



Az oktatás és az amatőr rádiózás kapcsolata a Műegyetemen 1960–2017

dr. Gschwindt András HA5WH, okl.villamosmérnök,
c. egyetemi docens, gschwindt@hvt.bme.hu



A Műegyetemi Rádió Club 1924-es megalakulása a híradástechnika gyorsan fejlődő szakaszába esett. Akkor már történelem volt a szikratávíró (Hertz, Marconi, Popov). Az elektroncsövek biztosította háttér teljesen átalakította az adás- és vételtechnikát. Az amatőr rádiózás szabad teret biztosított a kísérletezésre. Ekkor alakultak ki az azóta is használt rádióamatőr szolgálatot leíró kulcs-szavak: például önképzést, egymással levelezést megvalósító szolgálat stb. Ebből kiemelem az önképzést, mint meghatározó jellemzőt, a Műegyetemen folyó rádióamatőr tevékenységben. Az 1924-gyel induló, napjainkig terjedő időszak, több részből épült fel, mint a bennünket körülvevő környezetünk is. Az első törés a II. világháborúhoz, a második az 1956-os forradalomhoz kapcsolódik. Az első eseményről többet, míg a másodiktól szinte semmit nem tudunk. Nem maradt írásos nyom?!

1960-ban lettem az egyetem hallgatója. A következő, visszatekintés jellegű írá-

som, ezzel az évvel indul, és napjainkig terjed. Mint minden hasonló mű, magán viseli a szubjektív jelleget, és az emlékezés feledékenységét.

Kapcsolódásom az úrhöz

Rádióamatőr engedélyem birtokában, a HA8WH hívójel boldog tulajdonosaként kerültem az egyetemre. Az első két évben fel sem merült a rádiózás, mint kedves időtöltés. Minden energiámat a tanulás, a teljesen ismeretlen környezetbe való beilleszkedés kötötte le. Volt érdeklődés, biztatás: kérjek klub engedélyt és alakítsunk klubot. A lelkesedés csak a megfigyelésig terjedt. Egy ML-213-as vevő és a Várban lévő kollégium udvara fölé kihúzott antenna volt a háttér.

A mellékelt képen (1. ábra) ma már csak Szabó Istvánt és Fáber Józsefet ismertem fel. Az MHS akkori hozzáállása a klubhoz negatív volt. A klubnak a forradalomban betöltött, és azóta sem tisztázott szerepe miatt, biztonságosabbnak érezték, ha a klub nem rendel-



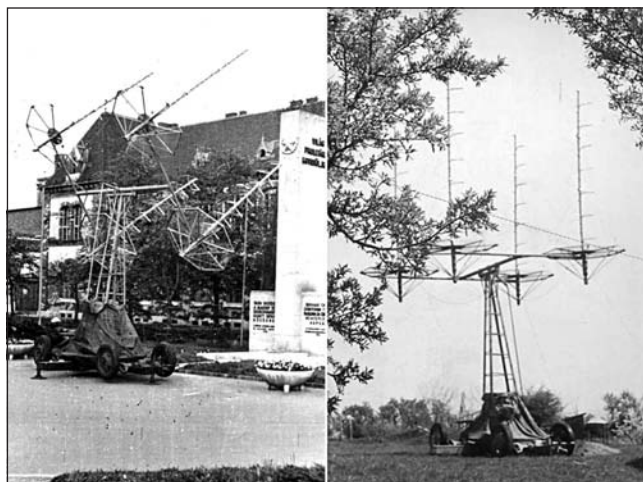
2. ábra

kezik adóengedéllyel. Az otthoni, szülőföldi ismeretség által kerültem kapcsolatba az Egyetemen *Ferencz Csabával* (osztály-, majd iskolatársak voltunk). Ő keltette fel az érdeklődésemet az akkor *Simonyi* professzor szárnyai alatt működő Rakétatechnikai Tudományos Diákkör iránt.

A gépész, villamos, vegyész hallgatókból álló csapat lelkesen dolgozott egy jégverés elhárító rakéta kifejlesztésén. Az igény nagy, a pénz kicsi volt a munkához.



1. ábra



3. ábra

Hidvégi Tibor mezőberényi tanító – ma már útba indító mesteremként emlékezem rá – és egyben lelkes rádióamatőr segítségével, 1957-ben sikerült meghallani a Szputnyik-1 hangját. Ez az élmény, és a vonzódás az űrből érkező jelek iránt, megmaradt bennem. 1961-ben pályára állt az USA-ban készített első, garázsban, rádióamatőrök által alkotott műhold.

A 2. ábrán *L. Ginner* K6GSJ tartja kezében O-1-et. Ekkortájt gyakran az egyetemi könyvtárba költöztem, és különböző szakmai lapokból követtem a rádióamatőr műholdak fejlesztését. Az igazi áttörést, a jégverés elhárításáról való leszakadást, az 1965-ös év hozta.

Az OSCAR-3 (OSCAR: Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio) keringő műhold, amely amatőr rádiót hordozott, nagy lehetőség volt a műhold jeleinek vételére. Rádióamatőr célra készült, felépítése, telemetria struktúrája jól ismert volt, bárki vehette jeleit. Nem is gondolhattunk arra, hogy professzionális műholdakkal teremtsünk kapcsolatot, ezek jelei, pálya adatai titkosak voltak.

Megindult az önképzés. A műhold mozgásának megértése, a pálya előrejelzés, a Doppler-effektusból adódó frekvenciaváltozás értelmezése – mind új, megismerésre váró, egyetemen nem oktatott témák voltak. Az egyetemi rádióklub még nem volt aktív, a Hármashatár-hegyi megfigyelő állomásban vendégek voltunk. A Budapesti Rádió Klub, HA5KDQ állomása egy katonai objektumban volt, örök felügyelete mellett vehettük a műhold jeleit. *Pápay Zsolt*, *Major László* voltak a csapat további tagjai. Részletesebben erről a <http://www.gnd.bme.hu/articles/60asevek.php> oldalon olvashatunk.

Antennák

Az OSCAR-3 vétele kölcsön antennával és állomással történt. A vétel minőségének javítására egyetlen út kínálkozott: a vevőantenna jellemzőinek javítása. Az általában síkpolarizált hullámokat kibocsátó, térbeli helyzetüket folyamatosan változtató műholdak minimális elhalkulásokkal történő vétele csak körpolarizált vevőantennával lehetséges. A vételi frekvenciasávok is szétszórtan 145 MHz (rádióamatőrök) és 136 MHz (professzionális műholdak) körül helyezkedtek el.

A megoldást – hosszas töprengés után – egy négy sugárból álló, helixantenna-rendszer megépítése ad-



4. ábra

ta. Nem emlékszem, hogy bármilyen segítséget kaptunk volna a tervezésükben járatos tanszéktől, *Istvánffy* professzor szinte megközelíthetetlen volt. A feladat két kihívást tartalmazott: elektromos és mechanikus. A gépészeti terveket *Bay Attila* (egy. hallgató) készítette, a kivitelezésbe *Tarkovác Sándor* (szintén egy. hallgató) is bekapcsolódott.

Hosszú utánjárást igényelt az alkatrészek, pl. a hosszú műanyag csövek beszerzése. Az egyes sugárzók bemérését a Műgyetem K épülete előtt végeztük, valamilyen rádiófrekvenciás mérőhíd segítségével, melynek használatát hosszú időbe került megtanulni. Eredményes önképzésnek bizonyult.

Az antenna forgatása szinte megoldhatatlannak tűnt. A hadsereggel kialakult jó kapcsolatnak köszönhetően, kaptunk egy „leharcolt” légvédelmi ágyútalpat. Rajta két ülés a vízszintes és függőleges forgatást végző személyeknek. Kisebb felfordulást okoztunk, amikor az egyetem udvarán, az azóta már lebontott, szovjet hősi emlékmű elé állva, kezdtünk műholdakat figyelni. Az ágyútalp, a rajta lévő, csőszerűen elhelyezkedő antenna az akkori Villamos Kari dékán nagyon zavarta. Feljelentett bennünket az emlékmű meggyalázásáért. Sikerült bizonyítani jóhiszeműségünket, de sürgősen el kellett vinnünk „építményünket” a Rózsadomb tetején lévő Távközlési Kutató Intézet (TKI) mérőhelyére.

Ismét a rádióamatőrök segítettek. Utóbbi mérőhelyen az intézet rádióamatőreinek volt egy kis épülete, ahová szívességből befogadtak bennünket. (A 3. ábra bal oldalán a Műgyetem udva-

rán, jobb oldalán a TKI területén látható az antenna.) Használhattuk berendezéseiket, bár ekkor már a VU-21 és VU-31-es, a Mechanikai Laboratórium által gyártott, a Magyar Tudományos Akadémia támogatásából vásárolt vevőket is használtuk. Az akkori cél a 136 MHz-es sávban működő meteorológiai műholdak vétele volt.

A műholdak képeit csak egy meglehetősen rossz minőséget adó oszcilloszkóp segítségével tudtuk a helyszínen megjeleníteni. A Naphegyen lévő Magyar Távirati Iroda (MTI) képtávirói voltak alkalmasak jó minőségű képek vételére, azok fotópapíron történő megjelenítésére. A képek a hangfrekvenciás sávban elhelyezkedő vívőfrekvencia modulációjával érkeztek. Ezt kellett a Ferenc-hegyről az MTI-be továbbítani. A TKI rádióamatőrjei, *Burza László* vezetésével, a 28 MHz-es rádióamatőr sávban játszották át a jelet az MTI-be.

Nagy élmény volt a Tíros műhold képein meglátni a kontinenseket, az azokat borító felhőket. Ma már elképesztő merészségnek tűnik, elképzelhetetlennek, hogy a tulajdonos engedélye nélkül használjuk egy műhold átjátszóját. Az ATS-3 148 MHz-en várta a Földről sugárzott jeleket. Az Esti Hírlap híreiből tudtuk meg az adás és vétel pontos frekvenciáját. Nem amatőr sáv, külön engedélyt kértünk rá. A lejövő ág 136 MHz-en volt. Erre a sávra volt jó antennánk a Ferenc-hegyen. Egyidejűleg adni és venni egy helyről, a viszonylag kis frekvencia távolság (148 és 136 MHz) miatt nem lehetett. Elkészült egy új helix 148 MHz-re. A telepítés helye a Műgyetem Mg épületének tornya volt (4. ábra). Az adó (Góliát), származási helyére ma már nem emlékszem. Úgy rémlik, hogy 4X250-es csövek voltak a végében, és néhány száz wattot tudott kiadni. A 13 dB körüli antennanyereséggel, közel 10 kW teljesítményt indítottunk el a műholdra. Sajnos, kicsit takart a Gellért-hegy, de a 136 MHz-en visszahallgatott jelek szerint, kifogástalan minőségben jutottunk át a fedélzeti átjátszón. Csak nem volt, aki válaszoljon. Az amerikaiak kb. egy hétig hallgatták adásunkat, melynek „műsorába” még a Himnusz is bevetődött. Adásunk „nagy port kavart”, diplomáciai úton kérték kísérletezésünk befejezését.

A '60-as évek a Műgyetemen nagy előrelépést hoztak a hazai űrkutatás terén. Létrejött egy oktatókból, hallgatókból álló bázis, mely a későbbi fejlő-

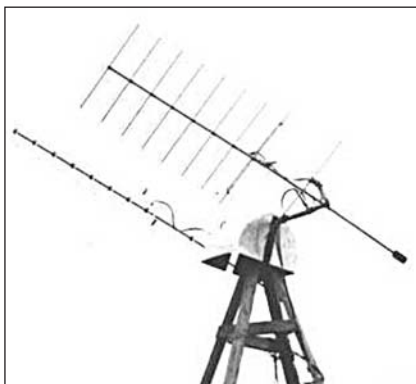


5. ábra

dés alapját képezte. Ez az önképzést jelentette rádióamatőr műholdakra támaszkodva.

A zavarosan induló 70-es évek

Simonyi professzor politikai alapú üldöztetése, majd tanszékvezetőségének megszűnése, maga után vonta a Rakétetechnikai TDK leépülését. Az Interkozmosz tagságunk megkívánta a professzionális háttérű, alapvetően űrtechnológia orientált fejlesztő csoport létrehozását. 1970-ben a Mikrohullámú Híradástechnika Tanszéken (MHT) megalakult a Műegyetem Űrkutató Csoportja, melyet 40 éven keresztül vezettem. Az 1965-70 közötti időszak űrorientált kutatás-fejlesztési tevékenységében fontos szerepe volt az amatőr rádiózásnak. Ismét felmerült a műegyetemi rádióklub létrehozása. A Magyar Honvédelmi Szövetség budapesti rádió



6. ábra

ós vezetője, *Egervári László*, ellenezte a klub létrehozását.

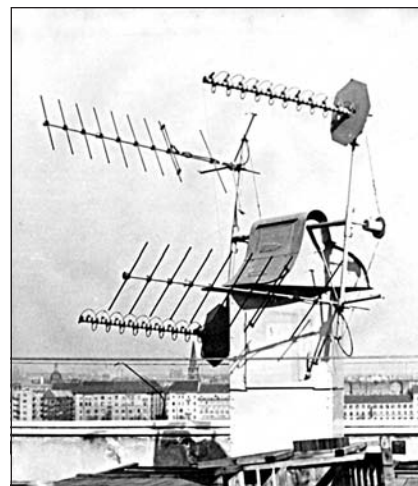
Végül 1972-ben megalakult a Budapesti Műszaki Egyetem KISZ-MHSZ Rádióklubja. Induló hívőjele HA5KFU, majd 1985-től HA5BME lett. A vezetésem alatt induló klub, az elejétől kezdve, fő profiljának tekintette az űrkatatás rádióamatőr vonatkozásait. Működése szerencsésen összefonódott az Űrkatató Csoporttal az azonos vezető személyéből eredően.

A klubhelyiség az egyetem V2-es épület 5. emeletének egyik szobája lett. Működéséhez szükséges pénzügyi támogatást az MHSZ biztosított, elfogadva azt a tényt, hogy a klub alapvetően rádióamatőr jellegű, műszaki fejlesztésekkel foglalkozik. Ezek közül is kiemelve a rádióamatőr műholdakat.

Az 1924-ben alakult klub működése tehát, az 1945 és 1972 közötti „hibernált” állapotban, minimálisra csökkent. A klub, akkor még élő tagjai közül többekkel sikerült beszélnem. Egyre ritkuló létszámmal a Múzeum Kávéházban tartották összejöveteleiket. Beszélgetéseink során rá kellett jönnöm, hogy a nosztalgizálás a fő téma. Nem derült ki, hogy politikai megfontolásból vagy a teljesen más műszaki környezet (műholdak) miatt húzódtak-e vissza. Különösen furcsa volt a helyzet egyetemen belül. Az engem is tanító *Valkó* és *Sváb* professzorok, akik vezető szerepet játszottak az 1945 előtti klubban, nem mutattak közeledési szándékot.

Az Interkozmosz területén meginduló irányvonal döntő módon a fedélzeti tápegységek fejlesztéséhez kapcsolódott. A rádióamatőr munka az OSCAR-5 vételével, a vételre kialakított állomással aratott nagy sikert. Hasonló tevékenységre, önképzésre nem nyílt lehetőség Interkozmosz vonalon, hiszen ott a műholdak vételét a szovjet vevőállomások végezték. A műhold pálya meghatározása, követése, dopplerkorrekció, a vett adatok feldolgozása, értelmezése, mind-mind a résztvevők önképzését szolgálta. Hírnök, munkánk eredményeként, nemzetközi szinten is terjedt. Az 5. ábrán látható képen R. F. Stevens (G2BVN), az IARU Region 1 titkára tekinti meg az akkor még készülő antennánkat.

Az antennák mindig nagy kihívást jelentettek. A Ferenc-hegyi helixek sorsa ismeretlen. Új antenna került a V2 tetejére, mellyel az OSCAR-5 jeleit vettük. Analóg vezérlés és – ha jól emlékszem – potméteres visszajelzés. Két egymásra merőleges síkú yagi 144



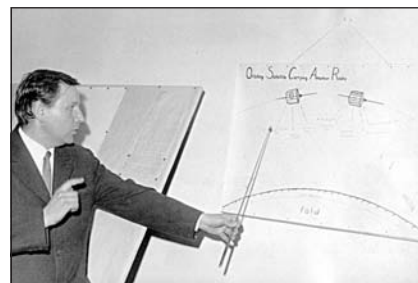
7. ábra

MHz-re, kézi vezérlésű, átkapcsolható polarizációval. Az első V2-es épületre kerülő antenna favázos volt (6. ábra). Folytatása egy „viharálló” változat lett, amit évekig tudtunk használni (7. ábra). Nem sokáig bírta, egy nagyobb vihar a liftház melletti tetőre dobta.

Az OSCAR-6 28 MHz-es lejövő ágát dipólantennával nagyon nehezen lehetett venni. Mechanikus csodaként elkészítettük a 4-elemes keresztyagít. Ennek felállítása nem járt „esemény” nélkül. Átbukott az épület peremén, és bezúzta a klub ablakát.

Még ma is ereklyeként őrzöm azt a levelet, melyben az AMSAT amerikai vezetői felkértek az AO-6 ki-be kapcsolására. A fedélzeti akkumulátor kimerülében volt. A felbukkanó műhold telemetriaadatai alapján kellett eldönteni, maradhat-e bekapcsolva vagy azonnal ki kell kapcsolni. Hazai technika-történeti esemény volt az első műholdvezérlés!

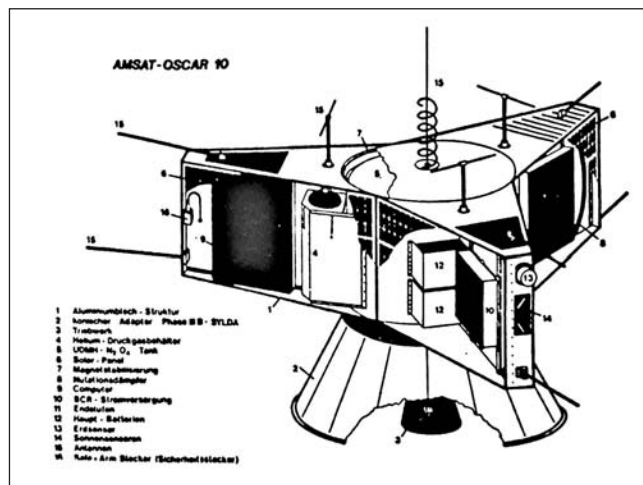
Az AO-7 és AO-6 párosan keresztül – megfelelő pályahelyzetben, amikor a műholdak elég közel voltak egymáshoz – összeköttetéseket lehetett létrehozni. Indulás 432 MHz-en, át a másokra 144 MHz-en, majd a földre, 28



8. ábra



9. ábra



10. ábra

MHz-en. A megfelelő helyzet kiszámítása, az akkori, pályaszámító eszközökkel, nagy kihívás volt, és fejlett égi mechanikai ismeretet kívánt. A 8. ábra képen feltehetően vendégeknak mondom el a két műholdon keresztül történő összeköttetés létrejöttének feltételeit. Ezeket, mind rádióamatőr közegeben lehetett megtanulni.

Az Interkozmosz sikere és annak vonzata

1976-ban az Interkozmosz IK-15-ös műhold vitte az első egyetemi fejlesztésű tápellátó rendszert az űrbe. Sikeres működése, párosulva a rádióamatőr területen mutatott kiemelkedő tevékenységünkkel, további lehetőséget nyitott a rádióamatőr műholdak területén. Először az USA-ban tettem egyeztető látogatást, ahol bekapcsolódásunkat a német AMSAT szervezetén keresztül látták reálisnak.

Rádióamatőr műholdakon valósult meg az, amely a szovjet elutasítás miatt, Interkozmosz vonalon nem kapott szabad utat. A Marburg-i egyetem kötelékében dolgozó *Karl Mainzer* (DJ4ZC) által vezetett csoport egy új műholdsorozat fejlesztésén dolgozott. Olyan feladatot kaptunk, mellyel dédelgetett álmunk vált valóra, nevesül: a napelemektől az akkumulátorig terjedő rész fejlesztését. Minden a mi munkánk lehetett.

Az 1983-as start – sajnos – nem sikerült, azonban az utána következő AO-10 és -13-as kifogástalanul működött. Ez nagy nemzetközi sikert hozott. A világűrben csak jól vagy nem működő berendezések vannak. Teljesen közböbs, hogy azok professzionális vagy rádióamatőr műholdakon helyezkednek el. A két műhold jó referenciát hozott az alkotóknak, akik között több rádióamatőr is volt. A 9. ábra a kb. 65

kg tömegű műhold képét, míg a 10. ábra a belső felépítését mutatja. A mi egységünk (10) a két akkumulátor mellett helyezkedett el (12).

1980-ban indult a világűrbe *Farkas Bertalan*. Nagy álmunk volt, hogy rádiós kapcsolatot létesíthessünk vele. Partner volt ebben, levizsgázott, rádióamatőr lett, HA2SQ hívójelet szerzett. Az űrállomásnak már csak antennát és energiát kellett volna biztosítani. Mindkettő rendelkezésre állt ugyan, csak nem engedték használni. Akkor – gondoltuk – legyen telepes, kézi rádió. Elindítottunk egy ssb adó-vevő fejlesztést 144 MHz-re. Rádiózzon az ablak mögül, kezében a telepes rádióval. Ehhez sem járultak hozzá – mondván – az ablak „átlátszatlan” rádiós szempontból. Később kiderült az igazság: nem szovjet ember lett volna az első, aki az űrállomásról amatőrként forgalmaz. Nagy igyekezetünket, rajtunk kívül álló ok miatt, nem koronázta siker. Szovjet rádióamatőr 1988-ban forgalmazott először a világűrben. Túl gyorsak voltunk...

Csináljátok meg az első magyar műholdat!

– hangzott Karl M. és *Werner Haas* (DJ5KQ) felhívása Marburgban, valamikor 1984 körül. Ezt a felhívást a tápellátó rendszereink kifogástalan működése váltotta ki. Biztattak, adnak minden alkatrészt, a start is megoldható ingyen. Mindjárt a méretet is meghatároztuk: legyen akkora, mint egy tégl. Ez a méret többször eszembe jutott, amikor az ezzel szinte azonos térfogatú MASAT-1 fejlesztésén dolgoztunk.

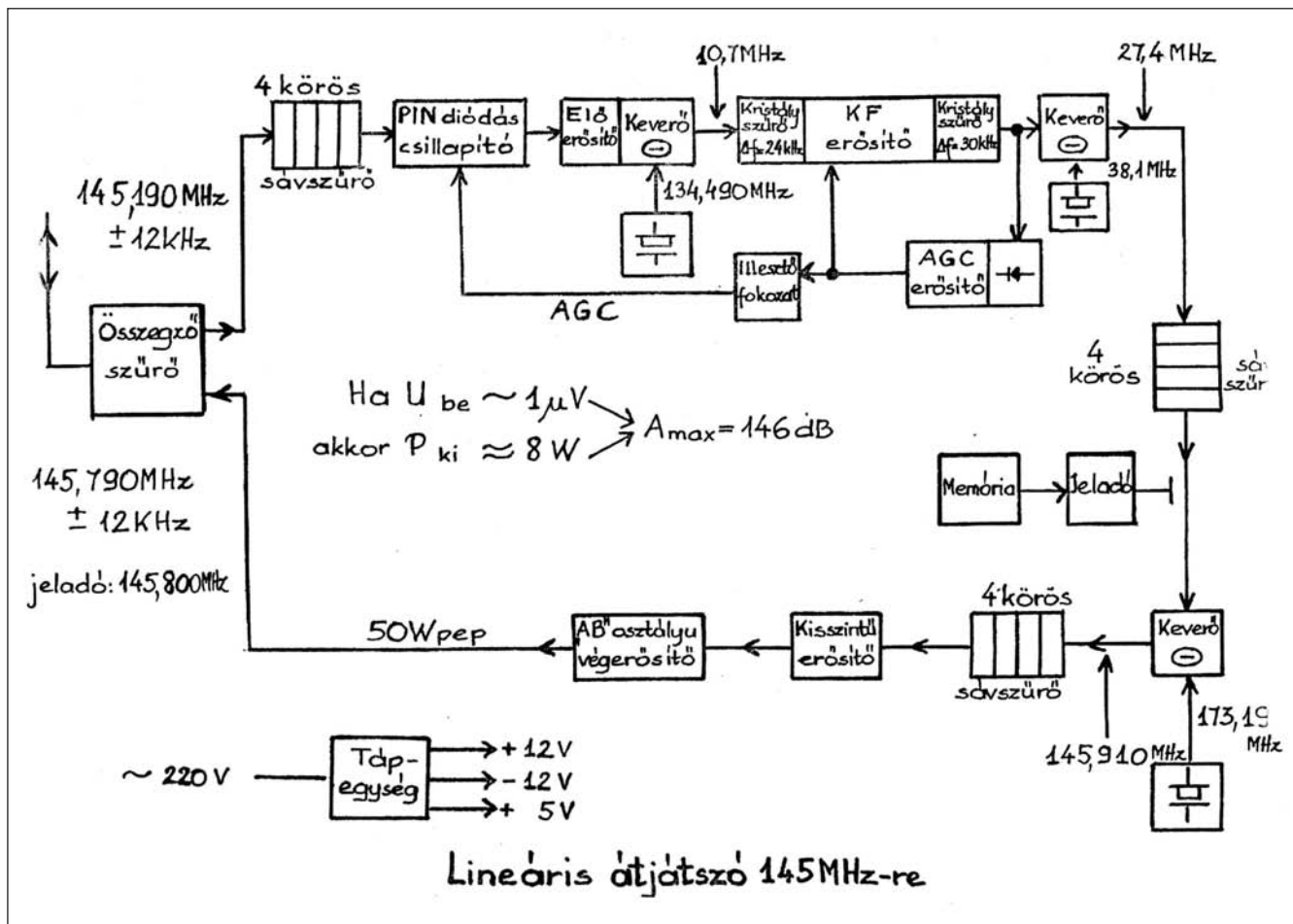
A hazai reakció az MHSZ-vezetés részéről elutasító volt. Kapitalista alkatrészekkel, kapitalista rakétával pá-

lyára állítani szocialista magyar műholdat? Nem! Pedig akkor az első 10 ország között lehettünk volna, ahol műhold készült. (2012-ben a MASAT-1-gyel a 47.-ek lettünk.)

A műholdak fejlesztése területén elért eredményeink alapján az 1970-es évek végén a Nemzetközi Rádióamatőr Szövetség 1. körzete (IARU Region 1.) megválasztott engem a rádióamatőr műholdak koordinátorának. Nyolc éven keresztül töltöttem be ezt a funkciót, amely nem sok munkával járt. Kévs volt akkor még a műhold. Kissé különcöknek tartották a műholdazó rádióamatőröket. Ma már sokkal jobban dominál az oktatásra gyakorolt hatása, az önképzés, amely nagymértékben növelte a felbocsátott rádióamatőr célú műholdak számát. Igaz, ezeknél a motiváció nem mindig kapcsolódik szorosan a rádiózáshoz. A CubeSatok berobbanása után a frekvenciasáv és az ingyenes regisztráció is vonzerő lett.



11. ábra



12. ábra

Az IARU munkájának segítésére IARU hírek sugárzásába kezdtünk az AO-7-es műholdon keresztül. *Novák István* nagy lelkesedéssel szerkesztett, beolvasta a híreket, melyek a titkárságról származtak. Akkor ez úttörő vállalkozásnak minősült. Sok pozitív visszajelzést kaptunk. Az IARU a nagy teljesítményű RF erősítőt biztosította.

1987-ben, hosszú előkészítés után, az IARU mögé bújva, sikerült egy három oldalú összejevetelt megszervezni a Műegyetemre. Szovjet részről a Glavkozmos (a szovjetek űrszállítását koordináló szervezet), német részről az AMSAT képviselői, az IARU képviselőiben jómagam ültünk össze.

A cél nem volt egyszerű – rábírnunk a szovjeteket, vigyenek fel nyugati gyártmányú rádióamatőr célú műholdakat, és lehetőleg ingyen. Ígéret ugyan született, amelyből azután semmi sem lett. Mégis volt hozadéka – az egyetemen sikerült klubunk elismertségét növelni.

Fontos volt, hogy a műholdpályák előre ismertek legyenek, a pálya szük-

séges adatai gyorsan hozzánk érjenek. Ehhez elengedhetetlen volt a gyors és megbízható kommunikáció. Akkoriban a telex volt az a hálózat, amely az írásos átvitelt biztosította. Az MHT vezetője, a titkosság nem megfelelő biztosított-sága miatt, nem engedélyezte a telex üzemeltetését. Az MHSZ vonalon, az eredményes szovjet együttműködésre hivatkozva, viszont megkaptuk a lehetőséget, melyet a professzionális úrkutatási vonalon is jól tudunk használni. Történelmi emlék az azonosítónk: 22 5281 BMECL.

Irány Kelet

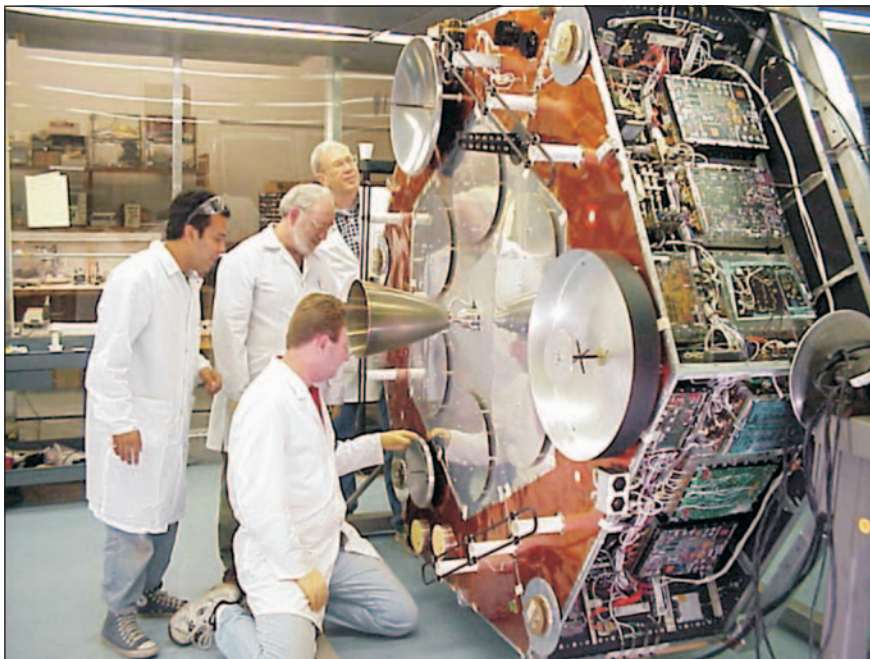
A szovjet rádióamatőrök független utakon jártak. Az RS sorozatnevű műholdjaik sorra álltak pályára. Ha nem engedtek nyugatra, menjünk keletre! – volt a jelszó.

Szándékunknak az MHSZ irányában adtunk hangot. Rádióamatőr vonalon nem reménykedhettünk önálló műhold megépítésében. Mosolyogva fogadták kérésünk. Ismerősök segítségük,

örüljünk, ha egy részegységet megcsinálhatunk. Az sem jött össze.

Többször egyeztetünk, de mindent a legnagyobb titok övezett. Egy alkalommal megmutatták a szovjet műhold belsejét, amely éppen startra várt. Mi már akkor nyomtatott áramköri lapokkal dolgoztunk. A szovjet műhold belsejébe nézve, elképesztő huzal mennyiséget láttam. Sehol egy nyomtatott áramköri lap. Elretentő kinézete volt. A tranzisztorok, IC-k lábait szigetelt huzalok kötötték össze. Biztosra vettem, hogy meg sem fog szólalni. Láss csodát – később kifogástalanul működött. Hatalmas technológiai távolság volt a szovjetek professzionális és a rádióamatőr műholdjai között.

Izgató, hogy lett volna helyünk az orosz rakétákban, hiszen igen sűrűn állítottak ilyeneket pályára, azonban nekünk, magyaroknak, mégsem jutott hely, valószínű a nyugati kapcsolataink miatt. Később, kihasználva IARU koordinátori funkciót, igyekeztem az IARU mögé bújva megnyitni a kaput. Nem sikerült. Az itthoni fogadtatás vi-



13. ábra

szont nagyon segítőkész volt. Az MHSZ-nek jól jött volna, ha a magyarok jutnak először RS-műhold fedélzetére. A tovarisok a szocialista táborból sem minket, sem másokat nem engedtek starthoz jutni.

A kapott támogatások hatására sikerült felújítani a V2 épület tetején lévő antennáinkat. Ezekkel figyelhettük a bennünket érdeklő, szinte kizárólag rádióamatőr műholdakat. Oktatási segédeszközként szerepeltek.

A nagy kihívás az antennák forgatása volt. Megoldani, hogy a motorok lágyan induljanak, a visszajelzés pontos legyen. A műholdak kommunikációjával folytatott küzdelmünk az Interkomosz műholdas adatgyűjtő rendszeréhez kapcsolódott.

A 460 MHz-es sávra készülő helix-antenna csoport az E épület tetejére került. A liftház tetejét sínekkel kellett megerősíteni, melynek terveit Csák Béla professzor készítette, és jelenleg, harminc év után is, felújítva, biztosan állnak. A négyes helix-csoport 430 és 460 MHz között működött (11. ábra). Mozgatása a honvédségtől kapott lokátorvázra épült.

Az antenna és forgatójának tervei Bánfalvi Antal elképzelése alapján készültek. Ő irányította a kivitelezést is. A V2 épületből lehetett távkezelné. A kis-módosított váz lett a MASAT-1 yagi, majd a SMOG-1 vételére készült parabola reflektorú antennák tartó szerkezete is.

A nagy kiugrás, az átjátszók kora

Az URH sávokban meginduló mobil rádiózás szinte húzta magával az átjátszók igényét. A mobil rádiózás nem sokat ér átjátszók nélkül. Több szempontból is kedvező volt az időpont: a professzionális, csöves rádiótelefonok lecserélésre kerültek, és nagy volt a telefonhiány. Az utóbbival kapcsolatban az MHSZ maximális intenzitással igyekezett visszaszorítani a nem rádióamatőr jellegű közlemények továbbítását. Megindult a régi készülékek tömeges áthangolása a 160 MHz-es sávra 144 MHz-re.

Klubunkra a legnehezebb feladat, az átjátszók konstrukciója jutott. Ugyan nem kapcsolódott műholdakhoz, de 600 kHz-es duplex távolság szűrőit sokkal nehezebb volt megvalósítani, mint a profik 5 MHz-ét. A rádiós részt és a szűrők építőelemeit a Budapesti Rádiótechnikai Gyár (BRG) termékeiből raktuk össze. Az átjátszók szinte gyári sorozatban készültek. Rieger István (HA5OK) és Ehmann István (HA7VE), aki sokáig a klub alkalmazottja is volt, vitték a munka nagy részét. Később Bodnár László (HA0IN) váltva Szalontay Mihály (HA5VW) is a klub alkalmazottja lett.

A „széria jellegű” átjátszók mellett azért készültek érdekességek is. A 28 MHz-es sávban működő, Rákoskerten elhelyezett, FM átjátszó forgalmazásra orientált állomást távkezelné lehetett

435 vagy 144 MHz-en. Távkezelt állomás került János-hegyre, és hosszú küzdelemmel megszületett a Balaton körzetében működő átjátszó összekötése a budapesti körzettel. A Galyatetőre tett lineáris átjátszó már eltért a szokásos FM üzemtől. Több állomás forgalmazhatott egyidejűleg táviró vagy ssb üzemenben. Sok-sok munka, hatalmas lelkesedés. A blokk-sémáját a 12. ábra mutatja, az elképzelés még ma is megállná a helyét.

Segítettünk az Erdélyieknek is. Nagy meglepetés volt hallani az elmúlt évben, hogy a Hargitára telepített átjátszónk még ma is üzemképes. Hosszas egyeztetés után az első moszkvai átjátszó vezérlő egysége is klubunk terméke volt.

Összeszámolva, közel húsz átjátszó, speciális állomás készült klubunkban. Természetesen mindezt nem tudtuk volna megtenni, ha nem érezzük a lelkes rádióamatőrök támogatását, segítségét. Erre nagy szükség volt, hiszen az MHSZ nem örült a gyorsan növekvő létszámnak (sok lúd...). Sokat tudtam segíteni azzal, hogy abban az időszakban voltam a MRASZ elnöke.

Az átjátszók konstrukciójával kapcsolatos tevékenységen keresztül nagyon sokat lehetett tanulni a teljes rendszer működésével, műszaki problémáival kapcsolatban. A rádiótelefonok betörésekor erre az alapra építve, jó állást lehetett találni a professzionális világban. A fejlesztők közül Farkas Botond választotta ezt az utat.

A csúcson közel tízezerre nőtt az engedélyezett rádióamatőrök száma. Történelmi rekord. Ma örülünk, ha megvan a harmada.

Innováció a társadalomnak: Rádióamatőr Készenléti Szolgálat (RKSZ)

A rádióamatőr kezében egyedi kommunikációs lehetőség van. Ezt nemcsak hobbi szinten lehet használni, de vészhelyzetekben fontos alkotó eleme a mentési folyamatnak! Ennek a lehetőségnek a kihasználtsága még szélesebb körűvé vált, amikor megjelentek a gépkocsiban elhelyezett üzemeltetésre is alkalmas rádiók.

Már csak egy hírközlési útvonalat kellett biztosítani, hogy a fontos információk gyorsan célba érjenek. Némi töprengés után megszületett az 500 Hz-es szelektív hívásra alapozott, a megyei tűzoltóságokon elhelyezett, 2 m-es átjátszó háttérre támaszkodó hálózat.



14. ábra

Első hívását, mellyel a nagykovácsiban kigyulladt bozótokhoz kértem oltási segítséget, még nagyon sok hasonló, segítségkérés követte. A rendszerváltás után gyors ütemben elterjedt a rádiótelefon, és a vele együttjáró mobilitás, háttérbe szorította a ma is társadalmi elismertségéért küzdő, segítőkész rádióamatőröket.

A halódó Interkozmosz és a rekorder AO-40

Az Interkozmosz és a lehetőség a rádióamatőr műholdak terén szovjet/országi együttműködésre, a rendszerváltást követő években elhalt. Maradt és léteért küzdött a német rádióamatőrök által összefogott, több ország rádióamatőrjei által összeállított „szuper” műhold, a 650 kg-os AO-40 (13. ábra).

Karl (DJ4ZC) elképesztő akarata tartotta össze a stábot, majd egészségi problémái miatt vezető szerepe háttérbe szorult. A konstruktőrök között sok

profi is volt, például nyugdíjas NASA mérnökök. A fenti szuper műholdnak sajnálatos vége lett, pálya-korrekció közben felrobbant.

Az AMSAT felkérésére mi a már jól bevált fedélzeti egységek fejlesztését vállaltuk, amely a napelemekből származó energiát irányította az akkuk, illetve a fogyasztók (átjátszók) felé. A nagy előrelépést, egy újabb önképzési feladatot, a nagy teljesítmény jelentette. A három, 1 kW teljesítményt is kezelni tudó egységek sikeres működése nagyon jó referenciát adott a professzionális munkák irányába is. Túlás nélkül írhatom, ez meghatározó volt abban, hogy ESA-tagságunk nélkül, megkaptuk a Rosetta-Lander tápellátó egységeinek fejlesztését. Ismét igazolódott, hogy a világűrben működő egységek esetében nincs különbség az amatőr és a professzionális műholdak között. Ezt a referenciát a professzionális fejlesztésekben nem tudtuk volna megvalósítani.

Érdemes megjegyezni, hogy a tragikus végű AO-40 fedélzetén volt a Monitor nevű kísérletünk, mely SMOG-1 elődjének tekinthető. Igaz, ennek a Föld körüli térség rövidhullámú megfigyelése lett volna a célja, szemben a SMOG-1-re tervezett ultrarövidhullám megfigyelésével. Az AO-40 felrobbanása előtt már tudtuk, hogy a kísérlet antennája az egyik beszorult napelem szárny alatt maradt. Amíg élt, addig igyekeztünk a telemetria adatait venni, minél többet megtudni, hogyan működnek a fedélzeten lévő egységeink. A 2,4 GHz-es vételre új parabola került a V2 épület tetejére, és

folytatódott a küzdelem az új antenna-forratóval (14. ábra).

Újabb kísérlet egy magyar műhold létrehozására (BME-200)

A rendszerváltás éveinek teljesen bizonytalan helyzete, a megszűnő MHSZ és vele együtt a klubok támogatásának megszűnése, vetette fel a 200 éves egyetemi évfordulóhoz kapcsolódó, fennmaradást biztosító ötletet: Építsünk műholdat az egyetem tiszteletére! Az első magyart! Harmadik nekiszaladás. *Bernáth Dezső*, az éppen széteső félben lévő MHSZ akkori egyetemi vezetőjének kapcsolatain keresztül sikerült bejutni a köztársasági elnökhöz. Az egyetemnek, akár napjainkban is, nagyon kevés pénze volt. Támogatást csak „nagy emberektől” remélhettünk. Az 50 milliós igény, mai szemszögből nézve, nagyon szűkösen lett volna elég embereink állásának megmentésére és a projektre. Hiába volt magas szintű védnök, a miniszterek nem látták szükségesnek támogatásunkat a BME-200 megvalósításához.

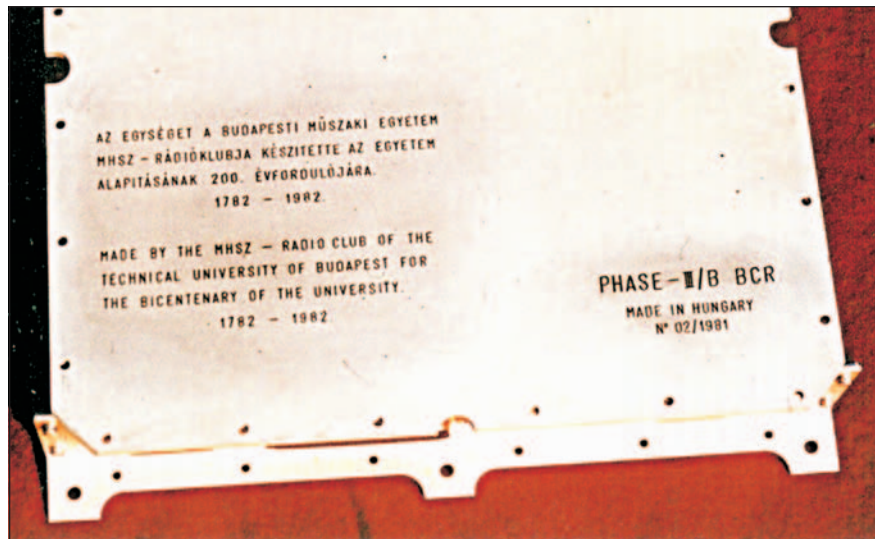
A háttér, az Interkozmoszból származó „maradék”, csehszlovák gyártmányú műhold-váz (15. ábra), pedig jó alapot adott volna a megvalósításához.

Kis kárpótlásként az AO-13 egyik energiakezelő egységének fedőlapjára került a 16. ábrán látható felirat.

A klub létszáma lecsökkent, a V2-es épület kiürítése után megindult a küzdelem a klub fennmaradásáért. Új elnököt választottunk *Dudás Levente* (HA7WEN) személyében.



15. ábra



16. ábra



17. ábra

Fény az alagút végén: Twiggs ötlete

A XXI. század első évei hazánkban a lértér való küzdelmet hozták a professzionális űrkutatás és az amatőr rádiózás területén is. Mindkét vonal leépült, ESA tagság nem lépett a megszűnt Interkozmosz helyébe, és az MHSZ nyújtotta védőpajzs sem tartotta életben a rádióamatőr mozgalmat. Az AO-40 kudarca egy időszak végét jelentette, amely a nagy, rádióamatőr célú műholdak fejlesztését lezárta. Nem volt pénz, és ami még rosszabb volt, szétszéledt a fejlesztő garda is.

Az USA-ban viszont, az Apollo program után visszaszorult űraktivitás egyre nagyobb támogatást kapott. A NASA és a meginduló magán tőkére épülő űrtechnológiai fejlesztések egyre több jó, erősen motivált mérnököt igényeltek. A klasszikus elven működő oktatás nem tudta ezt a feltételt biztosítani.

Az ezredfordulón Twiggs professzor az USA-ban állt elő az ötletével. Azzal, hogy az egyetemi hallgatókat egy teljes műholdtervezési, elkészítési, majd a pályára állás utáni üzemeltetési munkába is be kell vonni. Mindent az oktatás részeként kell megoldani. A megvalósítás módja: olyan áron kell megtervezni, hogy az egyetemek által, esetleg szponzorok segítségével, megfizethető legyen a képzés. Így született meg a kockaműhold (CubeSat), melynek elmérete mindössze 10 cm. Az alacsony költségű előállítás olcsó, a mindennapi elektromos eszközeinkben lévő alkatrészek felhasználását kívánta.

Ne feledjük, ma már nincs olyan nagy minőségi különbség az űrben történő felhasználásra készült, és pl. a zsebünkben lévő rádiótelefonokban lévő alkatrészek között, mint 20-30 évvel ezelőtt. Sokat fejlődött a kommersz alkatrészek gyártástechnológiája. Más szóval: az olcsó, „polcra levezhető” al-

katrészeket használó kockák élettartama, a megfelelő földi tesztek után, akár a 10-15 évet is elérheti. Ennek a ténynek is nagy szerepe volt a kis költségű megvalósításban.

A pályára állítást, a rakétába építést, nagyban gyorsította, olcsóbbá tette a kockák szabványosított mérete.

A rádióamatőrök szerepe, kockák a pályán

A CubeSatok az olcsó startköltség és a rövid élettartam (ne legyen sokáig űrszemét) miatt alacsony LEO (Low Earth Orbit) pályára (400-700 km) kerülnek. Az alacsony pálya azt jelenti, hogy a műhold láthatósága, jeleinek kis vételkörzete miatt, a minél több telemetriaadat vételéhez, sok földi vevőállomást kell igénybe venni. Előterbe kerültek a rádióamatőrök.

A másik ok, amiért a rádióamatőrök azonnal bekapcsolódtak a kockák megfigyelésébe, hogy a kockák adataik továbbítására, vezérlésükre felhasznált frekvenciasávot a rádióamatőrök használták. Ez nem volt ellentmondás, mert tevékenységük szerves részét az önképzés képezi.

Tehát, jól jártak az egyetemek (talán – a mai, népszerű elnevezést használva –, ez is duális képzésnek tekinthető) és a telemetria jelek vételével, az égi mechanika alapjainak megismerésével, alkalmazásával, továbbképezhették magukat a rádióamatőrök.

Természetesen a kockákat éppen úgy kell nemzetközi szinten regisztrálni, mint a professzionális műholdakat. Regisztrálásuk ingyenes. Az IARU koordinációs csoportja segít az adatokat előrendezni, a frekvenciákat egyeztetni, mielőtt az ITU elé kerülne a kérés. Meg kell jegyezni, hogy a kis méretű kockák sikere hatott a professzionális műhold építőkre, tervezőkre. A gyors megvalósítás, az olcsó start, vonzó tényezők.

Az MRC szerepe MASAT-1 meg születésében

A 2006-ban lendületet kapott, megvalósítási lehetőséget látó MASAT-1 fejlesztő csoport tagjai között kis számban voltak rádióamatőrök. Be kell vallani, hogy a MASAT fejlesztői csapatból többen nem is rokonszenveztek tevékenységükkel mindaddig, amíg segítségükre nem szorultak.

Az újjáalakult, a régi nevét visszavevő Műegyetemi Rádió Club (MRC)

egyik háttér volt a fejlesztéseknek. Különösen a földi állomás kialakításában játszott meghatározó szerepet. (Sajnálatos módon az E épület tetején lévő helix-csoportot, forgató rendszerével együtt, megette az idő vasfoga.

A V2-es épület tetején lévő 70 cm-es és 2 m-es yagik az AO-40 vétele után meglehetősen leromlott állapotban voltak. Felújításuk, üzemeltetésük jó tanuló terep lett a későbbi, nagyobb antennarendszer elkészítéséhez. Maradt az egyszerű antenna (17. ábra), amelyik Charles Simonyi repülésekor élesben is bevetésre került.

Kifogástalan működéséből két hasznos tanulságot lehetett levonni: kicsi a nyeresége és megbízhatatlan a forgatása. Viszont tökéletesen megfelelt a Nemzetközi Űrállomásról (ISS) érkező, nagy szintű jelek vételére, de alkalmatlan lett volna MASAT-1 gyenge jeleinek erősítésére.

Ne feledjük, Charles Simonyi ISS-ről történő rádiózása rádióamatőr háttérre épült. HASMRC a rádiózás irányításában, lebonyolításában meghatározó szerepet játszott. A 18. ábrán klubunk jelenlegi elnökét, Dudás Leventét látjuk az ISS összeköttetésre készült „kerti állomásán”.

Vissza az E épület tetejére

Az E épület tetején a helix-csoportot tartó, lokátor mozgató mechanizmusából származó oszlop az alattuk lévő, a liftház tetejére, oldalfalaira épített sínezet, a több mint 30 éves „nyugalmi állapota” után nagyon lerobbant állapotban volt. A MASAT-1 fejlesztő csoport egyes tagjai lebontásukat szorgalmazták, míg a reális látók felújításukat, az oszlop megemelését javasolták. Az utóbbiak győztek. Kulcsár professzor irányításával, tervei alapján magasztásra került a dönthető oszlop. Szponzorok segítségével megújult a falba épített sínezet, amely a mai napig



18. ábra

is kifogástalan tartást ad az azóta lecserélt antennáknak is.

Az újonnan felkerült antennák két frekvenciasávban (144 és 435 MHz) történő vételt céloztak meg. Némi töprengés és a műholdakról várható jel-szintek értékelése után született meg a döntés: kettős kereszt-yagi 145 MHz-re és négyes, nagyobb nyereségű, 18-ele-mes yagikból álló négyes csoport 435 MHz-re (**19. ábra**). Nehézséget okozott az összefogásukhoz szükséges műanyag alkotóelemek beszerzése, a kábelezés, az összegzés megvalósítása. A 145 MHz-es yagik inkább a teljességre törekvés miatt – legyünk képesek minél több kockát venni – kerültek fel. Használatukra nagyon ritkán került sor.

Szerencsére akadt lelkes segítő gárda. Az akkor még működő MALEV rádióklub tagjai, *Muhari István* vezetésével, kitűnő mechanikus gyakorlatukkal, gyakran dolgoztak a tetőn. Az elkészült rendszer forgatójával, vezérlésével éles bevetésben a MASAT-1 vételekor, vezérlésekor is jól vizsgázott.

A start utáni izgalmak háttere

2012. február 13. – maradandó időpont a hazai űrtevékenységben. Pályára állt az első magyar műhold, a MASAT-1!

Az első pálya, ahol már bekapcsolt a fedélzeti adó, Kuba fölött ment át. A 437,345 MHz-es jelek vételére olyan rádióamatőrt kellett találni, aki Kubában vagy Floridában lakik, és megfelelő berendezéssel rendelkezik. Kubai ismeretségem felhasználásával sikerült három lelkes rádióamatőrrel felvenni a



19. ábra



20. ábra

kapcsolatot. Mint később kiderült, az egyetlen akadály: nem rendelkeztek megfelelő antennával, vevőkészülékkel. A megújított keresés végül Mikihez (*Beregszászi Miklós*, W4KBP), a Floridában élő, magyar származású, jó állomással és internetkapcsolattal is rendelkező rádióamatőr társunkhoz vezetett (**20. ábra**). Skypon érkezett a hír és hang, megszólalt MASAT-1.

Az első lehettem, aki a távíró jelek megfejtésével, meg tudta mondani az akku állapotát.

Telemetriavétel, rádióamatőrökre támaszkodva

Vita volt a telemetriarendszer kialakításában a fejlesztő csoport tagjai között. Az „ősdí, divatja múlt” morzekódolás alkalmazását többen elleneztek. Csak számítógép kommunikáljon számítógéppel. Nem lett igazuk, volt olyan, számunkra fontos megfigyelő (Szibériából), aki csak a morzejelek vételén keresztül tudta az akku feszültségét és hőmérsékletét elküldeni.

A MASAT-1 megfigyelésében résztvevők, szinte kizárólag, rádióamatőrök voltak. Segítségük nélkül nehezen lett volna megvalósítható a technológia-kísérlet, a fedélzeti berendezések állapotának követése. A csúcsidőszakban közel 200 megfigyelő által, az interneten küldött adatok más úton elérhetetlenek lettek volna. Geográfiai eloszlásukat a **21. ábra** mutatja.

Megszülethetett volna MASAT-1 az MRC nélkül?

Természetesen nem lehet egyértelműen igennel vagy nemmel válaszolni. Az MRC, a fejlesztés induló szakaszában nemcsak laboratóriumot, de olyan gyakorló területet biztosított, amellyel a hallgatók, oktatók közel kerülhettek a már mások által megvalósított kockákhoz. Megfigyelésükkel, működésük

követésével sokat tanultak. A klub adta a lehetőséget az antennaforgató tesztekhez, majd Charles Simonyival történt rádiózással a valóságos, rádiós problémák megismeréséhez is.

A megvalósításhoz szükséges pénzügyi háttér biztosításában, a szponzorokkal történő kapcsolat felvételben is sokat segített az MRC ismertsége. Az adminisztráció, az adóengedélyek igénylése, IARU kapcsolat, mind-mind MRC háttérre támaszkodott. Ha távolabbról, összefüggésében nézzük Masat-1 hatását, elmondhatjuk, hogy társadalmi szinten segített felhívni a hazai űrkutatásra a figyelmet, és az általa csapott „ricsaj” felgyorsította az Európai Űrügynökséghez (ESA) való csatlakozásunkat.

Örömmel olvastam több egyetemi jelentést, amelyben az első magyar műholdat a Műegyetem kiemelkedő fejlesztési eredményének tekintik. A rádióamatőr műholdak regisztrációjában Masat-1 az MO-72 nevet kapta.

Természetesen, a hazai és nemzetközi rádióamatőr környezetben is, mint élete végéig jól működő műholdnak, nagy sikere volt. Tegyük hozzá, hogy a pályára állt kockák fele meg sem szólal.

Visszatekintve, számba véve, hogy mi minden, híradástechnikához kapcsolódó kihívásokban vett részt az 1945. előtti MRC, elmondhatjuk, meg tudtunk maradni, vissza tudtunk emelkedni elődeink szintjére.

Hogyan tovább?

A MASAT-1 sikere megnyitotta volna az utat a továbblépéshez. A csoport két részre szakadt. Voltak, akik MASAT-2-vel akarták (akarják?) folytatni. Nyilvánvaló volt, hogy egy technológiai jellegű kísérlethez, mint kettes számú magyar műholdhoz, már nem lehet pénzügyi támogatásokat találni. Közpon-ti támogatásra kicsi volt a remény. A csapat tagjai közben mérnökökké váltak, és mérnöki fizetést szerettek volna kapni. Az első becslések szerint több mint 200 millió forintra lett volna szükség MASAT-2 megvalósításához.



21. ábra



22. ábra

Az alap megközelítést kellett volna feladni: oktatási keretben tartan a megvalósítást! Irreálisnak tűnt. A csapat egy része vállalkozást indított, elhagyta az egyetemi keretet.

Hárman, Dudás Levente, Hödl Emil és jómagam, hittünk abban, hogy egyetemen belül kell maradni, és oktatási keretbe téve dolgozni egy következő műholdon. Az biztosnak látszott, hogy a MASAT-1 méretű műholdra pénzügyi háttérrel biztosítani, szponzorok által, lehetetlen.

Nemcsak műegyetemi környezetben volt gond a fejlesztésekhez szükséges pénz előteremtése. Gazdagabb országokban is nehézséget okozott. Twiggs újabb javaslattal állt elő, amely egy 5 cm élhosszú kocka műhold megalkotása volt (22. ábra). De még ennek megvalósítása, a start költségeinek lényeges csökkentése mellett is, komoly gondná vált. Az alapszolgáltatások mellé kísérlet-jellegű mérés, a vizsgálat elektronikájának illesztése a kis térfogatba! Nem kis feladat!

Az ionoszféra fölötti térség vizsgálata

A rövidhullámú (RH) összeköttetések segítője az ionoszféra. Állapota meghatározza, hogy hová jutnak el jeleink. Az 1980-as években, amikor még a politikával súlyozott döntések határozták meg az RH-n kisugárzott teljesítményt, gyakran felmerült, hogy mekkora teljesítmény jut az ionoszféra fölé, ki a

világűrbe. Nem kellett más, csak egy műhold fedélzetére helyezett mérőrendszer. Egy spektrumanalizátor vagy ahogy többször hívtuk: egy repülő antenna.

Megszületett a Monitor kísérlet ötlete, amely az AO-40 fedélzetére került. 3...30 MHz között mérte volna az ionoszféra fölötti, az azon átjutó jelek szintjét. Kis méret – kis fogyasztás. Az antenna külön kihívás volt. Végül egy 2 m hosszú bot került antennának, behajtva, az egyik napelem szárny alá.

A földi mérések biztató eredményt adtak. Akkor még sok, nagy teljesítményű műsorszóró adó sugárzott az RH sávban. A BBC egyes adásai 1 MW körül „támadták” az ionoszférát. Nem volt nehéz venni a jeleiket.

Az AO-40 2000-es startja már eleve rosszul indult. Nem nyílt ki a napelem, alatta maradt az antenna. Ezzel számunkra befejeződött a kísérleti lehetőség. Nem tudtuk meg, hogy mekkora jelszintek jutnak az ionoszféra fölé. Minden előkészítés, fejlesztés az MRC-hez kötődött. Több doktorandusz hallgató is lelkesedett a témáért, de végigvinni egyiknek sem sikerült.

A leporolt ötlet

MASAT-1 előkészítő összejeveletei során, 2007-ben merült fel ismét a Monitor kísérlet. Azt nem támogatták a konstruktörök abbéli félelmükben, hogy ez a bonyolítás nagyon csökkenti a 10 10 cm-es élhosszúságú kocka megvalósításának esélyét. Különösen, a viszonylag hosszú antenna igénye keltett riadalmat.

A műhold kis teste miatt egy, a sugárzóhoz hasonló méretű ellensúlyt, is el kellett volna helyezni. Maradt MASAT-1, a rövid, 17 cm-es mérőszalagból készült antennájával, mint megvalósításra kitűzött cél. Monitor meg elfelejtve.

Közben, figyelve a földfelszíni vezetékek nélküli rendszerek egyre gyorsabb elterjedését, felmerült bennem, mi is juthat ezekből a jelekből a világűrbe? Az RH tartományban sugárzó adók száma, a politikai feszültségek oldódása miatt, egyre csökkent. Viszont maradtak, sőt számuk nőtt, az URH sávokban sugárzó, nagyteljesítményű adók. Ezek jelei akadály nélkül átjutnak az ionoszférán. Szennyezik a Föld környezetét. Ez is szmog. Elektroszmog.

A megfigyelésre kiszemelt frekvenciasávot, mint legkedvezőbbet, a tv-sávot (470...860 MHz) találtam. Mellé tesszük a rádióamatőr sávot, a 430–440 MHz-et, ahol jeladó is üzemeltethetünk. Erre kalibrálhatjuk a mért értékeket.

BME-1-ből SMOG-1

MASAT-1 megfigyelése, üzemeltetése sok energiát vitt el. A jövő tervei pénzügyileg behatároltak voltak. Tudtuk, hogy csak az 5 cm-es kocka jöhet számításba. MASAT-2 hármunk számára reménytelennek látszott. Ismét szervezni kellett egy új csapatot. Olyan hallgatókból, akik a megvalósítás tervezett vagy inkább becsült tartama alatt az egyetemen maradnak. Ez fontos kitétel volt, mert valamennyi hallgatót úgy kell ellátni fejlesztési feladattal, hogy az egyben egyetemi oktatási feladata is legyen. Hozzon kreditpontot számára. Jó, ha ez diplomaterv, szakdolgozat stb. Tudományos Diákköri művek is születtek a kis kocka részeiből.

Ez lényegesen eltér a MASAT-1 fejlesztési módszerétől, de a gyakorlatban jól működik. Sajnálatos módon a gépészhallgatók az előző műhold tervezéséből kimaradtak. Most bevontuk őket. Dudás Levente a leendő villamosmérnököket vezeti, ő a műhold főkonstruktor is, míg Józsa Viktor a gépészhallgatókat fogja össze. Mindketten egyetemi oktatók.

Az általános érdeklődés megnőtt. 10-20 fő között van a fejlesztést követő hallgatók száma. A projekt vezetése, pénzügyi háttérnek biztosítása, támogatók keresése, kapcsolattartás velük, a start megszervezése pedig maradt az én feladatom.

A műhold nevét, a Műegyetem tiszteletére, BME-1-nek képzeltük el. Némi nézeteltérés támadt a BME Villamos és Informatika Kar (VIK) vezetésével, aminek hatására, a kijelölt misszió feladatahoz illően, SMOG-1-re kereszteltük kis kockánkat. Azonosítója, hívójelle az 1972-től üzemelő HA5BME. Egymás között kis, zsebbe illeszkedő mérete miatt, Zsebi a neve (ld. Zsebi babát Mici Mackó kuckójából).

A névváltás, az egyre szélesedő nemzetközi kapcsolataink miatt, szerencsésebbnek bizonyult, mintha MASAT-2 lett volna a neve. A SMOG szó szinte mindenki előtt ismert nemzetközi viszonylatban is. MASAT-1 esetében támogatóink meghatározó többsége a társadalom széles rétegeiből került ki. SMOG-1 esetében döntően a szakma támogatására számíthatunk. Most fordult elő először, hogy magán személyek jelentős összeggel támogattak. Külön megtiszteltetés, öröm, hogy a Műegyetem VIK a start költségünket fizeti.

A pályára jutás nehézségei

A CubeSat kockák tömege (minimum 1 kg) a rakétára jutás szempontjából kritikusnak bizonyult. A 200 g körüli Zsebi, nem minősül kereskedelmi mennyiségnek, ahogy a hordozókat üzemeltetők látják. Természetesen, többet is rakhatnának egybe, de ehhez a módhoz egy új tartó/kidobó szerkezetre lenne szükség. Nem szerencsés a kicsik formája sem. Nem lehet négyet a cubsatok 1 dm³-jében elhelyezni.

Meglehetősen hosszú keresgélés után sikerült az olasz G.A.U.S.S céggel kapcsolatot találnunk, akik a következő műholdjukban, az Unisat-7-ben kialakított kidobó szerkezetben el tudják helyezni a SMOG-1-et. Kétszeres start. Először a nagy műhold (kb. 25 kg) áll pályára, majd ezt követően kidobja magából SMOG-1-et, feltehetően, több társával együtt.

Az olaszokba kapaszkodva jutotunk el az orosz Dnepr rakétához. A „békésített” (fiatal korában atomtöltet célba juttatására szánt rakéta), 650 km-es körpályára juttatta volna a műholdakat. Valószínű egy vagy több nagy súlyú szomszéddal együtt. Ez a terv kútba esett. Az orosz-ukrán feszült politikai helyzet miatt az ukránok felüggesztették a rakéta átalakításához szükséges alkatrészek szállítását az oroszok számára. Folyamatban van az új start keresése. Lehet, hogy ismét az ESA Vega-1-es lesz a hordozónk.

Az előzőekkel kapcsolatban még az is hátrány, hogy 600-650 km-es magasságba viszik a műholdakat, ahol azok élettartama 20-25 év lehet, ez túl hosszú időtartam. Nem lesz ennyi időre szükségünk méréseinkhez. Jó esetben egy év aktív élettartamot remélhetünk. A fennmaradó időben, mint űrszemét vegetálna. Ezt nem szeretnénk.

Van másik lehetőség is látókörünkben. Indiai start, ahol 450 km-es pálya a kitűzött cél. Itt már mindössze 1-2 év a várható élettartam. Sajnos, csak részben tudjuk befolyásolni a lehetőségeket. Az utolsó szó nem a mienk,

A földi állomás gondjai

Kis műhold, nagy antenna. Egyértelmű volt, hogy a négyes yagi-rendszer nem lesz elég. Legalább 6 dB-lel kellene növelni a nyereséget, amely a meglévő rendszer négyeserezését jelentené. Megoldhatatlannak látszó mechanikus probléma. A fázistoló, összegző kábelek, csatlakozók sokasága „eszi” a tel-

jesítményt. Félő volt, hogy a plusz nyereség jelentős része elvesz.

A másik irány, a parabola reflektorú antenna alkalmazása. A tető teherbírása, a rögzítő szerelvények, a megfizethetőség, a piaci helyzet voltak a fő szempontok a választásnál. Végül a 4,5 méteres parabola reflektor mellett maradtunk. Ezt kitben lehetett megvásárolni. A tartószerkezet kialakítása professzionális gépészeket kívánt (**23. ábra**).

A primer sugárzó egy hátrafele sugárzó helix (backfire helical), mely körpolarizált megvilágítást biztosít. A tíz fok körüli nyalábszélesség pontos követő rendszert igényel.

A közel 16 m² apertura nagy szél ellenállást jelent. Mozgatására a rádióamatőrök által jól ismert BIG RAS forgatót használtuk. Sajnos nem vált be, csiga-fogaskerék áttételét „lerágta” forgatás közben. Jelen cikk írásakor cserélt, erős anyagból készült fogazattal működik. Tervünk szerint, ha szponzorunk az ígérteit tartja, egy új, erős forgató kerül a helyébe.

A nagyobb nyereség előtérbe hozta a környezet zaj problémáit is. Az „eltvedt” WiFi állomások gyakran okoznak gondot a vételben. Ezek miatt a 2,4 GHz-es sáv szinte használhatatlan.

Oda-vissza haszon

Tíz éve, hogy intenzíven megindult a műegyetemi kis műhold-fejlesztés. Az egyik „láb”, amire támaszkodik az a rádióamatőr mozgalom, közvetlenebben az MRC. Joggal felmerül a kérdés, adott-e valamit az MRC műholdas akti-



23. ábra

vitása a rádióamatőr mozgalomnak? Valamit-valamiért.

A válasz egyértelműen igen! A MASAT-1 vételekora nagyon sok látogatónk volt. Valamennyien megismerhették, hogy a régi, saját rádióját építő, nagy távolságú földi összeköttetésekre vadászó rádióamatőr tevékenysége bővült, kiszélesedett. Nem csak a földi összeköttetésekben gondolkozik, de kiszabadul a világűrbe is. Felmerül a kérdés: egyedül vagyunk-e ezzel a kapcsolattal?

A válasz egyértelműen nem. Az elmúlt időszakban világszerte gyakorlat az egyetemekhez kötődő, egyetemi oktatásba integrálódott kis műhold fejlesztés.

Nézve a publikációkat, sok helyen megjelennek a hívójelek. Maga az ötletgazda, Twiggs professzor is rádióamatőr, KE6QMD a hívójele.

Csökkenő korhatár

A MASAT-1 aktív időszakában közel 400 érdeklődő volt kíváncsi működésére, ennyien látogatták meg a vezérlő állomást.

A legfiatalabbak az általános iskola felső tagozatából kerültek ki. A legintenzívebb érdeklődők is ebből a korosztályból származtak. Volt olyan eset, amikor a kísérő tanár kérésére abba kellett hagyni a kérdésekre adott válaszokat, mert félő volt, hogy túl lépik a látogatásra szánt időkeretet. Távozásukkor többen megkérdezték, hogyan kerülhetnek hasonló fejlesztések körébe, hogyan lehetnek mérnökök? Feltehető, hogy ez a behatás életre szólóan befolyásolja pályaválasztásukat

Sokkal nehezebb volt befolyásolni a középiskolásokat vagy az egyetemi korúakat. Ezt a tényt mások is felismerték, és igyekeznek olyan ürrrel kapcsolatos, kedv csináló programokat kitálalni, amelyek ehhez a korosztály érdeklődéséhez illeszkednek. Nem lehet csak könyvből tanulásra alapozni a kíváncsiság felkeltését. Fontos a fizikai valóságában megjelenő megfoghatóság, a működés könnyű megértésének megértése.

A CanSat, a „földi műhold”

A cél a cubsatokhoz hasonló: A lehető legközelebb hozni a világűrt a 10-14 éves fiatalok számára! Mindezek mellett a költségeket is csökkenteni kell.

A fiatalok bevonásakor nem lehet a megvalósítás alsó szintjéről indulni,

nincs idő a technikai módok begyakorlására (forrasztópáka, alkatrészek, szerelő panel stb.). Kész blokkokból állhat össze a „műhold”, és a földi állomás is csak egyszerű, szintén kész elemekből felépített szerkezet lehet, mely egy számítógép USB pontjába visz adatokat, és onnan kapja a működéséhez szükséges energiát is.

Erre az elvre épülve született meg a CanSat, amely a teljes fedélzeti elektronikát (telemetria adó-vevő, számítógép, kísérlet, energia ellátás) egyetlen, 0,33 l térfogatú féműdítő doboz (Can) belsejében helyezi el. Az így elkészített szerkezet, a CanSat, ugyan nem áll műholdpályára, de ballonnal felvihető, esetleg kis rakétával fellőhető, és ejtőernyővel sérülésmentesen visszahozható.

Közben a földre sugározza a telemetriaadatokat. Ha nincs más, akkor egy magasabb épületről is indítható.

Az MRC-ben készülő minta, ismerkedés jellegű CanSat kit, 70 ezer forintba került. Üzemi frekvenciája a 433 MHz-es ISM sávban van, adó teljesítménye mindössze 10 mW. A kittel szállított érzékelők a légnyomás és a környezeti hőmérséklet mérésére alkalmasak.

Az ESA évenként rendez versenyt, ahol a meghívott csapatok közül a két legjobb „műholdja” kis rakéta fedélzetére kerül, mely 1 km körüli magasságba viszi fel a „űdítő” műholdat, és onnan ejtőernyővel ereszkedik vissza a földre. A **24. ábrán** Dobos-Kovács Mihály egyetemi hallgató egy CanSat kit összeállításán dolgozik.

Vissza a világűrbe, a ThinSat koncepció

A CubeSatok munka- és pénzigényesek. Sajnos, az azokat követő PQ-k sem olcsók. Mindegyik nehezen illeszthető a jelenlegi oktatási rendszerekbe. A CanSat nem ad teljes élményt. További gondot jelent a pályára juttatás, és a hosszú élettartam - bár az utóbbit igyekeznek az ISS-ről történő kidobással tovább csökkenteni (10-12 hónap).

Az is tény, hogy az oktatási keretben megvalósított cubsatok iránt, sikeres startot feltételezve, az azt megvalósítók érdeklődése, legtöbbször néhány hétig tart.

Az újabb és újabb kockák alapvető rendszerei azonosak: telemetria, számítógép, energiaellátás. Ezeket ugyan kis vállalkozók árulják, de a műhold integrálása, startra felkészítő vizsgálatai sok



24. ábra

időt, emberi erőforrást kívánnak. A földi állomás létrehozása, üzemeltetése is sok pénzbe kerül, ráadásul csak a pálya kis részén használható.

Twiggs professzor az előző, közel húsz év tapasztalataira támaszkodva, állt elő legújabb ötletével, a ThinSat (talán sovány vagy vékony műholdnak fordíthatnánk) koncepcióval. Befoglaló mérete mindössze kb. 10 x 10 x 2,5 cm. Marad a CanSat-ok módosított szemlélete, azaz az alkotó ne csináljon olyan munkát, amelyet mások már megcsináltak.

Ne fejlesszen tápellátó rendszert, számítógépet, energia ellátást, struktúrát. Mindezt készen kapja, kit formájában. Az alkotó feladata mindössze a kísérletek, mérések területére koncentrálnia. Ezt kell a számára biztosított kb. 50 cm²-es felületen kifejleszteni, összerakni.

Csak működő, de nem startképes állapot elérése a cél. A sikerélmény teljes. Startra kész, mehet az űrbe helyett professzionális fejlesztők, gyártók kezébe kerül, ahol megcsinálják pontos mását oly módon, hogy alkalmas legyen a világűrbe juttatásra. Nincs kiadás a speciális vizsgálatokra (rázás, hőkamra stb.).

További árcsökkentő tényező, hogy az ISS-re szállító rakéta, útban az űrállomásra, 250-300 km magasságban kidobja azokat. Egyszerre akár négyszor tíz darabot. Sajnos a cikk írásakor még nem volt tisztázott, hogy az ITU engedélyezi-e a GlobalStar szolgáltatónak a műhold-műhold kapcsolatot.

Az ELEO (Extra LEO) pálya előnye

Olcsó pályára juttatás, olcsó vétel, rövid élettartam a teljesítendő feladat. Az ELEO tipikusan az ISS alatti pályákat jelenti. Durván 350 km a felső határ. Az

ide kerülő műholdak élettartama néhány nap, maximum néhány hét.

Ebben a magasságban az ionoszféra felső rétegei, F1 és F2 helyezkednek el. Nagyon kevés ismeretünk van Földünket körülvevő ezen térrészről, tehát nyitva a lehetőség a ThinSat-ok számára. Mérjenek, továbbítsák adataikat az azokat váró fizikusoknak.

A földi állomás pótlása az adatgyűjtésre alkalmas, kb. 1000 km magasan keringő műhold rendszerek (Global Star, Iridium) felhasználásával történik. Üzemi frekvenciájuk 1,6 GHz körül van. Könnyű az adás-vételre szolgáló sík antennákat a Thinsat fedélzetén elhelyezni. A ThinSat adatsomagjait ezek a műholdak a pálya bármely pontján veszik, a földre továbbítják és interneten a Thinsat alkotói számára hozzáférhetővé teszik. Valós időben követhetők a mérési eredmények. Akár kétutas telemetria kapcsolat is megvalósítható. Természetesen nem ingyen, de jóval olcsóbban, mintha saját földi állomást kellene építeni.

A ThinSat készítőit terhelő költség összesen nem több, mint amit a SMOG-1 pályára juttatásáért fizetünk.

Hogyan tovább MRC?

A ThinSat költségei már egy szponzorok által támogatott klub számára is elérhetőek. Csábító a gondolat, legyen a MRC-LP (gondolatban már létező kis műholdunk) megjelenési formája ThinSat. Az LP a projekt szinte teljes költségét fedező Lukács Pál (N6DMV/HA5DMV) tiszteletére került a névbe. Ezúton is köszönjük az adományát! (Lukács Pál USA-ban élő '56-os magyar, aki NASA mérnöként vonult nyugdíjba. Magyarak - minden „magyar” szót szófajától függetlenül nagy kezdőbetűvel ír - aposztrofálja magát, és olyan rádióamatőr, aki folyamatos figyelemmel kíséri az itthoni MRC munkáját is. Pali a Nemzetközi Magyar Amatőr Rádió Klub elnökeként aktív szerzője az „NMARK Hírmondó”-nak.)

A rádióamatőrök számára sokat jelentő ionoszféra belső tanulmányozása rendkívül izgalmas, értékes lehet. Legyünk optimisták!

Összegezve: Az MRC több, mint kilencven éves múltjára támaszkodva, a kor kihívásaihoz alkalmazkodva, továbbra is az oktatás két formáját, a rádióamatőrök önképzését és az egyetemi oktatást kívánja segíteni, szolgálni.