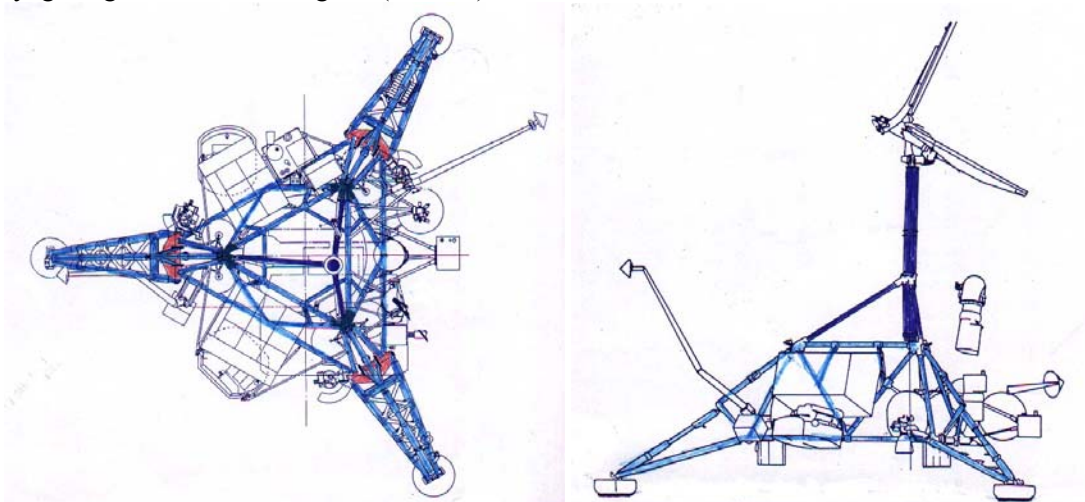


A HUNVEYOR GYAKORLÓ ŰRSZONDA MODELL SOKOLDALÚ FÖLHASZNÁLÁSA A FIZIKA TANÍTÁSÁBAN ÉS A TANTÁRGYI KAPCSOLATOKBAN

Bérczi Szaniszló, ELTE TTK, Anyagfizika Tanszék
Hegyi Sándor, PTE TTK, Informatika és Általános Technika Tanszék
Hudoba György, BMF Regionális Oktatási és Innovációs Központ

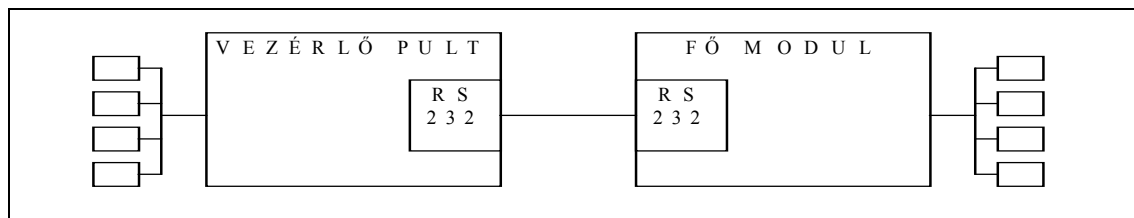
A Hunveyor modell megépítése

10 évvel ezelőtt, 1997 őszén, egy új oktatási formát kezdtünk el az ELTE TTK Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoportjánál. Egy kísérleti és gyakorló jellegű űrszonda modell építéséhez fogtunk. A robotépítéséhez a NASA egy 1960-as években használt űrszondájának, a Surveyornak a szerkezetét és fölépítését vettük mintául. Közülük a Surveyor-7 1968 februárjában szállt le símán a Holdra a Tycho kráter északi lejtőjén és itt a Surveyor-7 mechanikai, mágneses, optikai és sugárzásos anyagvizsgáló méréseket végzett (1. ábra.).



1. ábra. A Surveyor fölülnézetben és oldalnézetben. A világos és egyszerű elrendezés sugallta a mai modellszerű megépítését.

Az űrszonda modell építésével az volt a célunk, hogy megtanuljunk egy olyan összetett kísérleti berendezés építését, amely széleskörűen használható a természettudományos tantárgyak oktatásában. Űrszonda modellünket Hunveyorok (**H**ungarian **u**niversity **S**urveyor) neveztük el. A Surveyorok méréseit bemutató szakirodalomból megérezhettük, hogy mi az űrszonda család Hold felszíni munkasikerének a titka. Az egyszerű vázszerkezet és a jól kigondolt energetika, elektronika és műszerpark. Űrkutatói intézményekben (Space Camp, Huntsville, Space Center, Houston) tett látogatások alkalmával azt is megtapasztalhattuk, hogy az elektronikus rendszer - szimulációs céllal - szintén egy egyszerű alapelrendezésre építhető föl: két számítógép "beszélgetésére" (2. ábra..).

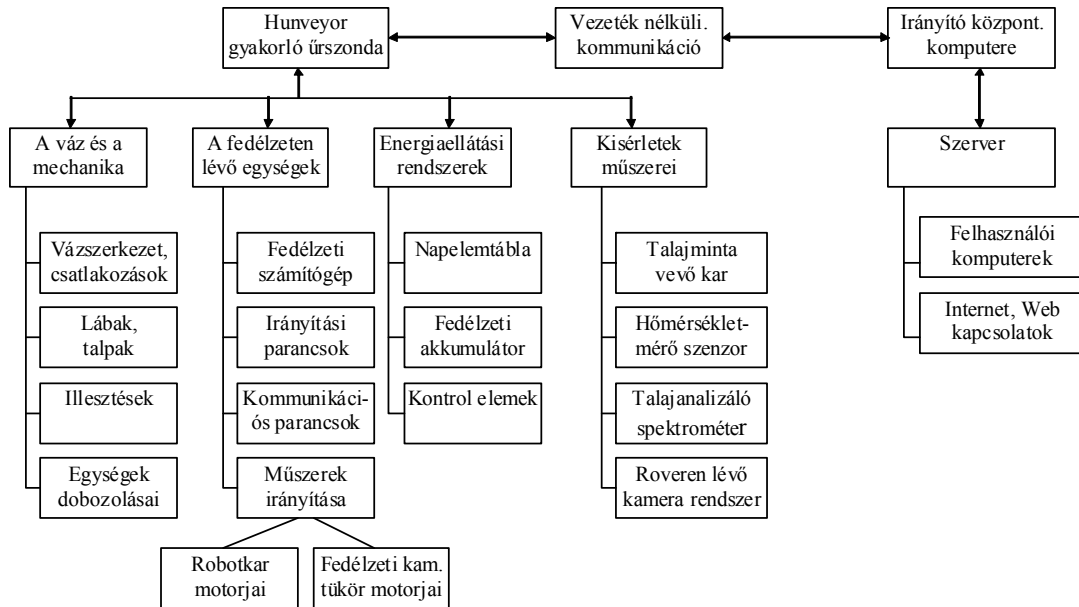


2. ábra. A Hunveyor szimulátor rendszer elektronikus alapszerkezete: két számítógép kapcsolata az RS 232-es soros porton.

A Surveyor űrkísérletek elemzése után a robotépítés először az ELTE TTK Általános Technika Tanszékén kezdődött meg, (később az Általános Fizika Tanszéken folytatódott), majd a munkába bekapcsolódott a Pécsi Tudományegyetem Informatika és Általános Technika Tanszéke és a Budapesti

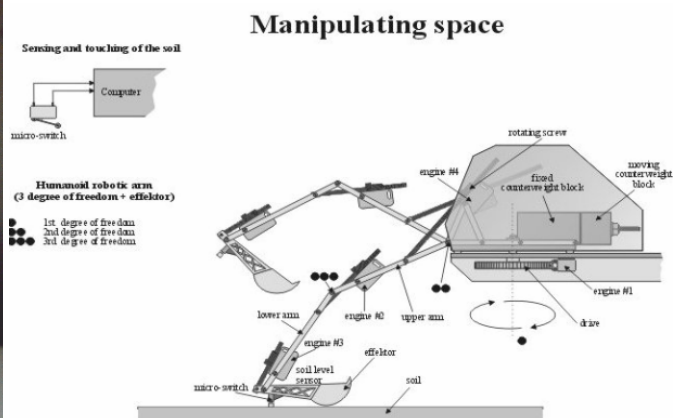
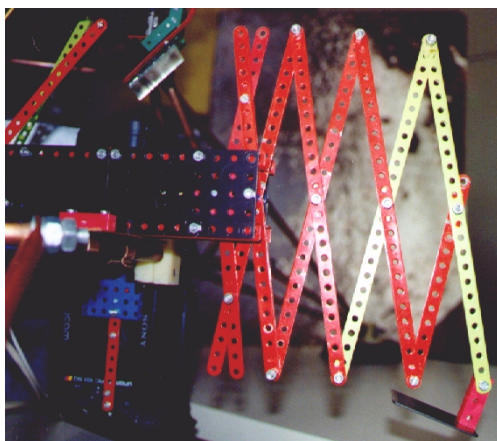
Műszaki Főiskola székesfehérvári Kandó Kálmán Karának a munkacsoportja is (és néhány további intézmény vett még részt a munkában, melyekről cikkünk végén az 1. táblázatban számolunk be).

A Hunveyor gyakorló űrszonda modell a Surveyor 1/3-ados méretű változatának vázával épült. Az alapelgondolás egy olyan minimálűrszonda modell építése volt, amely már megérkezett az égitest felszínére és méri a környezetét. E mérések tervezése során csaknem minden természettudományos tantárgy felségvizére eljutottunk. Egy űrszonda: megszótt irányítási és mérési technológia rendszer (3. ábra.).



3. ábra. A Hunveyor építésének blokkdiagramja

A mozgatók mechatronikai szerkezeteket kívánnak bekapcsolni. A kísérleti gyakorló űrszonda építése során először egy olyan egyszerű minimálűrszonda készült el, melyen robotkar (4. ábra.) és fedélzeti kamera működött. Később termikus-, mágneses-, elektrosztatikus- (porgyűjtő), talajkeménység- ill, talajnedvesség- mérő egységek tervezésére is sor került. Mielőtt rátérnénk arra, hogyan is kapcsolható össze a gyakorló űrszonda építése a természettudományos és technológiai tárgyakkal az egyetemi oktatásban, röviden szólnunk az építés folyamatáról.



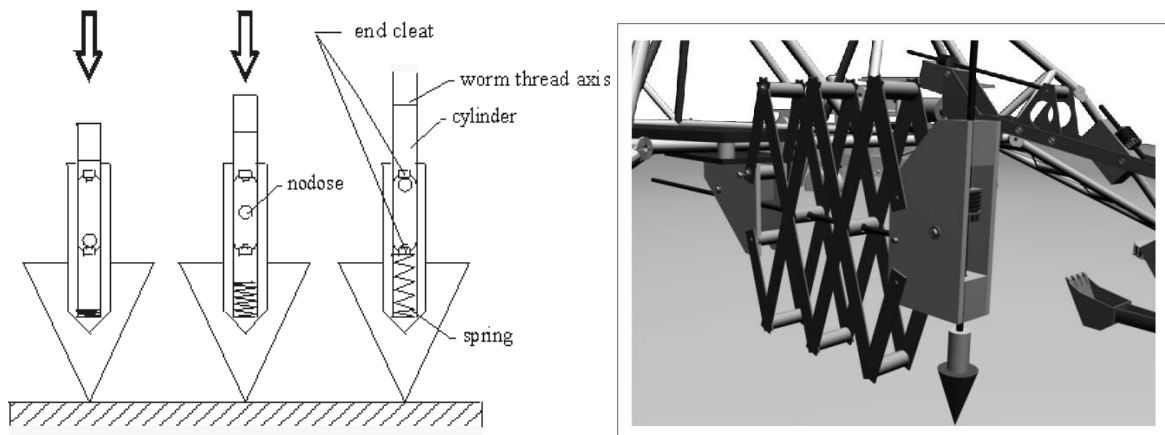
4. ábra. Egy egyszerűbb és egy összetettebb robotkar változat.

Főbb lépések a Hunveyor modellek fejlesztésében

A Hunveyor űrszonda építése során a következő főbb kutatási-oktatási-szervezési stratégiát követtük:

1. A fejlesztési és építési munkát több, egymásra épülő lépcsőben szerveztük meg: először a minimál-űrszonda készült el, majd ezt folyamatosan fejlesztettük, úgy, hogy mindvégig működő egészként szerepelhessen a már elkészült egység.
2. Modul elven építettük az űrszondát: önállóan is fejleszthető, és önmagában is megálló és működő egységeket építettünk, s ezeket az önálló részeket mindig összehangoltuk. Ehhez az összehangoláshoz követelmény az, hogy mindvégig kompatibilisek legyenek a részrendszerek.
3. Fejlesztési szinteket tűztünk ki célul. E szintek beiktatásával fokozatosan valósítottuk meg először az elektromos hálózatról működő. Aztán a hálózatfüggetlen, autonóm változatot.
4. A hazai beszerezhetőséget és alacsony költség szintet szem előtt tartva először PC alapú elektronikát fejlesztettünk.
5. Csoportmunkát szerveztünk. Hallgatói csoportok és társtanszéki együttműködés egyformán részei voltak a programnak.

Egyfajta oktatási fölhasználási lehetőség volt az is, ha a Hunveyor modellen folytatott építési munka elkészítési és megvalósítási folyamatát elemeztük. A Hunveyor építése összetett technológiai folyamat, ezért összefoglalható gyártási folyamatábrán. A gyártási folyamatábrán a művelet sorok térképe, melyen az idő függvényében láthatjuk a munka fázisait. Az oktatási pedagógiában megjelenő szintézismódszerhez és a technológiák összehasonlító módszeréhez is közel áll a Hunveyor gyakorló űrszondán végzett építő és fejlesztő munka. A művelettérkép nemcsak sorba, hanem összképbe is rendezi a szakaszonként és külön-külön végzett építő műveleteket. A munka elemzésének a végeredménye az is, hogy a diákok jobban átlátják és megjegyzik az egyes munkafolyamatokat, a részfolyamatok egymáshoz való viszonyát, átlátják és memorizálják is az egyes műveleti lépéseket. Képet alkothat a nagy munka egészéről, és részeiről is de a reájuk halmozott részletismeretek nélkül. Megismerheti tehát a munkafolyamat ábrázolási hierarchiákat is. Ez pedig előnyösen formálja nézeteit abban az irányban, hogy minden rendszert egy jól megragadható szinten érdemes először áttekinteni, főleg részletek elhagyásával. A szerkezeti hierarchia tehát a diákban formálódó rendszerszemlélet része lesz. Ez a hierarchia ugyanúgy vonatkozik az anyagokra is, melyek tulajdonságait fölhasználja az építés során és a technológiákra, melyek segítségével az építést végzi.



5. ábra. Talajkeménység-mérő alrendszerek terve és számítógépes grafikai megvalósítása.

Egyik újabb célja a Hunveyor modellek használatának az, hogy ismerkedjenek meg a diákok idejekorán egy sokoldalúan fejleszthető, érdekes és komplex rendszerrel, amely összeépíthető részrendszerekből áll és működő egységet alkot. Példaértékű az is, hogy számos technológia lekicsinyítve és más technológiák társaságában fordul elő a Hunveyoron. Az építés során a Hunveyor gyakorló űrszonda a modul szerkezetű építést is érzékelteti. De a Hunveyor használatával azok számára is megismerhetővé válnak az űrkutatásban kifejlesztett konstrukciók eredmények, akik ilyenek közelébe sohasem juthatnak el.

A Hunveyor építési program része volt a Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport (röviden KAVÜCS) munkáinak. Munkacsoportjaink lehetővé tették, hogy az űrkutatási munkák rendszerében is elhelyezzük a Hunveyor modell építését, amely a fejlesztések során a Husar (Hungarian University

Surface Analyser Rover) robotautóval bővült. A Husar modellek belépésével méginkább szétágaztak a megvalósítási lehetőségek. A Hunveyor-Husar rendszer a Pathfinder-Sejourner együtttestet modellezi. A műszerpark megoszlik a helyben maradó és a mozgó egység között. A méretek is kísérletezés tárgyai. Egy harmadik lehetőség is a rendszer bővítésére: egy Hunballon egység magasba emelkedhet egy légkörrel rendelkező bolygótest felszínén. Ma ez a Titánra tervezett kutatás számára tervezhető így.

A Hunveyor-Husar modellek KAVÜCS tevékenységi rendszerében

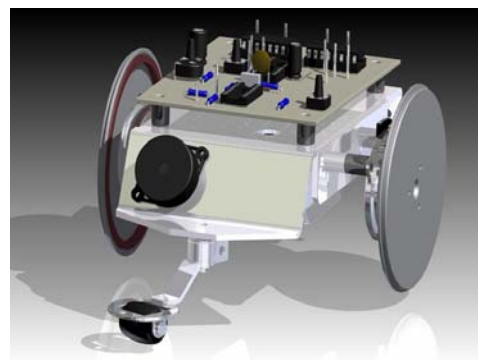
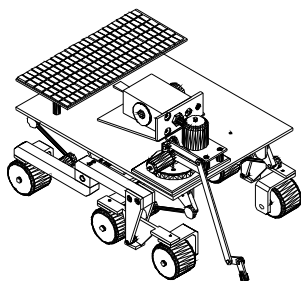
A KAVÜCS munkacsoportjai a kozmikus anyagok vizsgálatának négyféle területén tevékenykednek. A NASA holdközeteinek vizsgálatával indult a munka és rövidesen kiterjedt a meteoritek vizsgálatára is a kőzettani anyagkutatás. Planetológiai vizsgálatokat az égitest felszíni alakzatok morfológiájának területén végzünk és közreműködött űrkutató csoportunk a Naprendszer bolygóit bemutató térképsorozatnak az elkészítésében és kiadásában is (Hargitai Henrik térképeinél).

A Hunveyor-Husar fejlesztések képezték az égitestfelszíni mérések modellezését. Kozmikus szerkezetek tervezésénél pedig az űrkutatás és geometria kapcsolatát vizsgáló csoportunk munkáit is hasznosítottuk (Kabai Sándor). Visszapillantásunknál most összekapcsoljuk mindezen planetáris anyagvizsgáló munkáinkat és a Hunveyor-Husar modell építési és fejlesztési munkáinkat. Mindegyik témánkban fontos szerepet játszik az űrkutatás oktatás is, de egy új formában, az oktató-kutatási formában.

A KAVÜCS nagy tématerületeinek összekapcsolása egy magasabb rendszerbe szervezés keretében történhet. Egy távoli bolygótest anyagainak megismerésére irányuló műszaki-tudományos tervezési és építési rendszert tekinthetjük ilyen magasabb rendszernek. Nevezük végcélnak a bolygóestről begyűjtött anyagok vizsgálatát. (Valójában ezt végezzük a NASA holdközeteinek esetében.) De hosszú műszaki-tudományos tervezési és építési tevékenységsor juttat el bennünket a kőzetmintákhoz, vagy az égitestfelszíni anyagvizsgálatokhoz. E lépéseket, a külön-külön üzemeket kívánó munkákat 10 nagy lépésre bontottuk. Ezeknek a nagy tevékenységi köröknek a nagy részét mi a KAVÜCS keretei között elsősorban megismerni, tanulni és modellezni tudjuk. Mégis, egy áttekintő munka során ha megismerkedünk az egész folyamattal, az egy jó fölkészülési stratégia. A nagy tevékenységi köröket, a tudomány- és iparági lépéseket a mellékelt diagram tartalmazza. Ebből a munkasorból tehát többet tevékenyen művelnek is a KAVÜCS űrkutató csoport tagjai (2. táblázat).

A munkasort az égitest felszínének megismerésével indítjuk. Ennek ma ismert módja egy égitest körüli pályára helyezett mesterséges hold, amely lefényképezi a bolygó felszínét. Második lépésként az égitest felszínének rétegtani (sztratigráfiai) föltérképezése törekszik meg. Harmadik lépésnek azt a műveletet vettük, amikor az orbitális mérések során kőzetek anyagát azonosítjuk és ezek alapján megtervezzük a mintavevő űrszonda leszállási helyét.

Negyedik lépésként illenek ebbe a tevékenységi sorozatba azok a munkafázisok, amelyek során a Hunveyor és a Husar modellek fejlesztése történik. A negyedik lépés űrszonda tervezése bolygófelszíni vizsgálatokra és anyagok begyűjtésére.



6. ábra. A Husar rover egy terve és egy megvalósított modell. A Husar egy utahi terepgyakorlatra is eljutott.

Ötödik fázis magának a mérőeszköznek, mérőrendszernek a megépítése és tesztelése. A hatodik fázisnak a leszálló eszköz égitestfelszínre juttatását tekintettük. Ezt a lépést csak szimulációs bemutatással tudjuk követni munkáink során.

Amikor a bolygófelszín kutató szondák megérkeztek az égitest felszínére ismét bekapcsolódhatunk a munkába. Méréseket, felszíni vizsgálatokat végezhetünk az égitest felszínén. Ezt a mi adottságaink mellett sokrétűen modellezhetjük. Egyrészt a terepasztalon végzett, másrészt az analóg földrajzi tájakon végzett terepi munkákkal. A nyolcadik munkafázis a terepi mérési adatok "Földre", adatközpontokba juttatása. Ezt a munkafázist a mérés során a Hunveyor-Husar modellek és a földi irányító-központ szerepű számítógép közötti kommunikációval tudjuk megvalósítani.

Kilencedik munkafázis lehet a földre jutott (NASA) kőzetminták mikroszkópi (és spektroszkópi) összehasonlító anyagvizsgálata. Ez utóbbi során a résztvevő egyetemi hallgatók a NASA holdközvetek tanulmányozásán keresztül megismerkedhetnek számos planetáris kőzettani anyagfajlissal, bolygóközettani kutatási programmal is. A kutató tanulás lehetőségét a kozmikus anyagokkal párhuzamosan földi anyagok technológiáinak megismerésére is fölhasználjuk.

A befejező munkafázis az egész munkaprogram összegzése, melynek során összehasonlító planetológiai és kozmopetrográfiai szintézis születik. A program elágazásai szinte kimeríthetetlen gazdagsággal követik mindazokat a lehetőségeket, amikbe diákjaink és egyetemi, főiskolai hallgatóink már ma is be tudnak kapcsolódni a nagy űrűgyönségek folyamatban lévő űrprogramjaiban.

Ebben a planetáris anyagvizsgáló munkasorban lehet igazán értékelni azokat a munkafázisokat, amelyeket a Hunveyor építése és a Husar rover fejlesztése képvisel. Fontos mindig tudatosítanunk, hogy mindezt modellezési szinten végezzük, de a nagyobb iparági vertikumban elfoglalt helyét is láthatjuk.

A munkák kidolgozása és megszervezése: a munkákban résztvevő egyetemi hallgatók megismerkedhetnek számos műszaki és terepi geológiai megfigyelési és mérési programmal, melyek részét képezik a bolygókutató programoknak is. Másrészt a terepi munkát „át tudják majd fogalmazni” műszeres közvetett munkává és a Hunveyor-Husar robotépítésen betervezett mérésekké. A hallgatók számára ezzel lehetőség nyílik (már a közép, majd a felsőfokú oktatási szakaszban) az űreszközökkel végzett komplex tevékenységek ipari szintű, igen összetett folyamatába való bekapcsolódásra.

Terepgyakorlatok a Hunveyor-Husar modellekkel

A természettudományos kutatói oldal sokrétűségét nézzük meg például a geológiai oldalról. A célégitest felszínének anyagát, például a holdi vagy a marsi talajt sokféle műszerrel vizsgálták már a simán leszállt Surveyor ill. Viking és Pathfinder robotok, valamint az Apolló űrhajósok is. A terepi geológiai munkák bekapcsolására kiegészítettük Hunveyort egy terepasztallal. A terepasztalt különféle planetáris tájakat modellezhet. Berendeztük már holdi, marsi sivatagi, sőt folyóvölgyi terepként. A Husar roverrel társítva a Hunveyort e tájról internetre képet is közvetítettünk. Az internet címről volt mozgatható a kisautó is és a kaparó kar is. A kar beáshatott és megemelhette a sivatag homokját, mely azután a visszacsorgott a sivatagi tájra. Egyik sivatagunk a Naprendszer főbb kőzettípusait mutatta be. Egy másik marsi sivatagi tájat a Pathfinder által fényképezett olyan sziklával népesítettük be, amelyeket a bolygótestek sivatagos felszínét érő hatások, átalakítások mintázata borította (porlerakódás, becsapódás, áramlás utáni elrendezettség, stb.)



7. ábra. A Hunveyor egy modellje a laborasztalon és egy Mars-analóg terepgyakorlaton (Gánt).

2005-ben célul tűztük ki azt, hogy terepgyakorlatokon is kipróbáljuk a rendszert. Elhatároztuk, hogy olyan planetáris analóg helyszíneket látogatunk meg Magyarországon, amelyek mind a geológiai terepi munka szempontjából, mind pedig a Hunveyor fejlesztések és a mérések fejlesztése és kipróbálása szempontjából sok haszonnal járhatnak a fejlesztők számára. Az első ilyen terepi látogatásra a Kecskemét melletti Fülöpházán került sor. Itt található hazánk egyetlen futóhomokos dűnesora. Második terepgyakorlatunkra Nógrádon, a várhegy melletti mezőkön található éles kavicsok terepén került sor. Ezek a marsi jégkorszaki szelek által lapos oldalúakra csiszolt kőzetdarabok földi párjai. Később látogatást tettünk a béri andezitnél, majd Gánton a külszíni fejtés bányagödrenél. Itt a vörös sziklasivatagi táj vízmosásai, kőzetkibúvási és más felszíni formái tették a terepet szintén marsi analóg tájjá. Egy másik terepgyakorlat csoportot a Mecsek-hegységben tartottunk: Hosszúhetényben a vénuszi kőzetekkel is rokon fonolitot bányásszák. Újabb nagy analóg szimulációs terepgyakorlatunk volt a szentbékkállai és a hegyestűi látogatás.



8. ábra. Szimulációs terepgyakorlaton Szentbékkállán (balra) és a Hegyestűn (jobbra).

Mindkét helyen bazaltok vannak jelen és a bazaltok, mondhatni, interplanetáris kőzetek, csaknem minden égitesten előfordulnak. A szentbékkállai kőzet jelentősége abban áll, hogy a tufában található zárványok egy sorozata rokonítható a marsi eredetű shergottitis meteoritek körében fölismert magmás kőzet-sorozathoz. A hegyestű bazaltoszlopai pedig a kiömlés folyamatáról mutatnak be szemléletes metszéképet, égitestléptéken. Ma még csak elkezdhetjük ennek a gazdag kapcsolatrendszernek a művelését, amit a robotok terepi használata jelent. Újabb kipróbálási lehetőségét jelenítette a Husar rovernek egy amerikai terepgyakorlat, melyet Hargitai Henrik hajtott végre a Sziklás hegységben, a Marsi Sivatagi Bázison a Husar-2b robotautóval.

A Hunveyor-Husar modellek pedagógiai értéke

A gyakorló űrszonda modellek építése a modern oktatási formák felé mutat: tehát pedagógiai értékű is ez az építési program. Tantárgyintegráló szerepe is elvitathatatlan. Az a hallgató, aki egy működő űrszondát a maga sokszínű fedélzeti technológiáival, elektronikáival, informatikai feladataival végiggyakorolt, meg fogja állni a helyét a polgári életben is, ahol a technológiák ismerete és a szervező-építő tudás is nélkülözhetetlen.

A Hunveyor rendszer a jövőbeli érdekesítő oktatás egyik ígérete. A Hunveyor gyakorló űrszonda vázának, elektronikájának, s a kezdetben felszerelésre kerülő egyszerűbb mérő rendszereinek megépítésével a hallgatók informatikai, környezettudományi, fizikai, kémiai és planetáris geológiai ismeretei is gyarapodnak. Fontos, hogy mindvégig egységes egészként kezelik a műszeregyüttest, mint technológiai rendszert, amely befogadja, méri és továbbítja a környezet folyamatairól érkező adatokat. Az űrszonda mérő és informatikai folyamatait kapcsoltan, szintézisben kell, hogy lássák a diákok a környezetben zajló áramlásokkal (szél, víz, talaj, hő, stb.), melyekbe a mérőműszerek "csápjaikat" belemerítik. A Hunveyor kísérleti gyakorló űrszonda építési munkái így rendszerszemléletet is kialakítanak bennük.

A XXI századi oktatásban célunk az is, hogy tantárgyaink legyenek érdekesek és aktuálisak. A végzett feladatok tegyék a diákokat képzeletgazdaggá is. Ezért ne csak kész feladatokat adjunk nekik, hanem mozgassuk meg a fantáziájukat a tennivalók sokrétűségével. Mi, tanárok, már előre kigondoltuk számos részletét a komplex Hunveyor építési feladatnak. De hagyjuk a diákokat szabadon alkotni, csak bizonyos célokat (talajt kaparjon a robotkar, nézzen körül a kamera, stb.) adjunk meg, s a megvalósítást bízunk rájuk. Ez az életre nevelő, konstruáltató természettudomány és technológia oktatás ismét vonzó lesz a diákok számára. Ebben a munkában várjuk az érdeklődő kollégák együttműködését.

A Hunveyor-Husar modell rendszer távlatai

A Hunballon említésével már érintettük a távlati terveket is. A Hunveyor-Husar modell rendszer a földi környezettudomány oktatásának is fontos kísérleti objektuma. A robotokon helyet foglaló technológiák olyan műveletsorokat alkotnak, amelyek mátrixba rendezhetők. Ezzel a Hunveyor mátrixszal a meglátogatott bolygótest felszínén zajló áramlásokat és a Hunveyor-Husar modelleken lévő mérő- és információs technológiákat kapcsolhatjuk össze. Amikor a mátrixot egy űrszonda elvi bemutatására használjuk, akkor az összekapcsolt mérő és információs technológiák térképét láthatjuk magunk előtt, mert az űrszonda: megszótt mérő, információs és adatfeldolgozó technológiák együttese. A Hunveyor-mátrixban (3. táblázat) a vízszintes irányban haladó méréstechnológiák és az oszlopokat képező környezeti áramok keresztezik egymást. Egy bolygófelszíni áramlást különböző mérési műveletekkel érzékelhetünk. Ezek a mérések képezik a mátrix oszlopait. Például a szél és a por áramlásába, anyagáramába különféle méréstechnológiai érzékelők nyúlnak bele. A Hunveyor-mátrix tehát egyszerre láttatja velünk a méréshez használt műszereket, és a környezet áramlásait. Mindezek a földi környezetben is hasznosítható ismeretek. Egy másik távlatos fejlesztési irány a számítástechnika terén végzett fejlesztések sokasága, a műszerek kicsinyítése, valamint a hordozhatóság elérése.

A Hunveyor építési munkát segíti az, hogy az elmúlt 10 év során 5 évben fejlesztési támogatást kaptunk témapályázat keretében a Magyar Űrkutatási Irodától. Ezekért a támogatásokért a Hunveyor-Husar modell rendszert fejlesztő közösség nevében is köszönetet mondunk.

Irodalom: Bérczi Sz., Cech V., Hegyi S., Borbola T., Diósy T., Köllő Z., Tóth Sz. (1998): LPSC XXIX, #1267; Houston Bérczi Sz., Drommer B., Cech V., Hegyi S., Herbert J., Tóth Sz., Diósy T., Roskó F., Borbola T. (1999): LPSC XXX, #1332, Houston

Hegyi S., B. Kovács, M. Keresztesi, I. Béres, Gimesi, Imrek, Lengyel, J. Herbert (2000): LPSC XXXI, #1103, Houston, Roskó F., T. Diósy, Sz. Bérczi, A. Fabriczy, V. Cech, S. Hegyi (2000): Lunar and Planetary Science (LPSC) XXXI, #1572, Houston,

Bérczi Sz., T. Diósy, Sz. Tóth, S. Hegyi, Gy. Imrek, Zs. Kovács, V. Cech, E. Müller-Bodó, F. Roskó, L. Szentpétery, Gy. Hudoba (2002): LPSC XXXIII, Abstract #1496, LPI, Houston (CD-ROM).

Hudoba Gy., Balogh Z., Sáfár A., Bérczi Sz. (2006): Constructing Hunveyor-4 Educational Space Probe. (SAMI-2006), Herlany, Slovakia

Hudoba Gy., S. Hegyi, H. Hargitai, A. Gucsik, S. Józsa, A. Kereszturi, A. Sik, Gy. Szakmány, T. Földi, P. Gadányi, Sz. Bérczi. (2006): LPSC XXXVII, #1114, LPI, Houston.

2005. augusztus 29-i dátummal Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoportunk egy kollektívája megkapta a „Hunveyor szabadalmat”, melyet eredetileg 2000 augusztus 14-én nyújtottunk be. A Szabadalmi Okirat adatai: A Magyar Szabadalmi Hivatal az okirathoz fűzött leírás alapján **224 382** lajstromszámon, a **P 00 03283** ügyszámú bejelentésre szabadalmat adott. A szabadalmi bejelentés napja 2000 augusztus 14. A találmány címe: **Planetáris felszíni viszonyok modellezésére és mérésére alkalmas elrendezés**. A szabadalom jogosultja és feltaláló: Bérczi Szaniszló, Budapest, Diósy Tamás, Budapest, Drommer Bálint, Budapest, Földi Tivadar, Budapest, Tóth Szabolcs, Szeged. Munkánkat sok mindenben segítette Varga Tamás Péter szabadalmi ügyvivő úr.

1. táblázat. A jelenlegi Hunveyor-Husar csoportok

2.

Hunveyor-1.

Eötvös Loránd Tudományegyetem, TTK, Fizikai Intézet, A-nyagfizikai Tanszék, Koszmosz Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport, Budapest. Hunveyor-1b és -1c. A minimálűrszonda 1997 őszén készült el, a Husar-1 1998 őszén. Programszervező Bérczi Szaniszló.

<http://planetologia.elte.hu/>

Hunveyor-2.

Pécsi Tudományegyetem, TTK, Informatika és Általános Technika Tanszék, Pécs. Hunveyor-2 minimálűrszonda 1998 tavaszán, Husar-2a, Husar-2b és Husar-2c. Lego Husar változat. Prog-ramszervező: Hegyi Sándor.

<http://www.ttk.pte.hu/ami/urkutato/index2.htm>

Hunveyor-3.

Berzsenyi Dániel Főiskola, Technika Tanszék és Természetföld-rajzi Tanszék, Szombathely. Hunveyor-3 minimálűrszonda 2001 tavaszán. Programszervező: Károssy Csaba.

Hunveyor-4.

Budapesti Műszaki Főiskola, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar, Számítógéptudományi Intézet, Székesfehérvár. A Hunveyor-4 minimálűrszonda 2003 tavaszán, a Husar-4 2004-ben készült el. Programszervező: Hudoba György.

<http://hunveyor.szgti.bmf.hu/>

Hunveyor-5.

Nyugat-Magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Termőhelyismereti Tanszék. Sopron. Hunveyor-5 minimálűrszonda fejlesztés alatt. Programszervező: Gucsik Arnold.

Hunveyor-6.

Dorogi Gimnázium. A Husar-6 2004-ben készült el. Prog-ramszervező: Nyerges Gyula.

Hunveyor-7.

Pannonhalmi Főapátsági Gimnázium. A Hunveyor-7 előkészületben. Programszervező: Pintér Ambrus

Hunveyor-8.

Simonyi Károly Szakközépiskola, Pécs. A Hunveyor-8 előkészületben. Programszervező: Bíró Tamás.

Hunveyor-9.

Tatai Gimnázium, Tata. Programszervező: Maknics András és Magyar Csabáné.

2. táblázat. A PLANETÁRIS ANYAGVIZSGÁLATOK

Planetáris anyagokat megismerő munkafolyamat főbb állomásai és azoknak a KAVÜCS-nél végzett modellező munkarészei

1 Az égitest felszínének megismerése orbitális űrszondákkal	2 A bolygótestek föltérképezése geográfiai és földtani (sztratigráfiai) módszerekkel	3 Kőzetminták, planetáris felszíni anyagok forráshelyének azonosítása	4 Űrszonda tervezése bolygófelszíni vizsgálatokra (lander és rover együttes munkájára)	5 Űreszköz mérőrendszerének építése, tesztelése
KAVÜCS: geomorfológia, fotogeológia, MGS, Lunar Orbiter, Galileo, Cassini, Voyager felvételek,	KAVÜCS: Tematikus bolygótérkép sorozat készítése, egyes kis atlasz kötetek geomorfológiai munkái	KAVÜCS: Planetáris analóg kőzetlelőhelyek tervezése, látogatása	KAVÜCS: modellezése munkának a Hunveyor és a Husar építésekkel. (Következő szint: holdbázis)	KAVÜCS: A Hunveyor és a Husar modellek építése, tesztelése
6 Az űreszköz planetáris felszínre juttatása	7 Mérések, terepi munkák űreszközzel az égitest felszínén	8 Mérési adatok, terepi kőzetminták Földre juttatása (Apolló, Luna)	9 Planetáris anyagminták vizsgálata (nemzetközi együttműködésben)	10 Összehasonlító planetológiai és kozmopetrográfiai szintézis építése
	KAVÜCS: Terepasztali mérések, szimulációk és Analóg terepeken végzett szimulációk, mérések a Hunveyor-Husar mo-dellekkel	KAVÜCS: A kapott mérési eredmények földolgozása. Végrehajtott munkák jelentéseinek tanulmányozása (pl. Surveyor munkák)	KAVÜCS: NASA Holdkőzetek vizsgálata	KAVÜCS: Az egész munkarendszert elemző, bemutató oktatási anyagok készítése a kis atlaszokban

3. táblázat. A HUNVEYOR KISÉRLETI GYAKORLÓ ŰRSZONDA SZERKEZETE ÉS A PLANETÁRIS FELSZÍNI ÁRAMLÁSOK KÖZÖTTI KÖLCSONHATÁSI MÁTRIX

Hunveyor Égítési szerkezeti felszíni részek áramlások	VÁZ + FELÜLETEK	ÉRZÉKELŐK + ELEKTRONIKA	ENERGIAELLÁTÁS	MOZGATÓ EGYSÉGEK	KOMMUNIKÁCIÓ, RÁDIÓANTENNÁK
SZÉL, GÁZOK ÁRAMLÁSA	A nagy szélnyomás elsodorhatja, kibillentheti a szerkezetet	"Érzékelő fülek" a szél, tömegspektrométer a kémiai összetétel mérésére			
TALAJ, A FELSZÍNI POR	A felszíni poranyag lerakódhat a Hunveyor szabad felületein	Kiszűrés, vizsgálatba és műszerbe "beemelés", kémiai összetétel vizsgálat	A lerakódó por gyengíti idővel az energiatermelés hatékonyságát	A mozgó alkatrészeket a felszíni szállított portól védeni kell	
FÉNY, SZÍNEK	A Napról jövő fény szóródhat, és tükröződhet a Hunveyor felületein	Visszavert színeképelemzése spektroszkóppal, a kőzetek színe, fényképek	Napelem termeli az űrszonda energiáját, kísérlethez fókuszálható		
HŐ, TERMIKUS VISZONYOK	Bizonyos irányokban hőszigetelés/hőelvezetés kell, Hőtágulás!	Hőmérők, hőtágulásmérők, hőtágulásbélyegek	Tükörrel vagy lencsével fókuszálható a Napfény egyes kísérletekhez		
ELEKTROMOS TÖLTÉSEK	Feltölthetik a vázat, ha nincsen elektromos földelés	Elektrosztatikus effektusok mérése			
MÁGNESES SZEMCSÉK	Bizonyos anyagok esetén a vázra rakódhat a talaj mágneselesen aktív pora	Mágneses szemcsék szelektálása alakzatra rendeződéssel (dán kis.)			

Függelék:

Két terepgyakorlati kép a Mars analog tájakon az utahi Mars Desert Station programon, ahova Hargitai Henrik kollégánk vitte el a Husar-2b rovert.

