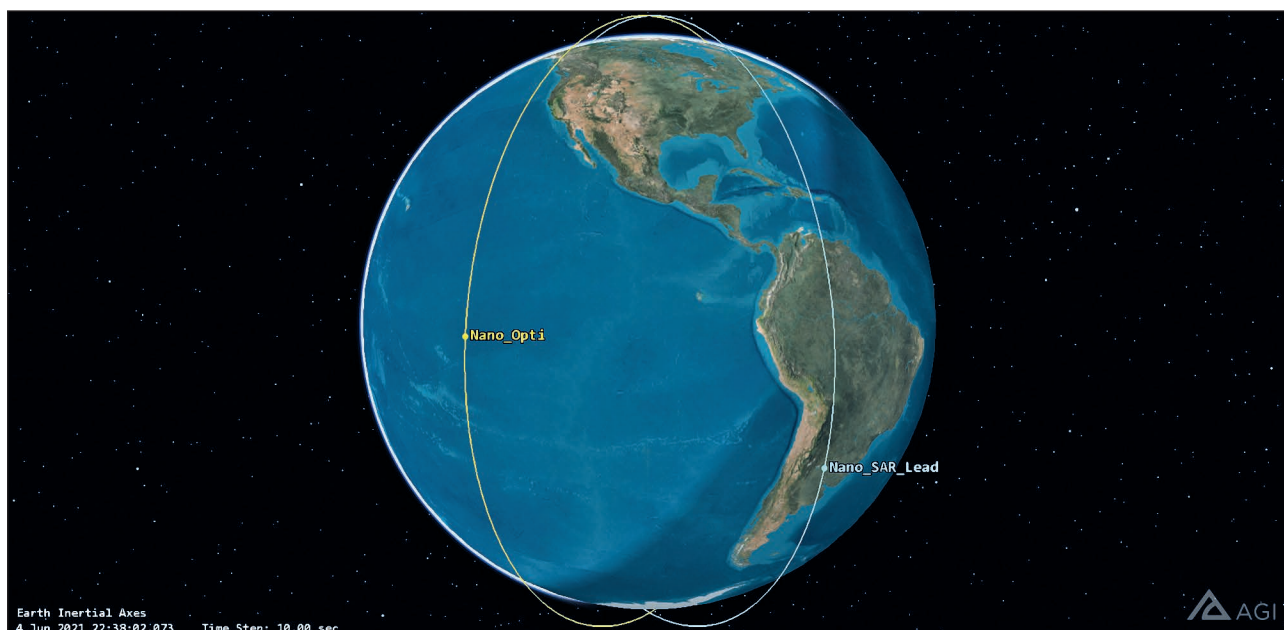
Példaként szimulálásra került egy négy műholdból álló konstelláció, 450 km magasságú, 50° hajlásszögű pályákkal, amely pályák egymáshoz képest 90°-kal vannak elfordítva a Föld középpontja körül (a felszálló csomó helye rendre 0°, 90°, 180° és 270°). Ez a konstelláció egy év alatt 4800 alkalommal képes megfigyelni Budapestet, vagyis naponta átlagosan 13 alkalommal. Egy véletlenül kiválasztott nap megfigyelési „órarendje” a 7. táblázatba foglalt adatok szerint alakul.

A táblázatból látható, hogy a célterület szinte folyamatos megfigyelés alatt tartható, mindössze 4 műhoddal. Gyakorlatilag majdnem minden keringés alkalmával megfigyelhető Budapest valamelyik műholdról.

ÖSSZEZÉS

A newspace, az új űrkorszak a mikroelektronikai forradalom eredményeként elhozta az űrtevékenységek proliferációját. Számos gazdasági vállalkozás alapul erre, és az állami űrtevékenységekben is megjelenőben vannak a kis méretű és tömegű, sorozatban gyártott (vagy sorozatban gyártott alkatrészekből összeépített) műholdakra alapozott rendszerek.

17. ábra. Egy kombinált elektrooptikai és radar-távérzékelő konstelláció, egy vizuális műhoddal és a radarkötélék vezérműhaldjával (Forrás: a szerző szimulációja STK szoftverrel)



Az ilyen rendszerek nemzetbiztonsági és katonai hatása kettős:

- aki él velük, az ki tudja használni az űrendszerek globális elérését, a területen kívüliséget, a szemben álló fél folyamatos megfigyelésének lehetőségét (egy jól tervezett konstellációval elérhető, hogy az újramegfigyelési idő olyan rövid legyen, hogy a szemben álló fél gyakorlatilag nem tud elrejtőzni);
- de aki nem él velük, az kiszolgáltatja magát a szemben álló fél adatszerzésének.

Az ilyen rendszerekhez történő hozzáférés lehetősége ma már korlátoktól mentes (külön piaci szegmenst képeznek a „ITAR-free”, vagyis az amerikai fegyverexport-kontroll jogszabályok hatálya alá nem tartozó eszközök). Az űreszközök és az indítások ára megfizethető, és az árak további csökkenése várható; a specializált kis méretű hordozórakéták pedig a jövőben lehetővé teszik a kompromisszumoktól mentes és gyors reagálású indításokat.

A pontos felhasználói igények definiálását követően a technikai lehetőségek ma már biztosítják a célnak leginkább megfelelő műholdas rendszer megvalósítását. A tanulmány több lehetséges műholdas rendszert felvázolt, amelyek külön-külön is, vagy akár, a nanoműholdak relatív alacsony befektetési igényét figyelembe véve, fokozatosan egymás után kiépítve, korábban soha nem látott képességeket képesek biztosítani az egyes államok – köztük Magyarország –, valamint szövetségi rendszerek számára is a védelmi és biztonsági célú, valamint más állami tevékenységeik támogatásához.

Ez a publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-3-II-NKE-62 kódszámú Új Nem-



zeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.



INNOVÁCIÓS ÉS TECHNOLÓGIAI MINISZTERIUM NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS HIVATAL

HIVATKOZOTT IRODALOM

- [23] Momentus last-mile in-space delivery, <https://momentus.space/services/> (Letöltve: 2021.5.27.);
- [24] Andoya Space Center, <https://www.andoyaspace.no/> (Letöltve: 2021.4.11.);
- [25] Esrange Space Center, <https://www.sscspace.com/ssc-worldwide/esrange-space-center/> (Letöltve: 2021.4.11.);
- [26] Forrás: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/t/transporter-1> (Letöltve: 2021.5.27.);
- [27] <https://horvath.space/nano-launchers/>

JEGYZETEK

7 Az ÚNKP kutatási program része volt a kommunikációs rendszerek vizsgálata is, az ezzel kapcsolatos publikáció a Hadmérnök folyóiratban jelenik meg.

A lapunk posztermellékletén látható PzH 2000 önjáró löveg főbb harcászati-műszaki adatai

Kezelőszemélyzet		max. 5 fő (parancsnok, vezető, irányzó, 2 fő töltőkezelő)
Hosszúság	teljes, löveggel / páncéltest	11,67 m / 7,30 m
Szélesség	teljes / kötény nélkül	3,58 m / 3,37 m
Magasság	teljes / torony nélkül	3,46 m / 3,06 m
Hasmagasság		0,44 m
Lánctalp	szélessége	0,55 m
	felfekvése	4,91 m
Tömeg	üres tömeg / harci tömeg	49 t / 55,33 t
Erőforrás / teljesítmény		MTU 881 dízelmotor / 735 kW (1000 LE)
Nyomatékváltó		Renk HSWL 284, automata, 4 előre-, 2 hátrameneti fokozat
Felfüggesztés		torziós
Fajlagos teljesítmény		13 kW/t (18 LE/t)
Sebesség (max.)		60 km/h
Hatótávolság		420 km
Emelkedő-kapaszkodó képesség		50%
Oldaldőlés		25%
Lépcsómászó képesség		1 m
Árokáthidaló képesség		3 m
Fegyverzet	fő	155 mm-es L/52-es ágyútarack
	másodlagos	7,62 mm-es MG3 típusú géppuska
	ködgránátvetők	2×4 db, 76 mm-es gránátvető

Forrás: Sály Zoltán, „A PzH 2000 önjáró löveg” *Haditechnika* 54. 2. sz. (2020): 59. o. <http://doi.org/10.23713/HT.54.2.09>