

Bay Zoltán csapata és a Holdvisszhang-kísérletek

Az első mikrohullámú kísérletek. A Bay-csoport.	1
Radarkísérletek.....	2
A Holdvisszhang gondolata.....	2
A nógrádi kísérletek	4
Az újabb Holdvisszhang-próbálkozások	4
A sikeres kísérletek.....	4

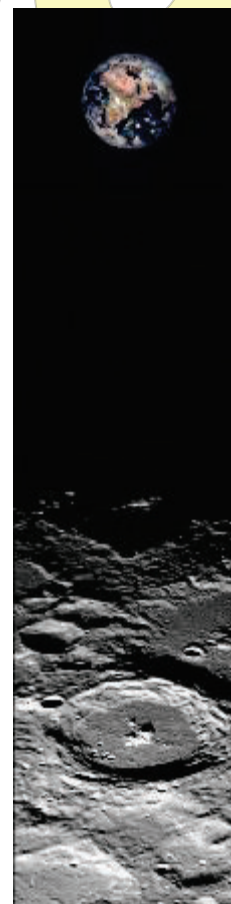
Az első mikrohullámú kísérletek. A Bay-csoport.



Magyarországot, mikor belépett a II. világháborúba, nagyon valószínűvé vált, hogy bombatámadások fogják érni. Ezért döntött úgy a Hadi Műszaki Tanács javaslatára a Honvédelmi Minisztérium, hogy mikrohullámú kísérleteket kell végezni. Ennek kettős célja is volt, egyrészt a mikrohullámú hírközlés, másrészt a repülőgépeknek mikrohullámú felderítése és helyzet-meghatározása. A Haditechnikai Intézet tudott mindkét problémáról, de pontosabb adatokkal, kutatási eredményekkel, módszerekkel nem rendelkeztek, mivel a németek hadi titokként kezelték azokat és még szövetségeseiknek se árulták el. **Bay Zoltán** és társai viszont 1942 elejéig – a németektől függetlenül – tudtak a mikrohullámú hírközlés problémáiról a hozzájuk érkező amerikai folyóiratokból. Innen tudták azt is, hogy az USA-ban kifejlesztés alatt áll egy *radio locator* nevű eszköz repülőgépek felderítésére, amire 118 millió dollár van előírányozva, de a mérési eljárást titokban tartották.

Ilyen körülmények között döntött úgy a Honvédelmi Minisztérium, hogy kötelezi az Egyesült Izzó Kutatólaboratóriumát a mikrohullámú kísérletek elvégzésére, teljes titoktartás mellett és az összes költséget fedezve. Megszerveztek egy **Bay-csoportot**, mely 10 akadémikus-kutatóból, és kb. 30 elektronikus műszerészből állt. A csoportba bekerült még a műegyetemi Atomfizika Tanszék két tanársegéde, Papp György, Simonyi Károly, s két mérnök Winter Ernő (a mikrohullámú csövek kifejlesztése) és Dallos György (a mikrohullámú vevőkörökben volt járatos). A németek annak ellenére, hogy egy oldalon harcoltak a magyarokkal a háborúban, elég titokzatosak voltak, és semmiféle segítséget nem adtak a kísérletek megkezdéséhez. **Bay-t** – civil lévén – katonai titoktartásra hivatkozva nem engedték, hogy részt vehessen a berlini vizsgálatokban. Így mindent maguktól kellett felfedezni és kitalálni, amit a világ más részén már rég alkalmaztak, csak titokban tartották és nem hozták a többi kutatócsoport tudomására.

Először is a mikrohullámú rezgésgerjesztés ügyében kellett dönteni. Mivel nem volt elég pénz, így meg kellett elégedniük a kb. félméteres hullámokkal, szemben az USA-ban „használt” centi- és deciméteres nagyságrendűekkel. Winter Ernő és Budencsevíts Andor a félméteres hullámok keltésére létrehozta egy triódás adócsövet (EC 102), mely 50-60 centiméteren 2 watt nagyfrek-



venciás teljesítményre volt képes. Ez a cső már alkalmas volt a mikrohullámú híradástechnika alapkísérleteinek elvégzésére. Az adó-vevő először az újpesti üveggyár tornya és a Naszály hegy között hidalt át mintegy 30 km távolságot. A későbbi terepkísérletekben 50-100 milliwatt teljesítménnyel 100 kilométeres hatótávolságig jutottak el. Ezzel a **Bay**-csoport munkája a távbeszélés kísérletezésében lezárult.

Radarkísérletek

A rádiólokátor mai elnevezése: *radar*, ami a *Radio Detection and Ranging* rövidítése.

A rádióhullámok visszaverődése révén véghezvitt távolságmérés elve már az 1920-as évek óta ismeretes volt az ionoszféra-kutatásban. Kétféle elvet alkalmaztak:

1. Impulzus-módszer (Breit és Tuve, 1926): T időközökben ismételve t időtartamú impulzusokat küldünk ki. Ha a visszavert impulzusok t időkéssel érkeznek vissza, akkor a visszaverődés távolsága $s = \frac{1}{2} * c * t$, ahol c a rádióhullámok (fény) terjedési sebessége.
2. A frekvencia-moduláció módszere (Appleton és Barnett, 1925): Az adás frekvenciáját T időközökig tartó, $\frac{dv}{dt} = const$ sebességgel fűrészfogszerűen moduláljuk. Ha a visszavert hullám t időkéssel érkezik, a kimenő frekvenciához képest a $t \frac{dv}{dt}$ lebegést mutat, melynek megméréssel t, tehát s meghatározható.

A visszavert jelek észlelése az ionoszféra-kutatásban viszonylag könnyű feladat a rétegek nagy kiterjedése és nagy visszaverő képessége folytán. A kis látószögű repülőgépek felderítésében a visszavert energia kicsiny, így nehezebb bemérni őket. Dallos György továbbfejlesztette a triódás csöveket, és egy közbenső adócső-típust (EC 103) épített 1-2 kilowatt csúcsteljesítménnyel. Így félévvel a munka elkezdése után már észlelhették az első radar-jeleket.

1943 folyamán további fejlesztések is történtek:

- * adókészülék a mikrohullámú rezgőkörökkel (Szepesi Zoltán)
- * impulzusgenerátor (Papp György, Sólyi Antal, Magó Kálmán)
- * adócső és a keverő diódák (Winter Ernő, Budencsevíts Andor)
- * vevőkészülék (Dallos György)
- * katódsugárcső áramkörei (Papp György, Magó Kálmán)
- * parabolikus reflektor és az iránymérés (Simonyi Károly)

Mivel a fejlesztések ennyire előrehaladtak voltak, így 1944 elején szóba kerülhetett egy mikrohullámú radar-típus gyakorlati kialakítása.

A Holdvisszhang gondolata

„Meg fogjuk lokátorozni a Holdat!”

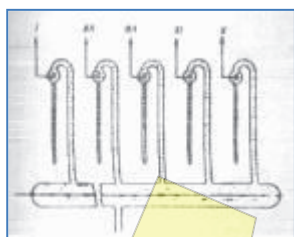
Ezen a kijelentésen felbuzdulva kezdett hozzá **Bay Zoltán**, Papp György és Simonyi Károly 1944 márciusának elején a részletes Holdradar-számításoknak. Viszont a Hold túl messze van, kb. 400 ezer km-re, ami kb. 10-nek a 15-16. hatványával csökkenti az esélyeket a földi radarhoz képest. Viszont nem adták fel a tervet, és mivel úgysem pontos távolságméréseket akartak végezni, így viszonylag hosszú impulzusokkal dolgozhattak, ami az adótól ráadásul kisebb csúcsteljesítményt kíván. De felvetődött két kérdés, melyeket a kísérletek révén akartak megválaszolni:

1. kijutnak-e a mikrohullámok a világűrbe
2. mekkora a Hold visszaverő képessége (r) mikrohullámokon

Feltételezték egyrészt, hogy $r=1/10$, ami a földfelület visszaverő képességének nagyságrendje, másrészt azt, hogy az 1 méter körüli mikrohullámok az ionosféra-rétegeken és a Föld- Hold közötti tér kicsiny plazmasűrűségén akadálytalanul haladnak át, harmadrészt pedig azt, hogy a Holdról visszavert energia a térben egyenletesen szóródik szét.

A rendelkezésre álló adási energiát és parabola-reflektort figyelembe véve a számítások azt jósolták, hogy mérhető jel/zaj viszony kapható, ha az impulzus időtartama 0.05 sec és a vevő sáv szélessége 20 Hz. Különböző nehézségeket áthidalva végül a Holdradar jel/zaj viszonya kb. $1/10$ -re volt várható. De még mindig egy nagyságrenddel maradtak el a „célától”. Ekkor jött az ötlet **Bayt**ól, hogy a jeleket összegezni és ismételni kéne, ami végül is meghozta a sikert.

A Holdnál az oda-vissza futás ideje 2.5 másodperc, tehát ha 3 másodpercenként 1 jelet küldünk ki és a visszavert jeleket összegezni akarjuk, akkor 100 jel esetén a jeleket 5 percig, 1000 jel esetén pedig 50 percig kell megőrizni. Ha a jeleket 50 percig veszteség nélkül akarjuk megőrizni és összegezni, akkor a kumuláló szerv időállandója több órás kell legyen. Sajnos abban az időben még nem rendelkezett az elektronika ezen feladat megoldására alkalmas „memória”-műszerekkel. Végül is a csoport a hidrogén voltaméter mellett döntött, melyben az áram hatására kivált hidrogéngáz vékony kapillárisban a folyadék-meniszkuszt az áramintegrállal arányosan tolja el.



A további terv: Egymás után össze kell kötni 10 voltamétert (balra) a vevőkészülék kimenő fokozatával, az adóimpulzussal szinkronizált időrendben. A 10 voltaméter közös anóddal egy üvegedényben van összeépítve, s az adás és vétel kapcsolásait egy forgó kapcsoló végzi. A kapcsoló forgási ideje 3 másodperc.

Így mindegyik voltaméter az adóimpulzus után meghatározott időpontban kerül bekapcsolásra. Az időskála így definiálva van. A jel, mely a Holdról visszajön, mindig ugyanarra a voltaméterre esik, s ott összegezést nyer. Ugyanabban a voltaméterben a zaj (áramingadozás) pozitív és negatív előjelű, tehát statisztikusan átlagolódik. A többi voltaméter csupán a zajt észleli, így a kísérlet „zéró-vonal”-át adja, melynek statisztikus ingadozása a kísérlet zajának mértéke.

A valószínűségszámítás szerint N impulzus vétele esetén a zaj \sqrt{N} -szeresen növekszik. A jel ezzel szemben lineárisan nő, azaz N -szeres lesz. Így N kísérlet összegeként a jel/zaj viszonya \sqrt{N} -szeresen javul. Tehát 1000 impulzus észlelése közben (50 percig tartó kísérlet) a vevőkészülék eredeti, egy tized jel/zaj viszonya 30-szorosan javul, azaz a jel mérhető módon a zavaró fölé emelkedik.

Megjegyzés: a jel összegzésének és a zaj relatív csökkentésének ezen módszere ma már általános a radarcillagászatban.



Az elvek tisztázása után hozzákezdtek a voltaméter-kísérletekhez Budincsevits Andor tervei alapján. Ugyancsak ő tervezte meg a forgó kapcsolót (jobbra) is.

A nógrádi kísérletek

Mivel a háború, a német megszállás az országra bombatámadásokat hozott, ezért a Honvédelmi Minisztérium 1944 júniusában a **Bay**-csoportot Nógrádverőcén egy penzióban szállásolta el, melynek kertjében felállították az ágyútalpra szerelt reflektort.

A nyár folyamán jól haladt az adó és vevő készülékek kifinomítása és a földi radarhoz szükséges katódsugár-körök kifejlesztése. Így augusztus végén, szeptember elején néhány aktuális, Hold felé irányított adást próbálhattak ki a fizikusok. Ezek sikertelenek maradtak, mivel az öszszes készülék nem „bírt” 50 percig zavartalanul dolgozni. Elég volt, ha csak az egyik nem működött jól, a kísérlet máris leakadt, meg persze az is baj volt, hogy nem volt kielégítő az áramszolgáltatás.

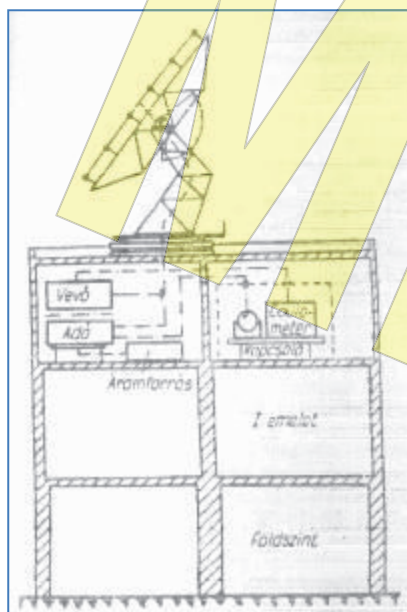
Szeptember végén a hadvezetőség visszarendelte a laboratóriumot Újpestre. A nyilas uralom miatt pedig már komoly munkát sem lehetett végezni.

Az újabb Holdvisszhang-próbálkozások

A bombázások megszűntével a csoport tagjai visszaszállingóztak, s 1945 februárjának végén újrakezdhatték a holdradar felállítását. De hamarosan az Izzó leszerelésre került, és így a kísérlet eszközei is elvesztek.

1945 nyarán hozzákezdtek egy új radarkészülék tervezéséhez. A félméteres hullámhosszon dolgozó berendezés tervét el kellett vetniük, mert sem a mikrohullámú csövek, sem a parabola-reflektorok nem álltak többé rendelkezésükre. Sikertelenül szerezni egy hadi felderítésre szolgáló radart, mely 2.5 méteres hullámhosszon dolgozott. Ez viszont 25-szörös veszteséget jelentett 5-szörösen nagyobb hullámhossza miatt. De ezt a veszteséget részben ki lehetett egyenlíteni nagyobb antennafelület alkalmazásával. E kis korrekcióval már úgy vélték, sikerülni fog a kísérlet.

A sikeres kísérletek



Készítettek egy 6x8 cm² kiterjedésű vaskeretet, mely masszív forgó állványon van elhelyezve, úgy, hogy magassági szöge is változtatható. A kereten 36 dipólantenna foglalt helyet. A radart (jobbra) a Kutató Laboratórium tetején, a műszereket pedig a labor 2. emeletén a radar alatti 2 szobában helyezték el (tervrajz balra). Az egyik szobában elektromosan árnyékolt ketrecben tartották a berendezés legérzékenyebb részét: a vevő végerősítő fokozatait és a voltmétereket a forgó kapcsolóval.



Az adóimpulzus időtartama a forgó kapcsoló által szabályozva 0.06 sec, a csústeljesítmény 3-4 kw volt. Az impulzus 3 másodpercenként ismétlődött. Az időskálát a váltóáram 50 periódusára alapított szinkron motor adta. A vevő nagyfrekvenciás részének sávszélessége 200 kHz, mely elegendő nagy, hogy az adó frekvenciaingadozásait átfogja. A detektálás utáni

körök effektív sávszélessége kb. 20 Hz, ami elegendő ahhoz, hogy az adóimpulzus Fourier-spektrumait átfogja.

A forgó kapcsoló vezérelte az adóimpulzusok kibocsátását, utána az egyes voltamétereknek sorrendben a vevő kimenő fokozatára kapcsolását. Emellett a forgó kapcsoló immunizálta a vevőt arra az időre, míg a nagy adási energia feszültségi hullámokat nem hoz létre a környezetben, melyek az egyes körök munkapontjait nem kívánt hosszú időre elláthatnák. A forgó kapcsoló ezt a műveletet (a csoport tagjai „döglesztésnek” nevezték) külön beépített szegmensekkel és mágneses reléekkel végezte.

A berendezés 1945. december végére összeállt, s a kísérletek megindulhattak. Közben a kutatócsoport lelkes fiatalokkal bővült, s visszatért Simonyi Károly is a hadifogságból. A kísérletek főleg éjszaka folytak, mert az Elektromos Izzó napközben elektromosan „bezavart”. Az antenna irányát állandóan korrigálták, a szabadsághegyi Csillagda adatai alapján számították ki a Hold égi koordinátáit. Minden kísérlet 30-50 percig tartott, melyet egy vakpróba egészített ki. Ez azt jelentette, hogy nem a Hold felé irányították a radart. A kísérleteket Papp György, Simonyi Károly vezetésével Pócza Jenő, Bodó Zsolt, Csiki Jenő, Tary László, Takács Lajos, Horváth Tibor és **Bay Zoltán** végezték. Sok kísérlet fulladt kudarcba amiatt, mert nehéz volt a berendezés különálló részeinek zavartalan együttműködését biztosítani.

Január vége felé egyre biztatóbb kísérletsorozatokot kaptak, s végül február 6.-án jutottak el odáig, hogy a jelösszegzés a jelet a zavarvédő fölé emelte.

A vakkísérletek mellett Papp György egy ellenőrző eljárást is kidolgozott, melyet műholdnak nevezett. Az erősítő végfokozatára ismert, a zaj egységeiben kalibrált jelet vitt rá, mely egy kiválasztott voltaméterre került. A jel az összegzés után úgy jelentkezett, mint egy Holdról visszavert jel. Ilyen mérések azt mutatták, hogy a Holdról visszajövő jel (összegzés nélkül) az erősítő zajának kb. egytizede, ami megfelelt a várakozásoknak.

A kísérleteket 1946 tavaszán többször megismételve arra a következtetésekre jutottak, hogy:

- * a 2.5 méter hullámhosszú jelek kijutnak a világűrbe;
- * a Hold reflektáló képessége $r=1/10$ nagyságrendben van.

Néhány héttel azelőtt, hogy a kísérlet sikerét biztosra vették volna, egy hír látott napvilágot. 1946. január 10-én sikeres holdradar-kísérletet hajtottak végre New Jerseyben. A kísérlet részletes ismertetését idehaza is olvashatták **Bay Zoltán**é, és rá kellett jönniük, hogy bizony az ő berendezéseik kicsit el vannak maradva az amerikaiakétól. Nem elég, hogy sokkal bonyolultabb és kifejtettebb volt, de még a Hold-Föld relatív mozgásából származó Doppler-effektust is ki tudta egyenlíteni, és egyben biztosítani tudta a frekvencia állandóságát.



Mikor e hír napvilágot látott **Bay Zoltán** is értesítette a sajtót a kísérletükről. Az érdeklődés óriási volt, s még aznap este (február 7-én) sajtótájékoztatót tartottak az Egyesült Izzóban.

A következő évben **Bay Zoltán** az USA-ban járva meglátogatta a radarkísérleteket végző laboratóriumot. Látva a fejlett, költséges berendezéseket, rájött, ezekkel nem lehet versenyezni s elállt a további kísérletek folytatásától. Annak ellenére, hogy Szentgyörgyi Albert próbálta rábeszélni a folytatásra, hisz tervét a Természettudományi Akadémia is támogatta volna. A terv szerint

egy óriási antennafelületet lehetne nyerni, ha a földbe üreget ásunk és a gödör felületét fémhálószerű vagy fémlappal burkoljuk. Ma már kiviteleztek ezt az ötletet, a világ legnagyobb mikrohullámú reflektora, a 300 méteres Arecibo-tányér (balra), Puerto Ricóban található.