

Bérczi Szaniszló, Boldoghy Béla, Cech Vilmos, Fabriczy Anikó, Hargitai Henrik, Hegyi Sándor, Horváth András  
Hudoba György, Kummert József, Nehéz Imre, Schiller István, Takács Bence, Varga Tamás, Weidinger Tamás

# ŰRKUTATÁS ÉS TECHNOLÓGIA

Szerkesztette: Bérczi Szaniszló, 2007

ELTE TTK / MTA Geonómiai Bizottság, Koszmosz Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport, Budapest

**Bérczi Szaniszló, Boldoghy Béla, Cech Vilmos,  
Fabriczy Anikó, Hargitai Henrik, Hegyi Sándor,  
Horváth András, Hudoba György, Kummert József,  
Nehéz Imre, Schiller István, Takács Bence,  
Varga Tamás, Weidinger Tamás**

**KIS ATLASZ A NAPRENDSZERRŐL (12):  
ÚRKUTATÁS ÉS TECHNOLÓGIA**

**ELTE TTK Kozmikus Anyagokat Vizsgáló  
Úrkutató Csoport, Budapest, 2007**

Sorozatunk harmadik kötetében, a *Bolygótestek atlaszában* néhány nagyobb égitest felszínével, azok vizsgálati módszereivel ismerkedhettünk meg. A Bolygóléggörök atlaszában ezek közül az égitestek közül már csak azok szerepeltek, amelyeknek légköre van. Mostani atlaszunk elsősorban a Földön lejátszódó folyamatokkal foglalkozik, de egy új nézőpontból. Azt a fejlődési utat járjuk be gondolatban, amit az élővilág a kozmikus térségbe való kijutásig tett meg. Ezt a következő nagy fejezetek jelzik, mint kilométerkövek a megismerés és természetformálódás országútján.

1. Légköri és vízköri körforgások (áramlás, források és nyelők, különböző léptékek). W. T., B. Sz.

2. Természeti áramlás egy szakaszon, technológiák áramlási pályaszakaszai. Életfönntartás anyagok átalakításával, előállításával. B. Sz., C. V., F. A.

3. Egy ipari folyamat anyagátalakítási folyamatlánc (technológiája). B. Sz., C. V., F. A., H. S., H. Gy.

4. Egy város: több technológia párhuzamosan, átmetszve természeti áramokkal. A Hunveyor-mátrix. B. Sz., H. S., H. Gy.

5. Áramlások együttes áttekintése: vezetékek, Onsager-mátrix. S. I., B. Sz.

6. Emberi testen belüli körforgások (vércső, nyirok), és ezek összeszövődése a természeti tartályokkal, áramokkal. B. Sz.

7. Lakóház: közösségi együttélést lehetővé tévő vezetékes szállításokkal átszöve. Néhány különleges környezet. T. B., B. Sz.

8. A Mars Society Sivatagi Mars Analóg Bázisának úrbázis-szimulációs rendszere. H. H.

9. Az ürbe kitelepülő ember. Az űrállomás rendszere. Az űrruha rendszere. H. A.

10. Holdbázis. B. B., K. J., V. T., B. Sz.

11. Marsbázis. N. I., V. T., B. Sz.

12. Összegzés: ilyen már volt egyszer, néhány milliárd éve. Sejt a tengerből válik ki, ember a légkörből „zárja magát űrsejtbe”. B. Sz.

Azt észrevehetjük, hogy sokrétűen válogatunk a szerveződési hierarchiák szintjein megfigyelt jelenségekből. A legnagyobb földi körzési rendszerek még földi öveget forgatnak át, de ebből kiemelve néhányat (pl. egy áramlási szakasz részletezése a vízkörzésből, amelyhez anyagok cserefolyamatai is kapcsolódnak, mészszipa leülepedése, a szénsavas víz mészlóvá, üregvájása, mészkiválása) emberléptékre váltunk át. Ezután az ipari folyamat anyagátalakítási folyamatláncát (technológiáját) vizsgáljuk, majd több, egyszerre működő ipari folyamat anyagátalakítási folyamatláncát már városi léptéken is figyeljük. A természet áramlásainak és az ipari anyagátalakítási folyamatláncainak egymásra hatását regionális környezeti mátrixba rendezzük. a (természet és technológia mátrix). Az ember, mint az áramlások rendszere, vagy az emberi működések feltételeit a lakóházban biztosító civilizációs hálózatok kiépülése, és a különleges helyszínek valamint az emberi működés feltételei (űrállomáson, holdbázison) már az emberi környezet technológiáit tekinti át.

Ha leegyszerűsítjük a vezérfonalat, ezt a három szót jegyezzük meg: **ember, lakóház, űrállomás**. Az ember, mint a teremtés csodája, összetettségével örök időkre komplex rendszer marad a tudomány számára. Az űrkutatási és technológiai szempont kiemeli azt, hogy az élőlények életfeltételeit a Földön kívüli térségekben is biztosítani kell. S bár a tanulni vágyók számára a Naprendszer kutatását készíti elő kis atlaszunk, a vizsgálat középpontjában most az ember személyes részvétele, s ennek fizikai és műszaki feltételei állnak, valamint az emberi környezet átalakítása és mérése.

Az önálló fejezetek más logikával is olvashatók.

1. Anyagok, áramlások biztosítása, be- és kijuttatása abba és abból a térből, ahol az űrhajós tevékenykedik.

2. Az áramoltatás néhány fizikai és technikai feltételének ismerete.

3. Áramlások az egyes technológiai pályákon.

4. Összetett áramlási rendszerek áttekintése technológiák, illetve természeti folyamatok esetén is.

5. Környezetbe helyezett működő rendszerek viszonya a környezetükkel a Földön.

6. Az élő ember áttekintése, mint áramlások szöve (rendszere).

7. Az ember részleges kiszakítása a természeti környezetből – életvitele egy áramlásokba bekapcsolt lakóházban.

8. Környezetbe helyezett működő rendszerek viszonya a környezetükkel a világűrben, a Holdon és a Marson.

Hogy a megismert fokozatokból egy következő, magasabb fokozatba lépünk, a megismert részrendszereket mindig „összecsomagoljuk”, mint a mesebeli aranyalmát, hogy magunkkal vihessük. Ezért csak kevés ideig időzünk egy-egy

itt vázolt epizódnál, mert szeretnénk a tanulmány végére kijutni az űrállomásra. Ezért egy-egy esettanulmányra szorítkozunk a technológiák, az összetett rendszerek és környezettel való kölcsönhatásaik bemutatásánál. Fontos tapasztalat lesz a szerveződés hierarchiájának ismételt alkalmazása.

Ahogy Lao Ce és a régi öregek tanították, a 10 000 lépéses út is az első lépéssel kezdődik. Egyik ágon tehát kezdjük a megismerést egy ősi, mindannyiunk számára fontos iparággal, a kenyérsütéssel, ahol a technológiák főbb jellemzőit mind megismerhetjük. Innen már nem esik messze egy ipari üzem, a város üzemének rendszere, s egy másik ágon az emberi test áramló rendszereinek a megismerése.

**Bérczi Szaniszló (szerk.)**

KIS ATLASZ A NAPRENDSZERRŐL (12):

**ÚRKUTATÁS ÉS TECHNOLÓGIA**

ISBN 963 00 6314 X0

ISBN 978-963-87767-0-9

Kiadja az ELTE TTK

Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport és az  
UNICONSANT, Püspökladány, Honvéd u. 3.

A **Kis atlasz a Naprendszeréről** sorozatban eddig megjelent füzetek:

- (1): Planetáris és Anyagtérképek, **HOLDKÖZETEK RŐL, METEORITEKRŐL,**
- (2): Planetáris felszín vizsgálat a **SURVEYOR - alapján megépített - HUNVEYOR kísérleti gyakorló űrszondával,**
- (3) **BOLYGÓTESTEK ATLASZA,**
- (4) **BOLYGÓLÉGGÖRÖK ATLASZA,**
- (5) **ÚRKUTATÁS ÉS GEOMETRIA,**
- (6) **BOLYGÓFELSZÍNI MIKROKÖRNYEZETEK ATLASZA**
- (7) **BOLYGÓFELSZÍNI BARANGOLÁSOK**
- (8) **ÚRKUTATÁS ÉS KÉMIA**
- (9): **PLANETARY ANALOG STUDIES AND SIMULATIONS**
- (10) Fejlesztések a **HUNVEYOR-HUSAR** űrszonda modellel.
- (11) **KÖZETSZÖVETEK A NAPRENDSZERBEN**

A füzetekről érdeklődni lehet a következő címen:

Eötvös Loránd Tudományegyetem

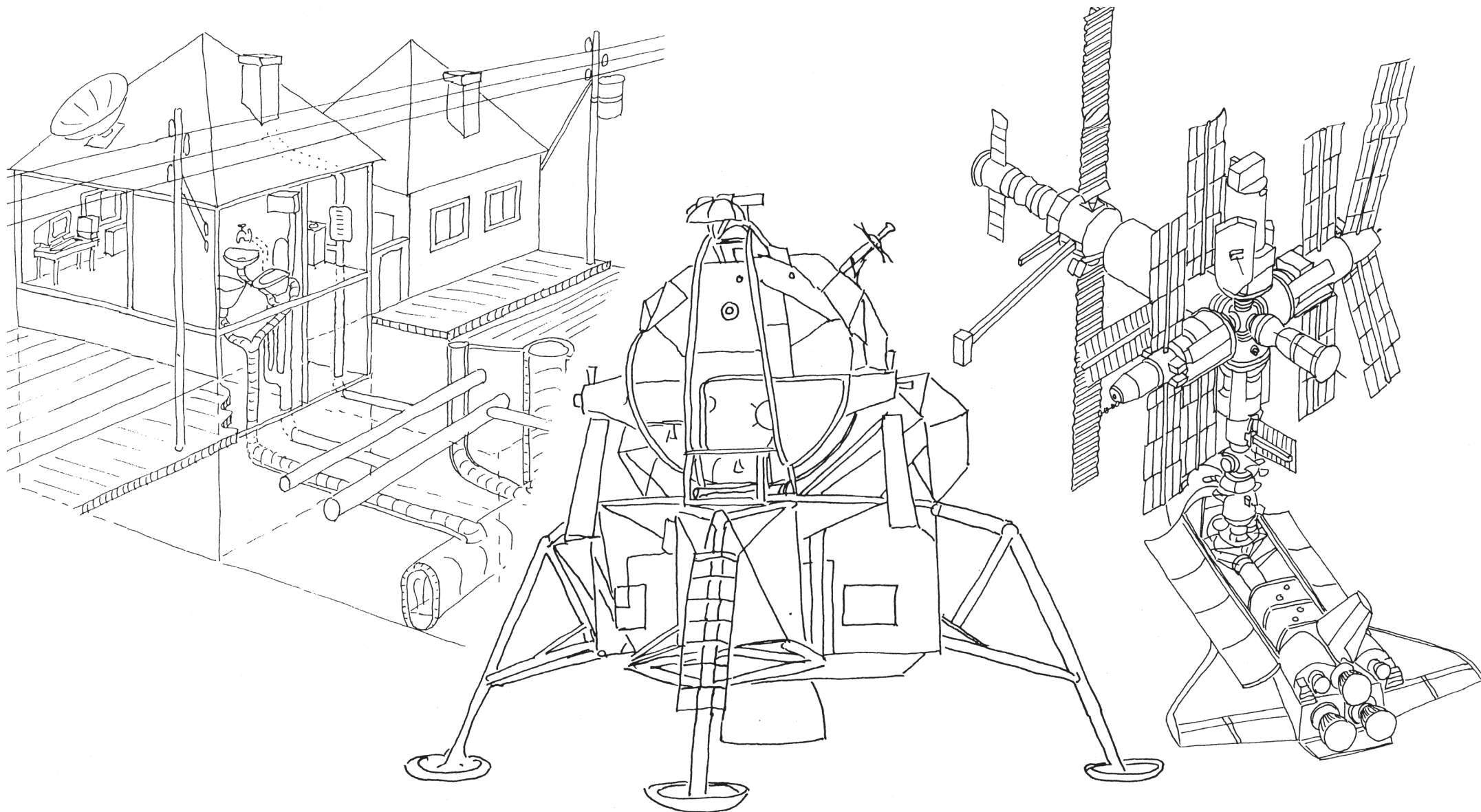
Fizikai Intézet, Anyagfizika Tanszék

Kozmikus Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport

H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/a.

Tel: 36-1-372-2986





Bérczi Szaniszló, Boldoghy Béla, Cech Vilmos, Fabriczy Anikó, Hargitai Henrik, Hegyi Sándor, Horváth András  
Hudoba György, Kummert József, Nehéz Imre, Schiller István, Takács Bence, Varga Tamás, Weidinger Tamás

KIS ATLASZ A NAPRENDSZERRŐL (12)

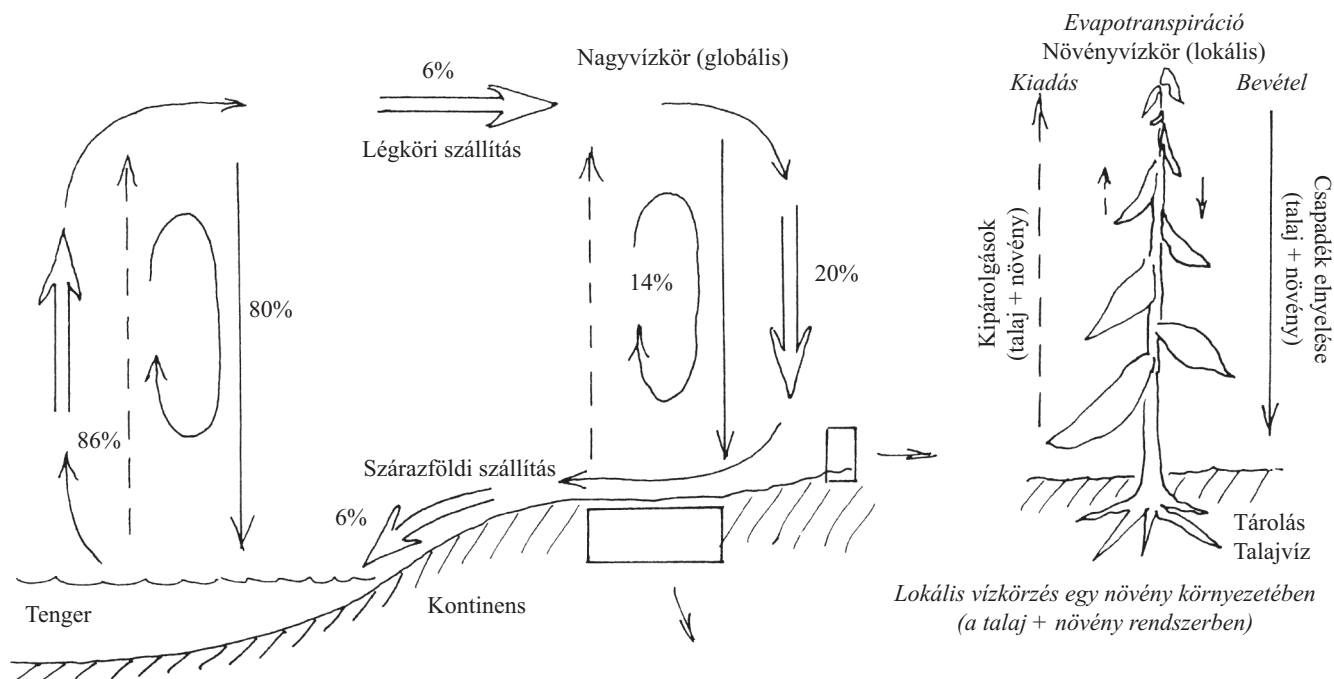
# ŰRKUTATÁS ÉS TECHNOLÓGIA

Szerkesztette: Bérczi Szaniszló, 2007

ELTE TTK / MTA Geonómiai Bizottság, Koszmosz Anyagokat Vizsgáló Űrkutató Csoport, Budapest

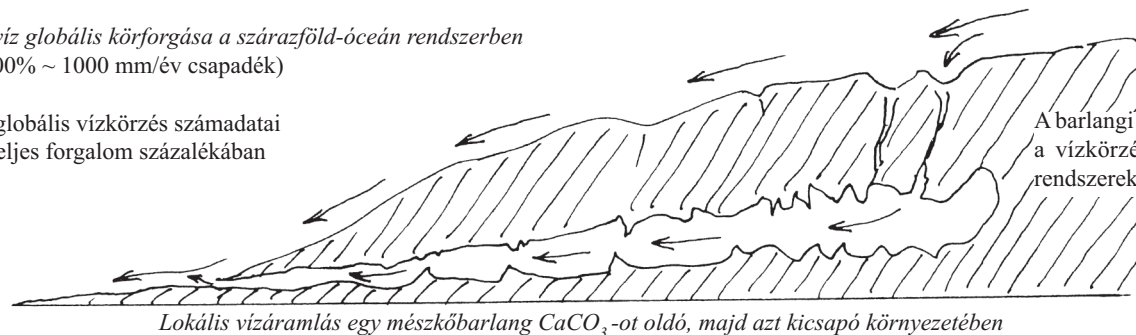






A víz globális körforgása a szárazföld-óceán rendszerben (100% ~ 1000 mm/év csapadék)

A globális vízkörzés számadatai a teljes forgalom százalékában



Lokális vízáramlás egy mészkőbarlang  $\text{CaCO}_3$ -ot oldó, majd azt kicsapó környezetében

ezzel szemben nagy sűrűségű, de lassú mozgású tartomány. A hidroszféra zömét alkotó óceánokat a légkörrel összehasonlítva azt mondhatjuk, hogy amennyivel kisebb a légkör össztömege az óceánokénál, annival lassúbbak az óceánok mozgásai a légköri áramlatoknál. Például amíg az óceáni áramlások néhányszor 0,1 km/óra átlagos sebességűek (a Golf áram átlagos sebessége 0,2 km/óra), addig a mérsékeltövi ciklonok átlagosan néhányszor 10 km/óra sebességgel mozognak. (Az óceán mélyén futó áramlások még lassúbbak.) Az óceánokban három különböző hőmérsékletű zóna található egymás fölött. A legfelső meleg felszíni réteg mintegy 100 m vastagságú. Ez alatt következik a mintegy 1 kilométer mélységig terjedő átmeneti, fokozatosan csökkenő hőmérsékletű zóna (termoklin zóna). Legalul található a hideg mélyvíz, az óceán hatalmas tömege.

### A felszíni hőmérséklet és az „energiabetáplálás”

A bolygók légköre hőt a bolygótest belsejéből (a Földön ez elhanyagolható, tized  $\text{W/m}^2$  nagyságrendű) és a Naptól kap. A bolygótestből kiszivárgó hő szimmetrikusan, míg a Naptól érkező sugárzás aszimmetrikusan fűti a bolygótestet. A Naptól érkező elektromágneses sugárzás legjobban a szubszoláris pontban fűt, vagyis ott, ahol a Nap éppen a zenitben van. Ezért jön létre a napi hőmérsékleti menet.

**Üvegházhatás:** Ha a légköri összetevők valamelyike infravörösben elnyel, akkor a felmelegedett bolygófelszín által kibocsátott infravörös hőmérsékleti sugárzás egy része „fogva marad” a légkörben mindaddig, amíg a felszín annival me-

gebb nem lesz, hogy az általa így már egyre rövidebb hullámhosszon kibocsátott sugárzás át tud hatolni a légkörön. (Minden test sugároz. A maximális energiát szállító hullámhossz fordítva arányos a test hőmérsékletével. Ez a Wien-törvény. A  $15^\circ\text{C}$ -os földfelszín által kibocsátott maximális energiát szállító hullámhossz  $10\ \mu\text{m}$ .)

Ha nem volna üvegházhatás a Földön, akkor a felszín közelében (a napi fölmelegedéssel és lehüléssel nem váltakoztatott) átlaghőmérséklet a holdihoz hasonló mínusz  $20^\circ\text{C}$  fok közelében lenne a mai földi  $15^\circ\text{C}$  helyett. Mivel a Földön az üvegházhatású gázok (mint pl. a jól ismert légköri szén-dioxid, a dinitrogén-oxid, a metán, az ózon, a tisztán antropogén eredetű freonok, illetve a légköri vízgőz) miatt a légkör alsó néhány kilométeres vastagságú rétegében hőbevitel történik, ezért megemelkedik az átlagos felszíni hőmérséklet.

### 2. A vízkörzés egy szárazföldi áramlási szakaszának főbb álmomái: a vízáramlás kapcsolódása a városi technológiák különböző szakaszaihoz

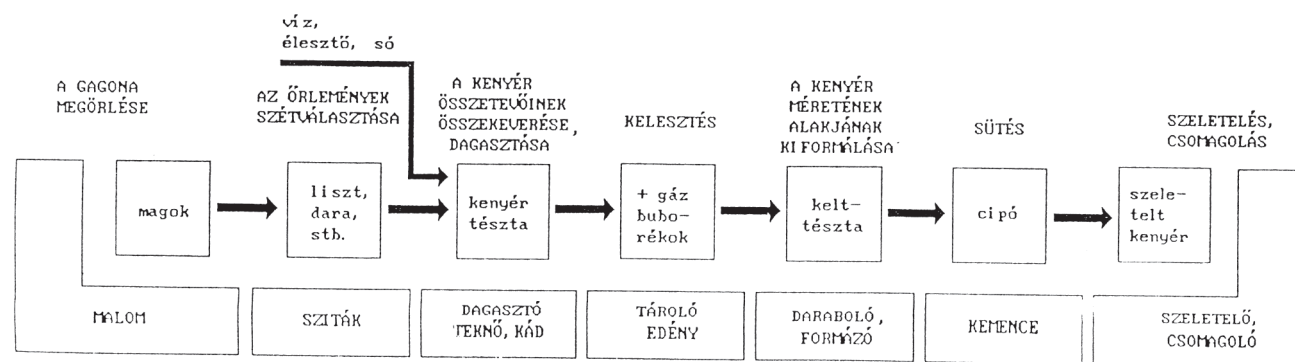
A technológiákra alkalmazott folyamat-leírási formát fogjuk használni a környezeti áramlások leírásánál is. E leírás során meg kell különböztetnünk a természeti áramlás „medrét”, amely itt a technológiában alkalmazott kényszerpálya megfelelője. A gyártási műveletek megfelelői pedig az olyan állapotváltozási helyzetek (környezetek), melyekben az áramló anyag átalakul. Mindezt leegyszerűbben egy példán keresztül mutatjuk be a vízáramlás egy elképzelt szakaszán.

A karsztvidékre hulló csapadék dolinákban szivárog a mélybe, s ott a mészkövet kissé oldva, barlangokat kialakítva áramlik tova, lejtőirányban haladva. A víz mészkőbarlangban megtett útját elvben két szakaszra bonthatjuk: a mészkövet oldó szakaszra, és a mészkövet építő szakaszra (cseppkőbarlang). A felszínre kijutva már másféle „romboló” és „építő” szakaszai lesznek a vízfolyásnak. A gyorsan rohanó patak sziklákat is megmozgat, szállítás közben „örli” a patakba kerülő kőzetdarabokat. A síkságra kiérve a patak meglaszódik, meanderezve építve homokos kanyarulatokat.

Város közelébe érve a víz a vízkivételi műbe kerülhet. Budapestnél a Szentendrei szigetnél található hatalmas kavicságyon átszűrt vizet emelik ki. Máshol az áramló folyóvizet tisztítják. A kivett és műszaki pályán továbbhaladó vízárammal már a technológiák körébe tartozó műveletekre kerül sor. Ha például egy cukorgyárban kerül a víz felhasználásra, a technológiai műveletekben segédanyagként vesz részt. A technológiai műveletek során anyagokat fogad magába, majd későbbi műveletekben azokat kiszűrik, de valamilyen mértékben szennyezett marad e technológiában belekerült anyagokkal, s ezt a szennyezést „magával viszi” további útja során. Bemutatunk néhány technológiát is ebben a leírásban.

### 3. Egy ipari folyamat anyag-átalakítási folyamatlánc (technológiája)

Ha alcímet adnánk Űrkutatás és Technológia című kis atlaszunk következő fejezetének, akkor a Vázak és áramlások alcímet adhatnánk. Ez a két alrendszer fedi le legteljesebben a műszaki alkotásoknak azt a világát, amelyben a technológiákat az űrkutatás felé haladva át tudjuk fogni. Ezt az alcímet fokozatosan látjuk be. A technológiák a hétköznapi életben munkafolyamatok. A munka sorrendben egymásra következő műveletekből áll a kezdetektől a végcélig. A cél sokféle lehet, leggyakrabban egy állapot fönntartása, az élettevékenység támogatása, mozgások végrehajtása, termékek vagy új alkotások létrehozása. Az állapotok fönntartása az a munkafolyamat, amivel legelőször szembesülünk. Életünk viteléhez az emberi test, az emberi környezet karbantartására, táplálkozás, ruházkodás stb. fordítódik legtöbb tevékenységünk gyermekkorban, azután pedig a tanulásra. A technológiák rendezett műveletsorait megszokjuk. Közös jellemvonások alapján képletet ismerhetünk föl a technológiákban. Vegyük például a mosást. Meleg vizet készítünk, beáztatjuk a ruhát, zsirolódó segédanyagot használunk a tisztítás során. Mozgatjuk, gyömszöjljük a ruhát, ezt a munkaszakaszt többször megismételjük. A kimosott ruhát többször átöblítjük, kicsavarjuk, kitergetjük és megszáritjuk, majd gyakran ki is vasaljuk. A fősorolt igék mutatják, hogy ez a hagyományos ruhatisztítás az emberi ismeretek, munkavégző energia és a környezetben meglévő eszközök segítségével történik. Fontos eszköz az energiaforrások sora. Tűzhely a vízmelegítéshez, Nap melege a szárításhoz, saját emberi energiánk a munkafázisokhoz és a munkadarab mozgásához.



Készítünk képletet ebből a munkafolyamatból. Mindvégig a ruha a folyamat "főszereplője". A mosási műveletek tevékenységi sorozatot alkotnak, ezeket egymás mellé helyezve a következő módon ábrázolhatjuk a munkafolyamatot, a mosási technológiát.

Megneveztük a műveletet, a ruha állapotát benne, az eszközt, amivel tevékenykedtünk, a segédanyagot. Megjelöltük az energiaforrást is, ha az nem az emberi energia. Ez egy olyan képlet, amit egyszerűen átlátunk, és rögtön alkalmazhatunk is egy másik technológia leírására. Példa lehet a kenyérsütés. Néhány ismertebb technológiát végig követve így módon, látjuk, hogy a főszereplő anyagot egy "pályán" viszik végig a munka során. Ezt a pályát a modern gépipar és tervezés ma már össze tudja sűríteni úgy, hogy egyetlen gép végezze el a lépéseket egymás után. Ismert a mosógép is, a kenyérsütő gép is. Ha tömöríteni lehet a technológiákat gépekbe, akkor a következő lépés már a gépeket egyesíteni, összetettebb folyamatokat vezényelni. Ilyenkor sok új szempont kerül elő.

Már egy disznóvágás megszervezésekor fölmerül az, hogy hogyan tevékenykedjen az összejött rokonság. Amíg egyben van a disznó, nem jut mindenki a feldolgozó munkához, többen előkészítő feladatokat végeznek. Amikor a bontás szétosztja darabokra a testet, a legkülönbébb műveletek folyhatnak már párhuzamosan. Ugyanígy, több géppel megszervezett munkafolyamatban a gépek soros és párhuzamos összekapcsolása már külön tervezést igényel. A tömeges termelés tette szükségessé a gépi rendszerek összeállítását, gyártó rendszerekbe szervezését. Az üzem kihasználásához gazdaságos működtetés kell. Ez az átáramló anyagmennyiségek folyamatosságát követeli meg.

A még összetettebb rendszerek szintjén a gyárak, üzemek képeznek termelési sorozatot. Az alumínium-vertikum elnevezésű ipari termelő ágazatban bauxitbánya, timföldgyár, alumíniumkohó, öntőde, hengermű és további feldolgozó üzemegységek alkotják ezt a termelési sorozatot. Országos méretekben régen ezek termelői összhangját, más iparágakkal, például a könnyűszerkezetes építőiparral való kapcsolatát kellett tervezni. Ma már ezek az ipari folyamatok az EU szintjén vannak összehangolva és gazdasági szálakkal vannak egybefonva. Most mi a gazdasági oldalt nem érintjük, mert a technológiák fejlődését az űrkutatási rendszerek megismerése felé kívánjuk bemutatni.

Mindezek bemutatásával az a célunk, hogy fölismerjük a következő szempontokat.

- A technológiák átáramló anyagokkal dolgoznak, azokat kényszerpályán viszik végig a termékek előállításához.

- Az anyagok elkészítését a háziiparokban kis mennyiségben, a városi kultúrákban már tömeges termeléssel állítjuk elő.

- A működő, gyártó rendszerek építését az egyszerűbb működő egységek összeállításával, egyre összetettebb rendszerek felé haladva végzi a társadalom.

A technológiák fejlődése hosszú ideig véletlenszerűen, találmányi lökésektől hajtva következett be. Az ipari társadalmakban már tudatos fejlesztés folyik a társadalom, az iparágak igényei és befektetési irányai szerint. Modern napi életünk – a lakásban, munkahelyen – az emberi test működése által megkívánt szükségletek kielégítésére odavezetett áramlások útján van megszervezve, tehát nagyszámú összetett rendszerrel vagyunk kapcsolatban. E nagyüzemi rendszereket is, és az emberi test működését is célszerű áttekintenünk közös rendező szempontok szerint.

Áttekintünk egy nagyüzemet ilyen szempontok alapján. A timföldgyártás során a technológiai lépések a következők: (ábra). Az Ajkai Timföldgyár üzemében 12 föltároló toronyban végzik a bauxit lúgban oldását. A vörösiszap ülepítésére az igényeknek megfelelően 10-12 Dorr ülepítőt használnak. Az alumínium-hidroxid kikristályosítása 18 hatalmas tartályban történik. Az átáramló anyagmennyiség és a műveleti helyen eltöltött idő határozza meg az egyes műveletekben sorba és párhuzamosan kapcsolt gépi egységek számát. A kiegészítéshez 1 vagy 2 kalcináló kemence is elegendő. Egy nagyipari üzem tehát, a megismert technológiai szintjén, sorosan és párhuzamosan kapcsolt műveleti egységekből áll.

Ahogy végigkövettünk néhány technológiát az átáramló anyagok, műveleti helyek, energiaszolgáltató egységek nézőpontjából, úgy az igen összetett emberi testet is áttekinthetjük a főbb alrendszerek, működések, anyagok és szerepek alapján.



Iharkúton külszíni fejtésű bauxitbányában termelik ki a bauxitot, amely legtöbb helyen különböző mélységű lencsékben és töbrökben (kútszerű, fog-gyökérhez hasonló, alul elkeskenyedő mélyedésekben) fordul elő. (Az 1980-as és 90-es években folyt itt a kitermelés.) A bauxitot az ajkai timföldgyárba és alumíniumkohóba szállították és itt dolgozták föl. Magyarországon a 20. század folyamán csaknem 100 millió tonna bauxitot termeltek ki és dolgoztak föl, ezért kiemelt iparágának számít az alumínium vertikum. Az alumínium vertikum a bányától a késztermék előállításáig tartó ipari folyamat üzemeit jelenti. Ezekből több alkalommal is bejárhattuk a következő 6 gyáregységet: Iharkút (bánya), Ajka (timföldgyár, alumíniumkohó, galliumüzem, öntöde), Inota (alumíniumkohó és folyamatos öntés), Székesfehérvár (alumínium-hengermű). Bakonyi terepgyakorlatunk alkalmából végigjártuk az alumínium előállításának technológiai műveleteit.

Az Ajkai Timföldgyárban üzemeltetésünket gyakran vezette be a technológiát bemutató mérnök a következőképpen. A bauxit lényegében alumínium-oxid és szilícium-oxid ásványtársulása. A bauxit fültárásában az alapfeladat ezért hasonlatos az összekevert só és paprika szétválasztásához. Ez utóbbi két anyag abban különbözik egymástól, hogy az egyik, a só, jól oldódik a vízben, míg a másik, a paprika, nem. A bauxitot alkotó két kémiai komponens egyike, az alumínium-oxid, jól oldódik NaOH lúgban, míg a szilícium-dioxid nem. Az alumíniumoxidot ezért úgy választjuk szét a szilícium-oxidtól, hogy a bauxitot összehozzuk a lúggal, mely az alumínium-oxidot „kioldja”, míg a szilícium-oxid a lúgban szilárd fázisként megmarad. A szilárd fázist Dorr-ülepítővel leválasztjuk és az oldatban maradó alumínium-oxiddal dolgozunk tovább. A jelzett folyamat példaértékű abban, hogy a szétválasztást, mint műveletekből összetett folyamatot, műveletcsoportot mutatja be. De példaértékű a történet pedagógiai szempontból is: mert az anyagszétválasztások egyszerűbb módjait már a népmesékből is ismerjük (szemenkénti válogatást hol hangyák csapatával – *Holló Jankó* –, hol galambokkal – *Hamupipőke* – végezteti el a megszorult hős, de megjelenik a sűrűség és a felületnagyság különbségen alapuló búza-pelyva szétválasztás is a szélben – *Két bors ökröcske*). A szétválasztási műveletek ősidők óta ismertek, már csak azért is, mert néhány közülük a természetben is megfigyelhető.

Az alumíniumgyártást most nemcsak műveleti lépésenként, berendezések és állapotváltozások sorozataként mutatjuk be, hanem mellé írva bemutatjuk a művelethez tartozó kémiai folyamatot is, és kiemeljük az egyik segédanyagkört (a lúgkört).

**1. Őrlés és oldás.** Durva méretre zúzás és aprítás után a bauxit golyósmalomba kerül, ahol a finomszemcsésre őrléssel pár-

huzamosan a bauxithoz adagolt NaOH lúg segítségével megkezdődik az őrlemény oldása is.

**2. Fültárás.** Autoklávokban (acélfalú hengeres tartályokban) 220 °C hőmérsékleten és 6 bar nyomáson a nátronlúg hatékonyan oldja ki a bauxit alumíniumoxid tartalmát és nátrium-alumínát oldat keletkezik:



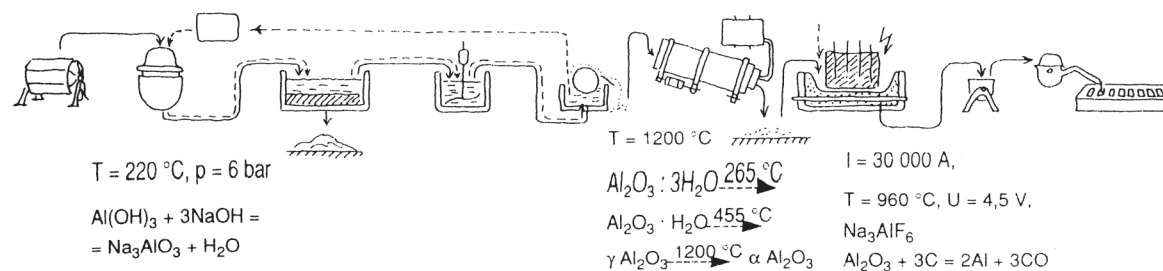
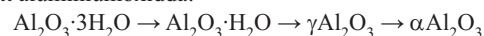
A bauxit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  és  $\text{SiO}_2$  tartalma nem oldódik, hanem csapadékot képez; ennek egy része alumíno-hidroszilikát komplex ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), amely a képződése során alumíniumot is elvon az oldatból, ezért fontos követelmény a nyersanyagul fölhasznált bauxitra az, hogy benne az  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$  arány (szaknyelven a modulusz) 8-nál nagyobb legyen.

**3. Ülepítés.** Az autoklávokból kikerülő oldatot hígítják és belöle nagyméretű (6000 m<sup>3</sup>-es) Dorr-ülepítő tartályokban választják el a vörösiszapnak nevezett oldhatatlan csapadékot.

**4. Kristályosítás.** Az alumínát-lúg oldatból lassan alumínium-hidroxid válik ki, de ezt a folyamatot beoltással, alumínium-hidroxid kristályok beadagolásával gyorsítják föl.

**5. Szűrés.** A művelet a dobszűrés elvén alapul. A kivált kristályokat tartalmazó sűrű oldatba merülnek tárcsa- és dobszűrő alakú szűrőfelületek, amelyekre a szűrőfelület egyik oldalán létesített alacsonyabb nyomás szívja föl a kristályokat.

**6. Kiégetés (kalcinálás).** A nedves alumíniumhidroxidot forgódobos kemencében fokozatosan 1200 °C-ra hevítik. A hevítés során fokozatosan ég ki az alumíniumhidroxid timföldnek nevezett alumíniumoxidá:



Az első nyíl 265 °C fokon, a második 455 °C fokon, a harmadik pedig 1200 °C fokon játszódik le.

**7. Redukció,** az alumínium elektrolízise. Az alumínium olvadáspontja 2045 °C, a kriolitnak, a  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  vegyületnek azonban csak 960 °C. Ezért az alumíniumoxidot ezen alacsonyabb olvadáspontú kriolitban föloldva elektrolízissel alakítják át fémalumíniummá. Az elektrolízis során az alumínium a katódon válik ki, az anódon pedig oxigén fejlődik. A folyamathoz ezért nem ötvöződő katódra és nem oldódó anódra van szükség. Az alumínium elektrolízisében használt mindkét elektróda szén. Az elektrolízis 4,5 V feszültségen 30 000 A áramerősséggel történik. 1 tonna alumínium elektrolíziséhez mintegy 15 MWóra energia szükséges.

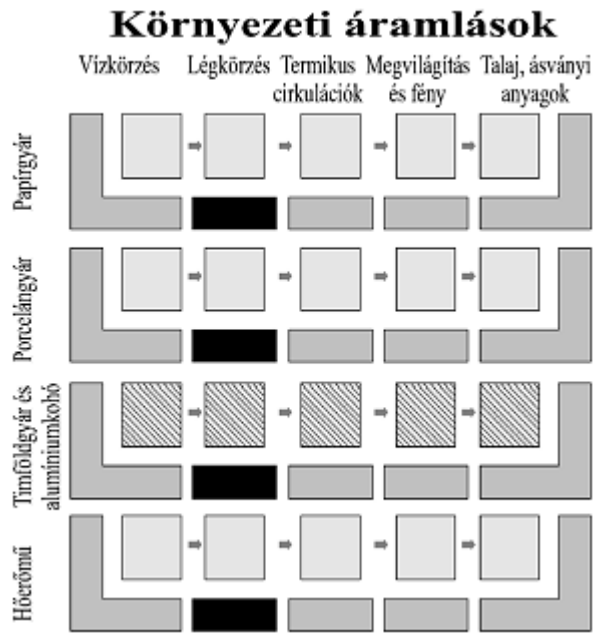
**8. Ötvözés.** Ötvözőfémek hozzáadásával állítják be a különféle fém-végtermékek összetételét.

**9. Öntés.** Az olvadt fémét kezelhető egységekben félkész termékké alakítják az öntés során. Az olvadt fémét kismélységű hűtött keretbe vezetik, amelynek alját egy süllyedő tálca képezi. A tálca lassan süllyed, a beömlő új rétegek folyamatosan szilárdulnak rá a süllyedő alapra. Ezzel az öntési technológiával több méter hosszú, hengeres vagy hasáb keresztmetszetű tömbök önthetők.

Az alumínium további földolgozása hengerműben, présműben (sajtolóműben), húzóműben vagy formaöntődében történhet. Ezeket Székesfehérváron láthatjuk, az alumínium-hengerműben.

#### 4. Több, a városban egyszerre működő ipari folyamat anyagátalakító folyamatláncának, valamint a természet áramlásainak az egymásra hatása (Természeti áram- / technológia-mátrix)

A technológiákat leírtuk egy közös nyelven, egy igen egyszerű formában, ahol a kényszerpályán történő mozgás elvét használtuk föl. Leírásunkban a bevitt anyagok egy kényszerpályán, az átalakítására szolgáló gépeken haladnak végig. A gépek a műveletek sorrendjére bontják föl a gyártási folyamatot. Így leírásunk a folyamatot a **műveletek**, az **anyagi állapotok** és a **gépek** sorozatával is megadja. E tevékenységek együttes szerepeltetése teszi lehetővé azt, hogy sokoldalú, minőségi és mennyiségi leírást is adjunk a technológiákról.



A városban egyszerre működő ipari folyamatok egymás alatt sorakoznak: anyagátalakító folyamatláncokban egymás alá kerültek a természet azonos áramlásait igénybe vevő műveleteik. (Természeti-áramok-/ technológiák mátrix)

Ugyanezt a folyamat-leírási formát alkalmazhatjuk a környezeti áramlások leírásánál is. Ebben az esetben a műveletek megfelelői olyan állapotváltozási helyzetek

(környezetek), melyekben az áramló anyag átalakul. (Például: a víz áramlásának egy elképzelt szakaszán, ahol részt vesz a technológiai műveletekben, anyagokat fogad magába, majd későbbi műveletekben azokat kiszűrjük, de valamilyen mértékben szennyezett marad e technológiában belekerült anyagokkal, s ezt a szennyezést „magával viszi” további útja során.)

Bár a folyamatleírás folytonos, szemléletünk most meg kell, hogy különböztesse a **technológiai** és a **természeti** folyamatot. E megkülönböztetés azt sugallja, hogy a **technológiák anyagáramlásait és a természeti környezeti áramlásokat tekintsük egymást keresztező irányú áramlásoknak**. Ebben a formában a vízszintes irányban fölrajzolt technológiai „pályákat” merőlegesen futó környezeti áramok „szelik át”. A környezeti áramlásban résztvevő anyagmennyiségeknek csak egy része kerül be – például a város vagy más település – termelői üzemébe. (Ugyanígy, a később tárgyalt űrszonda mérőrendszerébe csak a marsi szelek, anyagáramok kicsiny része jut el, de ez elegendő a mérések elvégzéséhez.)

Technológiákat és környezeti áramlásokat egyszerre ábrázoló mátrixunkban minden egyes üzem vízkivétele, használása és visszaurítása egy mezőt foglal le a mátrixban. A városban található különféle üzemek vízkivételei egyetlen oszlopban sorakoznak. Hasonlóan egyetlen oszlop kockamezőit foglalják el a levegőforgalom adatai is. Minden olyan üzem, amelyben tüzelnek, kiégetnek valamilyen anyagot, levegőt fogyaszt. Ugyanezt a fényre, porra, hőre is alkalmazhatjuk.

A város ipari üzemait bemutató mátrix szerepe abban van, hogy **egyszerre, egyidejűleg, egyetlen térképen** teszi láthatóvá, áttekinthetővé és kezelhetővé az üzemek anyagforgalmát. Az oszlopaiban pedig egyidejűleg, egyetlen térképen teszi láthatóvá az összes fontos környezeti áramlást. És mert a technológiákat alkalmazó üzemek anyagforgalom-leírása is, és a környezeti áramlások anyagforgalom-leírása is azonos szerkezetben történt, az összehasonlításokat közöttük egyszerre és egységiesen végezhetjük el.

A technológia / környezeti áramlás mátrix megfogalmazásával olyan ismeret-tömörítést adtunk meg, amely tevékenységeket szervező szerepű is lehet. (Ugyanez történik akkor is, ha a vízszintes anyagáramú technológiáknál, egymás alá, hasonló műveleti helyek – hasonló géptípusok – esnek. Ez a másik mátrix kialakítás a technológiáknak azt a közös vonását emeli ki, hogy hasonló típusú műveletek gyakran előfordulnak bennük, ezért a fölhasznált gépek is típusokba sorolhatók: szűkebb, gyártói illetve tágabb, rendszer-szervezői értelemben. Például sokhelyütt kellene őrölő malmok, homogénizáló- és keverő-, szűrő-gépek, kemencék, stb.).

#### A Hunveyor-mátrix

Nem meglepő azonban, hogy a megismert mátrix másféle műszaki rendszerek működését is áttekinthetővé teszi. Ilyen rendszer a bolygó felszíni környezetét mérő űrszonda is. Tömören fogalmazva azt mondhatjuk, hogy az űrszonda: technológiák és környezeti áramok „szövege”.

A Hunveyor gyakorló űrszonda modell fontos kísérleti eszköz a földi környezettudomány számára is. Az elképzelt helyzet az, hogy a Hunveyor már leszállt egy égitest felszínére és ott méréseket végez. A méréseit a földi irányító központba továbbítja. Nincsen rajta rakétameghajtás, de minden olyan mérési és távközlési rendszer rajta van, ami a valódi terepi mérést szolgálja, amivel a beérkezés helyszínének vizsgálata „űrszondaszerűen” végezhető el. Ezt a vizsgálatot előbb terepszaton, majd külső terepgyakorlatokon lehet megvalósítani.

A Hunveyor roboton mérő technológiák vannak beépítve. Ezek a technológiák olyan műveletsorokat alkotnak, amelyek csak részben anyagvizsgáló műveletek, a másik részük a mért adatokat dolgozza föl: informatikai típusú technológiák.

A Hunveyoron szereplő műveletsorok is elrendezhetők úgy, hogy egymás alá essenek azok a környezeti kölcsönhatások, amelyekkel egy-egy mérés során a műszer kapcsolatba kerül. Mindezek alapján a Hunveyoron szereplő műveletsorok is mátrixba rendezhetők. Most is a függőleges irányt jelölik a környezet áramlásai, de ezek az áramlások most egy bolygótest felszínén történnek. Ezzel a Hunveyor-mátrixszal a meglátogatott bolygótest felszínén zajló áramlásokat és a Hunveyor mérési technológiáit foglaljuk össze.

Hunveyor-modelleken lévő mérő- és információs technológiákat legegyszerűbben e mátrixszal mutathatjuk be. A mátrixon az összekapcsolt mérő és információs technológiák térképét láthatjuk magunk előtt. A Hunveyor-mátrixban a vízszintes irányban haladó mérés technológiák és az oszlopokat képező környezeti áramok keresztezik egymást. Láthatjuk, hogy egy bolygófelszíni áramlást több, különböző mérési művelettel is érzékelhetjük. Ezek a mérések képezik a mátrix oszlopait. Például a szél és a por áramlásába, anyagáramába különféle mérés technológiai érzékelők nyúlnak bele: szélesség mérő, szélirány mérő, mágneses por gyűjtő.

A mátrixban egyszerre látjuk a méréshez használt műszereket, és a környezet áramlásait. Egészen hasonlóan ahhoz, amikor a város ipari üzemait bemutató mátrixon egyszerre (egyetlen térképen) vált áttekinthetővé az üzemek anyagforgalma. A Hunveyor-mátrix a földi környezetben is hasznosítható ismeretek modelljét hordozza. Számos más építés- és rendszerszemléleti előnye mellett ez az egyik nagy vonzereje a Hunveyor-modellek építésének.



**A Hunveyor kísérleti gyakorló űrszonda modell szerkezete, mérései és a bolygófelszíni áramlások közötti kölcsönhatás mátrixsza**

Égitestfelszíni áramlások Hunveyor szerkezeti részek	SZÉL, GÁZOK ÁRAMLÁSA	TALAJ, FELSZÍNI POR	FÉNY, SZÍNEK	HŐ, TERMIKUS VISZONYOK	ELEKTROMOS TÖLTÉSEK	MÁGNESES SZEMCSÉK
VÁZ + FELÜLETEK	A nagy szélnyomás elsodorhatja, kibillentheti a szerkezetet	A felszíni poranyag lerakódhat a Hunveyor szabad felületein	A Nap fénye szóródhat, és tükröződhet a Hunveyor felületein	Bizonyos irányokban hőszigetelés/hőelvezetés kell, Hőtágulás!	Feltölthetik a vázat, ha nincs elektromos földelés. Ionfelhő hatása	A vázra rakódhat a talaj mágnesesen aktív pora is.
ÉRZÉKELŐK + ELEKTRONIKA	Szélesebesség mérése. Tömegspektrométer a kémiai összetétel mérésére	Kiszűrés, műszerbe "beemelés", kémiai összetétel vizsgálat	Refl. színek elemzése spektroszkóppal, felületek szövete, fényképek	Hőmérők, hőtágulás-mérők, hőtágulás-bélyegek,	Elektrosztatikus effektusok és a holdi lebegő ionfelhő mérése	Mágneses szemcsék szelektálása mágneses anyaggal készített alakzatra történő rárendeződéssel
ENERGIA-ELLÁTÁS		A lerakódó por idővel gyengíti az energiatermelés hatékonyságát	Napelem termeli az űrszonda energiáját. Kísérlet: a nap-sugárzás fókuszálása energiát sűrít	Tükörrel vagy lencsével fókuszálható a napfény egy kísérlethez		
MOZGATÓ EGYSÉGEK		A mozgó alkatrészeket a felszíni szállított portól védeni kell				

Egy űrszonda méréseinek elvi bemutatása: **az összekapcsolt mérő és információs technológiák térképe**. Az űrszonda mérő, információs és adatfeldolgozó technológiák sokasága. A mátrixban a vízszintes irányban haladó méréstechnológiák és az oszlopokat képező környezeti áramok keresztezik egymást. Ugyanannak a felszíni áramlásnak különböző mérési műveletei (vagy csak hatásai) képezik a mátrix oszlopait. Pl. az egyik oszlopot a szél és a por áramlási hatásai alkotják. A szél levegőt és a benne lebegő részecskéket szállító anyagáramába különféle méréstechnológiai érzékelők nyúlnak bele. Az űrszonda méréseinek mátrixa egyszerre látatja velünk a méréstechnológiák fontos műszereit, és azokat a környezeti áramlásokat, amelyeket a méréstechnológiák érzéklni tudnak.

## 5. Az áramlások együttes áttekintése: Onsager-mátrix, vezetékek

Акár a természetben nézünk körül, akár az ember által létrehozott berendezéseket, rendszereket vizsgáljuk meg, a működésükhöz, fennmaradásukhoz egy dologra biztosan szükség van, mégpedig energiára. A természetes és mesterséges rendszerekben lezajló folyamatok anyag- és energiaáramok, ún. transzport-folyamatok.

Tapasztalatból tudjuk, hogy ha a rendszeren belül, pl. a hőmérséklet pontról-pontra más és más, akkor olyan folyamat indulhat meg, amelynek során a hőmérséklet kiegyenlítődik. Energia (meleg) áramlik a nagyobb hőmérsékletű helyről a kisebb hőmérsékletű felé. A folyamat neve: **hővezetés**.

Ha egy többféle anyagot tartalmazó rendszerben valamelyik összetevő sűrűsége nem azonos a rendszer minden pontjában, akkor olyan folyamat indulhat el, ami a sűrűségkülönbséget kiegyenlíti. Anyagi részecskék áramlanak a nagyobb sűrűségű helyről a kisebb sűrűség felé. Ennek a jelenségnek a neve: **diffúzió**.

Ha áramló folyadékban vagy gázban a részecskék sebessége nem azonos, akkor a részecskék impulzusátadással igyekeznek azonos sebességre szert tenni. A folyamat a : **viszkózus áramlás**.

Ha elektromosan töltött (pl. ionokat tartalmazó) rendszerben az elektromos töltés nem azonos mindenütt, akkor a töltéssel rendelkező részecskék a térorósségtól és töltésüktől függően a potenciál kiegyenlítődéének irányában elmozdulhatnak. Azaz **elektromos vezetés** jön létre.

A felsorolt példákban közös, hogy a leírt rendszerekben. anyag és energia áramlik. Az ilyen áramlások közös neve: transzportfolyamat. Megfigyelhetjük, hogy a transzport-folyamatokban bizonyos fizikai mennyiségek inhomogén eloszlása más mennyiségek áramlását indíthatja el, és a folyamat addig tart, amíg az inhomogenitás meg nem szűnik. Az áramló mennyiségeket extenzív mennyiségeknek az áramot megindító, inhomogén eloszlású mennyiségeket intenzív mennyiségeknek nevezzük. Természetesen az extenzív mennyiségek áramlása csak abban az esetben indulhat meg, ha azt semmi nem akadályozza. Ilyen akadály lehet a **szigetelés**.

Valamely  $x$ -szel jelölt extenzív mennyiség áramán ( $I$ ) az extenzív mennyiség időegységre jutó  $\Delta x/\Delta t$  megváltozását értjük. Ha ezt az áramlás keresztmetszetére, azaz felületegységre vonatkoztatjuk, az áramsűrűsége ( $j$ ) kapjuk. Az áram és az áramsűrűség vektorok.

Az extenzív mennyiségek a rendszer állapotát egyértelműen jellemzik. Az egész rendszer változásának mértékéül az extenzív mennyiségek időbeli változását használhatjuk. Ahány kölcsönhatásban vesz részt a rendszer, annyi extenzív

mennyiséggel jellemezhető. Egy extenzív mennyiség megváltozásának kétféle módja lehetséges:

1. a rendszert határoló felületen keresztül belépő vagy kilépő áramok által (az  $x$  extenzív mennyiség érkezése ill. távozása),

2. a rendszerben lévő forrás vagy nyelő által (az  $x$  mennyiség keletkezése és fogyása a rendszeren belül)

Természetesen itt forráson vagy nyelón nem pl. az anyag illetve energia vagy éppen az impulzus szó szerinti keletkezését vagy megszűnését kell érteni, hiszen ezek megmaradó mennyiségek. Az extenzív mennyiségek változását nem az összömege vagy összes energiára írjuk fel, hanem komponensenként. Pl. az oxigén tömegére felírt mérlegegyenletben a forrástag azt jelenti, hogy más komponensekből bizonyos térrészben mennyi oxigén keletkezik, ill. más komponensekbe mennyi épült be.

A fenti két pontban megfogalmazott feltételt az ún. mérlegegyenletbe foglalva:

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = Q - I.$$

Itt  $x$  az extenzív mennyiség,  $Q$  ennek a forrása,  $I$  pedig az eredő árama. A forrás a rendszer egész térfogatára, az áram az azt körülvevő teljes felületre vonatkozik. Az extenzív mennyiség felületi áramának irányát és részben az áramok erősségét a rendszer állapota, az intenzív mennyiségek különbsége (inhomogenitásának mértéke) határozza meg. Az áramerősség azonban függ a rendszer anyagi jellemzőitől is, amit egy olyan számértékkel adhatunk meg, amely megmutatja, hogy az intenzív mennyiség egységnyi különbségének hatására mekkora lesz az extenzív mennyiség árama. Ez az ún. *vezetési tényező*.

Régóta ismertek különféle áramokat kifejező összefüggések. Pl. a Fick-törvény szerint a diffúzióban a tömegáram:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = D \Delta \rho F,$$

ahol  $F$  a felület,  $D$  a diffúziós tényező,  $\Delta \rho$  a sűrűségkülönbség. Egy másik az egyenáramú Ohm-törvény:

$$\frac{\Delta q}{\Delta t} = \sigma \Delta U F,$$

ahol  $q$  az elektromos töltés,  $\sigma$  vezetési tényező, az ellenállás reciproka  $\Delta U$  az elektromos feszültség. A hőáramot pedig

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \lambda \Delta T F$$

alakban lehet megadni.

Itt  $Q$  a termikus energiát,  $\Delta T$  a hőmérsékletkülönbséget jelöli,  $\lambda$  pedig az ún. hőátadási tényező.

A hasonló összefüggések általánosításaként írhatjuk:

$$I_i = L_i \Delta y_i F,$$

ahol  $\Delta y_i$  az  $i$ -edik kölcsönhatáshoz tartozó jellemző intenzív mennyiség inhomogenitásának a mértéke  $L_i$  a vezetési tényező,  $F$  pedig a felület.

A vezetési tényező a felület anyagi minőségétől függ, de függvénye lehet az intenzív mennyiségek különbségének is, pl. az elektromos szigetelés csak bizonyos potenciálkülönbségig akadályozza meg az elektromos áramot.

Igen nagy jelentőségűek az olyan anyagok, amelyek egyes extenzív mennyiségek áramlását akadályozzák meg, vagyis a megfelelő vezetési együtthatóik kicsinyek. Ezek az adott extenzív mennyiség áramát tekintve *szigetelők*. A szigetelő anyagokkal lehet az adott áramot olyan irányba terelni, amely a berendezések rendeltetésszerű, célszerű működéshez szükséges.

Az áram általánosított kifejezése olyan speciális törvények összefoglalása, amelyekkel valamilyen intenzív mennyiség különbségének és egy vezetési tényezőnek a szorzataként jellemezhető az áramlás erőssége. A következő táblázat – a már említettek mellett – néhány ilyenre mutat példát:

A törvény neve	Áramló extenzív mennyiség	Intenzív mennyiség	Vezetési tényező
Fourier	Belső energia	Hőmérséklet	Hővezetési tényező
Ohm	Elektromos töltés	Elektromos potenciál	Az ellenállás reciproka
Fick	Tömeg	Sűrűség	Diffúziós tényező
Hagen-Poiseuille	Térfogat	Nyomás	Térfogatvezetési tényező
Darcy	Térfogat	Nyomás	Szivárgási tényező
Newton	Impulzus	Sebesség	Viszkozitási tényező

A vezetési tényező segítségével megadható a vezetékek általános értelmű meghatározása. A vezeték a fizikai mennyiség transzportját végző olyan rendszer, amely alapvetően két részből áll. Egy – az extenzív mennyiséget *jól vezető magból*, és az ugyanarra a mennyiségre nézve *szigetelő*



falból. Ez a definíció egyaránt érvényes akár a gyakorlatban használt csővezetésekre, akár az elektromos távvezetésekre. A vezetékekben a forrás és a nyelő (felhasználó) közötti intenzív mennyiség-különbség az extenzív áramot okozó hajtóerő, amelynek fenntartására – az energia-disszipáció pótlására – általában energiafelhasználó erősítőket (pl. szivattyú vagy kompresszorállomásokot), illetve nem erősítő jellegű átalakítókat (pl. transzformátor-állomásokot) építenek a hálózatba.

Bár a fizikai mennyiségeknek a folyamatban játszott szerepük szerinti csoportosítása igen tetszetős, és az áram általános alakjának megfogalmazása is kívánatos a jelenségek összehasonlításának céljából, mégis az így megadott összefüggést csak első közelítésnek tekinthetjük. Ugyanis az egyes kölcsönhatások valójában elválaszthatatlanok egymástól. Ugy is mondhatjuk, hogy tökéletes szigetelés, tiszta kölcsönhatás nincsen. Az extenzív mennyiségek mindegyike ugyanannak az anyagnak különböző tulajdonságait jelenti, ezért együtt áramlanak. Az áramra adott általános összefüggés nem fejezi ki ezt a tényt.

**Kereszteffektusok**

Az általános kifejezés más megfontolásból is módosításra szorul. Már a 19. században megfigyeltek olyan jelenségeket, amelyeknél valamely extenzív mennyiség áramát nem a hozzá tartozó intenzív mennyiség különbsége indítja meg, azaz nem tiszta kölcsönhatások. Pl. azt, hogy két különböző fémét egyesítve az érintkezési pontjukat melegítve, a hőmérsékletkülönbség hatására elektromos áram keletkezik (Seebeck), ugyanilyen fém páron elektromosságot átengedve az áram irányától függően a fémek melegsznek ill. hűlnek (Peltier).

Sűrűségkülönbség nem csak tömegáramot, de belső energia különbséget, hőáramot is létre tud hozni (Dufour) vagy a jelenség fordítottja is lejátszódhat (Soret). De ismerünk elektrokinetikai jelenségeket, ahol elektromos feszültség hatására tömeg áramlik (elektrooszmózis, elektroforézis, elektrolízis). Ezek a jelenségek nem tárgyalhatók ún. tiszta kölcsönhatások összegeként. Ezeket kereszteffektusoknak nevezzük.

A kereszteffektusokat figyelembe véve az extenzív mennyiségek áramának teljesen általános alakját Onsager a következőképpen fogalmazta meg: az áramot nemcsak a hozzá tartozó hanem az összes intenzív mennyiség inhomogenitása megindíthatja. Így az i-edik extenzív mennyiség árama:

$$I_i = \sum_{k=1}^{n-1} L_{i,k} \Delta y_k F$$

ahol F a felület,  $L_{i,k}$  az i-edik extenzív mennyiségnek az  $y_k$  intenzív mennyiség  $\Delta y_k$  különbsége által kiváltott áramára vonatkozó vezetési tényező, és az összegzés a független intenzív mennyiségekre vonatkozik. Ez az *Onsager-összefüggés*, ami azt jelenti, hogy két rendszert egyesítve az egyesített rendszerben mindaddig kölcsönhatások zajlanak, amíg az összetevők minden intenzív mennyisége meg nem egyezik. Elegendő egyetlen intenzív mennyiség különbsége ahhoz, hogy áramlás jöjjön létre. Egyensúly akkor és csak akkor áll be, amikor az intenzív mennyiségek kiegyenlítődték. Tekintettel arra, hogy minden intenzív mennyiség inhomogenitása az összes extenzív mennyiség áramát megindítja, a vezetési tényezők mátrixot alkotnak. A mérlegegyenlet az Onsager összefüggéssel fölírva a következő alakot ölti:

$$\frac{\Delta x_i}{\Delta t} = Q_i - \sum_{k=1}^{n-1} L_{i,k} \Delta y_k F$$

Az Onsager-összefüggés fontos következménye, hogy a rendszerben végbemenő változásokat általában nem szabad egyetlen extenzív mennyiség mérlegével leírni, azaz egyetlen kölcsönhatásra korlátozni. A vezetési tényezőkből álló vezetési mátrix matematikailag azt fejezi ki, hogy egyszerű kölcsönhatások önmagukban nem léteznek, hanem csak bonyolult összekapcsolódásuk lehetséges. Ha egy rendszer n darab kölcsönhatásban vesz részt, akkor az állapot jellemzésére és az állapotváltozása jellemzésére n számú extenzív és ugyancsak n számú intenzív mennyiségre van szükség, ezért a vezetési mátrix elemeinek száma  $n^2$ , vagyis a mérleg valójában n darab egyenletből álló egyenletrendszer.

A mérlegegyenletben szereplő  $Q_i$  forrástagra nem lehet általános alakú kifejezést megadni, konkrét alakja a vizsgálat tárgyától függően a legkülönfélébb hatások – sok esetben nagyon bonyolult – függvénye lehet.

A hajtóerők és a transzportok közötti kapcsolatot és a megfelelő folyamatokat az alábbi táblázat mutatja be:

EXTENZÍV ÁRAM INTENZÍV FESZÜLTÉG	$\frac{dV}{dt}$	$\frac{dE_b}{dt}$	$\frac{dm}{dt}$	$\frac{dQ}{dt}$
MECHANIKAI $P_1 - P_2$	MECHANIKAI MUNKA <b>DARCY POISEUILLE</b>	KOMPRESSZIÓ EXPANZIÓ	FILTRÁCIÓ	PIEZZOELEKTROMOSSÁG
TERMIKUS $T_1 - T_2$	HŐTÁGULÁS <b>ARCHIMÉDESZ</b>	HŐHATÁS <b>NEWTON - FÉLE VEZETÉSI T.</b>	TERMODIFFÚZIÓ <b>SORRET EFF.</b>	TERMOMELEKTROMOSSÁG <b>SEEBECK EFF.</b>
KÉMIAI $\mu_1 - \mu_2$		<b>DUFOUR EFF.</b>	DIFFÚZIÓ <b>FICK T.</b>	ELEKTROKÉMIAI HATÁS
ELEKTROMOS $U_1 - U_2$	ELEKTROMECHANIKAI MUNKA	<b>PELTIER EFF.</b>	ELEKTROKÉMIAI HATÁS	ELEKTROMOS ÁRAM <b>OHM T.</b>

## 6. Az ember mint az áramlások rendszere

Az emberi működést három funkcionális alrendszere szerint mutatjuk be, hogy a bemutatás mélysége illeszkedjen a technológiáknál használt felbontási mélységhez. Ezek a funkcionális alrendszerek a következők:

- a vázat alkotó anyagok
- a belső szállítási hálózatok, és
- az átáramló anyagok. A bemutatásra kerülő alrendszerek a csontváz, az izomzat, a kültakaró, a vérkeringés és a nyirokkörzés, a légzés, az emésztés, és a kiválasztás rendszerei.

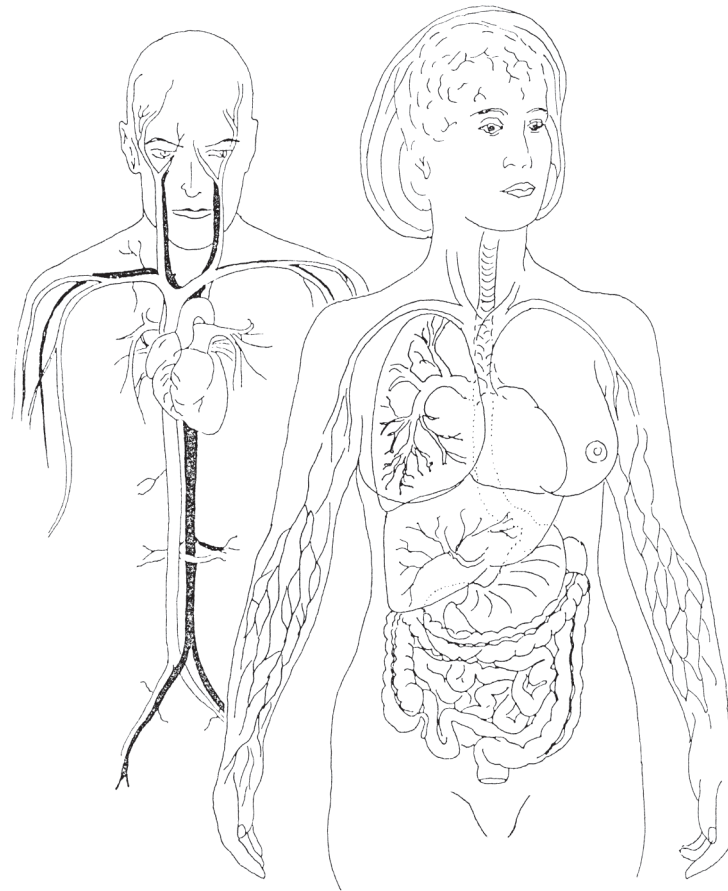
### VÁZALKOTÓ ANYAGOK

#### Csontozat

Míg születéskor még kb. 300 csontunk van, addig a felnőtt ember csontváza már csak 206 csontból áll, mert a születéskori csontok közül több a gyermekkorban összenő. E 206 csontokból több mint 50 a kezekben van. Névadó csontozati alrendszerünk a gerincoszlop, amely csigolyákból épül föl. Egyenesen tartja a testet, de nem úgy, mint egy merev rúd, hanem rugalmasan, úgy, hogy a gerincoszlop csavarodni és hajolni is tudjon, mert a csigolyák között rugalmas, szívós porckorongok vannak. Napközben a gerincoszlop porckorongjai összenyomódnak, ezért este, lefekvéskor alacsonyabbak vagyunk, mint reggel felébredéskor. A csontok alapanyaga folytán rugalmas és hajlékony, de a szerkezetébe beépülő ásványi anyagok merevítik. A csontok négyyszer szilárdabbak, mint a beton. Mivel a csontok nem hajlékonyak, két csont találkozását mozgatható ízület kapcsolja össze. A csontok végét sima porc borítja, ami védi a csontokat, és megakadályozza a csontok kopását. A porcok között ízületi folyadék van, ez csökkenti a súrlódást. A csőves csontok belsejét velőüreg alkotja, melyben zselészerű anyag, a csontvelő található.

#### Izomzat

Az izomzat képezi a rugalmas vázrendszert. Az izmok a csontokra tapadnak föl. Mintegy 650 izom alkotja izomzatunkat, de ezekből például járás közben mintegy 200-at használunk. Az izmok kismértékben mindig összehúzott állapotban vannak: ezt nevezzük izomtónusnak, amely megakadályozza testünk „öszszeesését”. Az izomtónus nélkül például az állkapcsunk leftytedne, kinyílna a szánk, az izmaink nem tudnák tartani testünket. Három féle izomszövetet különböztetünk meg: sima, harántcsíkolt és szívizmot. A harántcsíkolt izmok akarunktól függően, míg a sima és szívizmok akarunktól függetlenül is működnek.

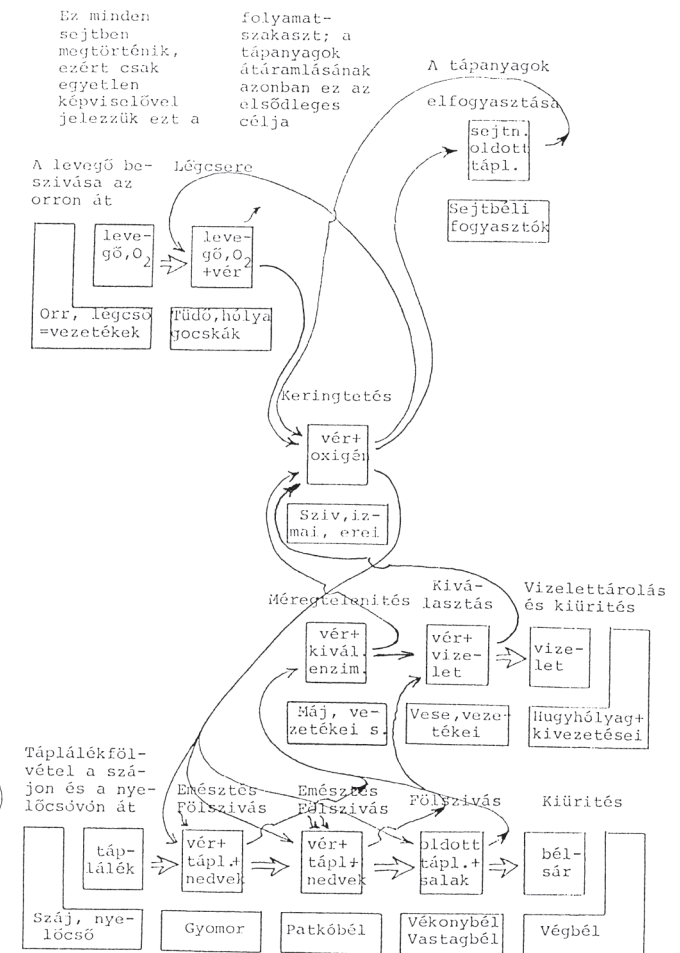


Az ember mint az áramlások rendszere

Minden izom fonálszerű rostokból áll – összehúzódásra és ernyedésre képes. Bizonyos izmok nagyok és vastak, mert nehéz munkát végeznek. (pl.: a láb izmai). Legnagyobb izmunk a széles, nagy farizom, a legkisebb a szemben található, amely mindössze 1 mm hosszú. Az akarunktól függetlenül működő simaizmok segítik az emésztést és a vérkeringést.

#### Kültakaró

A testünket bőr borítja, amely szigetel is de univerzális érzékszervként is funkcionál (tapintás, nyomás, fájdalom, hőérzékelés).



Ábra: néhány belső áramlási rendszer: részlet a vérkeringésből; légzési rendszer, kiválasztási rendszer

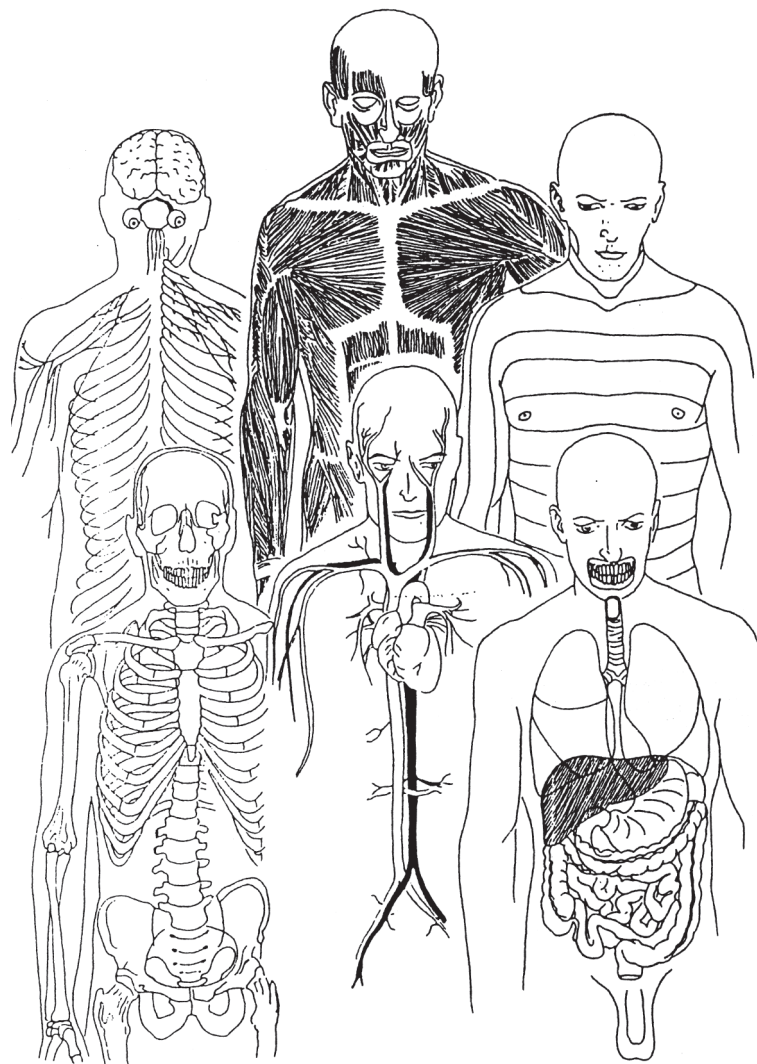
Bőrünkkel nem csak érzékeljük a hőmérsékleteket (libabőr), hanem a kiválasztás egy formájával a bőr a hőszabályozásban is részt vesz (verejtekezés). A bőrben sokkal több hideg receptor van, mint meleget érzékelő. A bőrt alkotó sejtek mirigyei fagyút termelnek, s ettől bőrünk vízhatlan.

### BELSŐ SZÁLLÍTÁSI HÁLÓZATOK

#### Vérkeringés

Az emberi testben mintegy 5-6 liter vér kering. Ennek a legfontosabb zárt keringési rendszernek a részei a következők: szív, a szívből kiinduló artériák (verőerek), ezek elágazásai, a





hajszálerek (kapillárisok) és a szívbe futó gyűjtőerek (vénák) vagy visszerek. A vérkeringés fő mozgatója (motorja) a szív, amely két félre (jobb és bal), négy üregre: két pitvarra és két kamrára tagolódik. A szívből indul ki a két vékör: a kisvékör (a tüdőhöz) és nagyvékör (a testhez). A szív percnként kb. 70-szer húzódik össze. Egy összehúzódással kb. 70 ml vért pumpál az artériákba. A szívből kiáramló vér kb. 25 másodperc alatt jár körbe az emberi testben.

#### Nyirokkörzés

A nyirokrendszer kiegészíti a vérkeringést és a sejtek közötti edényekben, a nyirokerekben áramlik. A nyirokrendszer fő te-

vékenysége a fehérvérsejtek szállítása A vérkeringéshez hasonlóan a nyirokrendszerben is folyadék áramlása megy végbe, melyben fehérvérsejtek, limfociták, találhatóak. Ezek ellenanyagokat (antitesteket) termelnek, ha a szervezetet fertőzés fenyegeti. A nyirok bőségesen tartalmaz fehérvérsejtet, zsírokat és más, az emésztésből származó termékeket. A nyirokerek dúsán átszövik a vékonybeleket. A nyirok anyaga a vérből származik és a vérkörbe is tér vissza.

#### Az idegrendszer

Az emberi test információs rendszere az idegrendszer. Idegsejtek hálózata szövi át a testet, melyet a központi idegrendszer irányít. A központi idegrendszer két részből áll: az agyból és a gerincvelőből. Az agy az idegrendszer hálózatán keresztül irányítja a tudatos tevékenységeket is (gondolkodás, mozgás, érzékelés), valamint a tudattalan testfunkciókat is (pl. légzés, emésztés). Az agy különböző területei különböző testfunkciókat irányítanak. Az agy két féltékére oszlik. A tudatos tevékenységet a két agyfélteke irányítja. A kisagy tudatunktól független működéseket, a mozgások összerendezését, és az egyensúly megtartását szabályozza. Az agytörzs vezérli és szabályozza a szívműködést, a légzést és a többi létfenntartó működést, a benne található vezérlő idegi központokon keresztül. Az agytörzs létesít kapcsolatot az agy többi része és a gerincvelő között.

Érzékszerveink az idegrendszeren keresztül hoznak létre tudatunkig eljutó észleleteket. De a fájdalmat, a hőt is az idegek közvetítésével érzékeljük. A központi idegrendszer igen nagy számú idegsejtet és szinapszist (kapcsoló sejtet) tartalmaz. Ezek mindegyikén elektromos jelek haladnak át. Az idegrendszer hálózata az emberi test informatikai hálózata. Részben belső jelek áramlanak át rajta, de az érzékszervek a külvilág jeleit juttatják az irányító központokba. Ezek részben tehát már a következő alrendszer csoportba tartoznak.

#### ÁTÁRAMLÓ ANYAGOK TESTÜNKBEN

##### Légzés

Belégzéskor oxigént vesz fel a tüdőnkön átáramló vér az alveolusokon. Ez az „energiahordozó”, a vér áramlásával testünk minden sejtjéhez eljut. Az így nyert oxigén nélkül a legtöbb sejt csak 1-2 percig képes élni. A sejtek az oxigén segítségével a táplálékot feldolgozzák és ezáltal energiához jutnak. A lényegében lassú égésnek is nevezhető folyamatban szén-dioxid és víz keletkezik. A tüdőből a kilégzéskor kiáramló levegővel együtt szén-dioxidot és a vizet is eltávolítunk a szervezetből, mert az alveolusokon valójában kiegyenlítődesi folyamat megy végbe

a széndioxidban dúsabb vér és az oxigénben dúsabb levegő között. A lebenyes szerkezetű tüdő a mellüregben helyezkedik el, a bordák tartó és védő kosarában.

A gázcsere a léghólyagocskák (alveolusok) falán keresztül megy végbe, amit sűrű hajszálérhálózat vesz körül. A léghólyagocskák szőlőfürtszerű halmazokat képeznek és mintegy 100 m<sup>2</sup> (fél teniszpálya) nagyságú légző felületet alkotnak a tüdőben. A be- és kilégzés folyamatát a légző izok (rekeszizom, bordaközi izmok) segítik. Percenkét kb. 16-szor veszünk levegőt egyensúlyi légzéskor, nyugalmi állapotban. Egy légvétellel fél liternyi levegőt lélegzünk be, és így percnként 8 liter levegőt cserélünk ki a tüdőnkben. A légzés szakaszosan folyamatos, légzés nélkül percekben belül elpusztul az emberi szervezet.

##### Emésztés

Emésztő szervrendszerünkhöz a tápcsatorna szervei tartoznak. Ez a szervsorozat földolgozza a táplálékot, lebontja, hogy a vér a sejtekhez eljuttassa azt. Az emésztőrendszer a szájnnyílással kezdődik és a végbélnyílással fejeződik be. Az emésztés már a szájból megkezdődik, a nyál amiláz nevű enzimjével, ami megkezd a keményítő lebontását. A táplálék a szájból, a nyelvcsövön át a gyomorba jut, ahol savak és enzimek bontják föl a táplálékot. Az emésztés a vékonybélben folytatódik, ahol a máj, az epe, a hasnyálmirigy és a vékonybél emésztőnedvei bontják tovább a táplálékot, ami a vékonybél falán szivódik fel a vérbe. A vékonybél belső felszínét bélbolyhok borítják, amik egy egészséges embernél teniszpálya nagyságú felszívó felületet képeznek. A megemésztett táplálék a vastagbélben halad tovább, ahol további 7-16 órát tölt. Itt emésztés már nem történik, csak a víz és az ionok felszívódása. Végül a nem hasznosítható részek a végbélben összegyűlve a végbélnyíláson (rectum) keresztül távoznak.

##### Kiválasztás

A szervezetben háromféle bomlástermék keletkezik. Közülük a gázokat és a vizgőzt a már tárgyalt légzési áramkörben egyszerűen kilélegezzük. Az emésztésből visszamaradt emésztetlen bomlástermékek a végbélnyíláson át széklet formájában távoznak a testből. A folyékony bomlástermékek verejték vagy vizelet formájában távoznak el a testünkből. A vérből a vese szűri ki a vizet és a karbamidot.

Testünk csaknem 2/3-a víz, ezért a vízforgalom a legfontosabb külvilági anyagforgalom testünkben. Étellel-itallal naponta mintegy 2,5 liter vizet veszünk magunkhoz. A léggzéssel naponta szervezetünkből kb. 0,5 liter, a vizelettel 1,5–2 liter víz távozik. A vízháztartást is, mint szervezetünk sok más anyagforgalmát, belső elválasztású mirigyek szabályozzák. A vízháztartást az a gyalapi mirigy szabályozza.

## 7. A lakóház: elhatárolt tér bevezetett áramokkal

Az ember alapvetően természet közeli lény. Az ember működési paraméterei nem mindig esnek egybe azokkal a paraméterekkel, amiket a természet kínál. Bár az ember a földi természetes körülmények között fejlődött ki, ahhoz, hogy szélsőséges környezeti hatások és viszonyok között is megéljen, fokozatosan technológiai vívmányokat fejlesztett ki.

Az ember érzékeny és gondolkodó lény, így nem elégszik meg a pusztá túléléssel, amennyiben módjában áll, igyekszik a környezetét úgy megválasztani, illetve lehetőségeihez mérten megváltoztatni, hogy az számára minél kényelmesebb, kellemesebb legyen. Ezért az ember már kezdetektől fogva létesített a maga számára mesterséges környezeteket („lakokat”, „házakat”), amelyekben a természet pusztá szeszélyeivel szemben bizonyos mértékig ő volt az úr.

Az első menedékek, a barlanglakások, számunkra csekélynek tűnő komfortot nyújtottak, de a pusztasághoz vagy az erdőhöz képest már kevésbé voltak kellemetlenek: megóvták az ősembert az erős szelektől, a hideg esőtől és hótól, az esőerdőben pedig a nedvességtől és a gyötrő forróságtól.

A gyűjtögető, halász-vadász életmódot követően a termelő életmód is megkívánta a letelepült életet, gazdasági épületek szervezését. A kis lélekszámú közösségek családonként építettek lakóegységeket, melyeket körülvevő a gazdálkodási szféra.

Ennek a mesterséges környezetnek a megépítését és működtetését jellemezhetjük a mesterséges és a természetes környezet határán megengedett, megtiltott és kényszerített transzportfolyamatokon keresztül. Ezt egy táblázatban mutatjuk be. Természetesen a táblázat nem teljes, kifejezései is sajátosak. Nehéz elképzelni például a barlang szellőztetését, ami egy állatbőr lengetésével valósulhatott meg.

A táblázatból hiányzik egy nagyon fontos tényező: a fény. A legtöbb munkát csak fényben lehet elvégezni, ez viszont a barlang védett környezetében legfeljebb a tüztől származó csekély mennyiségben állt rendelkezésre. Ezért az ősembert számos cselekvést (például a szerszámkészítés precizitást igénylő munkáját) nem tudta elvégezni a barlangjában, kénytelen volt azt a természetben, vagy a barlang kevesebb védelmet adó bejáratánál elvégezni.

Bármily primitívnek is tűnik a megállapítás, a lakóház falain áthaladó áramlások szempontjából, jelenlegi házaink falai alig különböznek a barlanglakás falától, mert ezek ugyanazokat a dolgokat eresztik át vagy épp tartják kint, mint amiket a barlang körüli sziklák. Mindössze a fényt átteresztő, de szilárd ablaküveg volt jelentős újítás, illetve az ajtó a bejutás szabályozására.

## Az ősembert barlangjának falain zajló transzportok

Transzport tárgya	Transzport viselkedése	Transzport eszköze	Transzport célja
Levegő	Szigetel	kőfalak, bőr vagy fa nyílászáró	a levegővel együtt hő is távozna
Nedvesség	Szigetel	kő falak, bőr vagy fa nyílászáró, emelkedő talaj vagy küszöb	a nedvesség beszivárog a ruhába, hőt von el, az ember környezetének száraznak kell lennie
hő	Szűkség szerint	a falak és a nyílászárók bent tartják a meleg levegőt, de a kőfal folyamatosan hideget sugároz	hidegben a fűtés vagy a saját hő nem vész kárba, melegben hűvös van bent
friss levegő	Kényeszer	a tűz füstjét ki kell szellőztetni vagy kürtön át távozik; az állott levegő egészségtelen, szellőztetni kell	kürtő – kéményhatás; barlang bejáratának időleges megnyitása, legyezés
tűzifa	Kényeszer	manuálisan	a hő termeléséhez tűzifa szükséges
Vadállatok	Szigetel	tűz	a tűz elriasztja a vadállatokat
Élőködök, rovarok, rágszállók	Kényeszer	manuálisan	elfogyasztják és beszenyvezik a táplálékot, ezért ki kell dobni őket
Kórokozók	Indifferens	a levegővel terjedő kórokozók gond nélkül bejuthatnak	
Élelem	kényeszer	manuálisan	minden környezetben szükséges

A lakóházak településekké történt összekapcsolódása miatt ma már jónéhány manuális transzportfolyamat (kézi bevétel) automatikus: csövek, vezetékek dolgoznak az emberi kéz helyett, de közel sem minden téren. A lakóház falain áthaladó áramlásokat bemutató táblázatba sok olyan szempontot is belevettünk, amelyekkel kapcsolatban ma a legtöbb lakóház nem szigetel, de nincs is igény a fizikai mennyiség bejövételére. Ezek egy részének a szigetelésére, illetve a

kényszermozgására léteznek technológiák. Előbb azonban vázoljuk, miért is került sor az egyéni lakóházak csoportos elhelyezésére. A modern szolgáltatások áramlási rendszerekkel történő bevezetése ugyanis a városi csoportos élet következménye.

## A városok szerepe a modern lakóépület kialakulásában

A városokba költözés a korai ember számára óriási minőségi változásokat hozott magával: a termelési főlegleg lehetővé tette a kereskedelmet, a munkamegosztás megerősödését, a mezőgazdálkodástól való elszakadást. Érdekes módon az első igazán nagy települések (mint az anatóliai Çatal Hüyük) úgy tűnik, mégsem városokként működtek, hanem egyszerű óriásfalvakként, és elképzelhető, hogy Çatal Hüyük mind a 10 000 lakója folyamatosan csak földműveléssel foglalkozott. Korábban úgy gondolták a sokrétegű ásatási területen fölfedezett koncentrált obszidián-maradványok alapján, hogy itt már néhány ezer évvel a sumérok híres folyómenti civilizációjának kibontakozása előtt mesteremberek éltek és dolgoztak: egyesek csak obszidiánt pattintottak, mások a sok, szinte típusú szerinti épült lakóház építésével foglalkoztak.

Egy ekkora, kereskedelemmel és iparral dolgozó város eltartásához azonban óriási vonzáskörzetre lenne szükség, hiszen szerény termékeikre alacsony a kereslet. Az új, mikroszkopikus kutatások alapján úgy tűnik, minden házat lakóik, a nagycsaládok emeltek saját kezeikkel, és hasonlóságuk csak a véletlen műve. A házak talajának elemzése közben talált obszidián-szemcsék arra utalnak, hogy minden lakó maga készítette szerszámaikat, és nem voltak dedikált obszidián-műhelyek. Çatal Hüyük úgy tűnik, egy óriási majorsági központ volt, nem valódi város.

Az olyan sumér városok, mint Ur, már valódi városok voltak, amelyekben földművesek alig éltek. Az ottlakók iparuk termékeiért vásárolták meg a vidékről érkezett parasztoktól a betevőt, miközben a fejlett mezőgazdasági technológiáknak köszönhetően nagyszámú papot és művészt is eltartottak. Természetes volt a kezdeti kultúrák folyók melletti kialakulása: ezeken a vidékeken a legnagyobb a hozam, itt tudnak az iparosok kibontakozni, itt van egyáltalán lehetőség a magasabb kultúra megteremtésére. A folyó kereskedelmi folyosóként is szolgált, és összekötő erejének köszönhetően már a partjain élőket nevezhetjük népnek is, amely a folyó völgyön kívülről érkező törzsekkel szemben óriási erőt tud fölmutatni.

Bár a római nagy csatorna, a Cloaca Maxima megépítése jelzi, hogy a városi fejlődés egyik lépése a szennyvíz elvezetése, Róma után, a középkorban, csatornázás nélküliek

*A modern ház falain át zajló transzportfolyamatok*

<b>Tr. tárgy</b>	<b>Transzport viselkedése</b>	<b>Transzport eszköze</b>	<b>Transzport célja</b>
Levegő	Szigetel, átereszt vagy kényszer	Falak, többrétegű ablakok, tömítések akár légmentesen is szigetelhetnek; az ablakok nyitásával szellőztethetünk; légbefúvással folyamatos lehet a szellőztetés	Friss, oxigénben gazdag, szagmentes levegő biztosítása.
Hő	Szigetel, átereszt vagy kényszer	A falak, nyílászárók tökéletesen szigetelnek; szellőztetéskor a meleg elszökhet vagy nyáron épp betörhet, de nyáron az éjszakai hűvös beereszthető és csapdában tartható; fűtéssel és légkondicionálással szabályozható a hőmérséklet	Mindenkor a kellemes hőmérséklet biztosítása
Nedves-ség	Szigetel, átereszt vagy kényszer	A csapadékot teljesen szigeteli, de gyakran túl száraz a házakban a levegő, ezen gyakori szellőztetéssel vagy kényszer-párásítással segítenek	A nedvesség rohasztja a berendezéseket, egészségtelen, de a teljesen sivatagi levegőt sem bírja az ember
Por és pollenek	Beereszti, kifelé szigeteli. Befelé szigetelhető, kifelé kényszer.	A kinti por és pollen szellőztetéskor bejön, de a termodinamika szabályai szerint nem távozik magától. A bejövő levegő a légkondicionálóban szűrhető porra és pollenre, kifelé pl. átszűrőkkel, seprűvel és porszívóval terelhető.	A por nem esztétikus, a pollenekkel együtt ma már allergiát okoz (egyes vélemények szerint pont a túlságosan mesterséges környezethez való alkalmazkodás miatt)
Fény	Beereszti, kényszer	A természetes fény bejöhethet az ablakokon, árammal mesterséges fény hozható létre	Az ember legtöbb tevékenységéhez fényre van szükség
Sugárzások	Beereszti, szigeteli, kényszer	A ház védelmet nyújt az UV-sugárzás ellen, de a radioaktív sugárzástól és a sugárzást kibocsájtó, szálló portól nem véd. Egyes elektromágneses sugarak nem hatolnak át, ezeket szükség esetén be kell juttatni.	Az emberre sok fajta elektromágneses és radioaktív sugárzás lehet különböző mértékben veszélyes, másfajtaikat azonban felhasznál céljaira (kábelben vezeti be az elektromágneses jeleket: tévé, internet, telefon)
Energia	Befelé átenged, kifelé szigetel; kényszer	Az ablakokon bejut a Nap sugarai által szállított hő; a falakra eső napsugarak energiáját napkollektorok hasznosítják és csövek viszik be a házba; a további energiát külső forrásból juttatják be;	A ház szolgáltatásainak legtöbbje és az ember munkaeszközei energiát igényelnek – kisebb részben hőenergiát, nagyobb részben elektromos energiát. A hőenergiát fűtőanyaggal, meleg folyadékkal vagy elektromos energia formájában juttatják be
Ivóvíz	Indifferens vagy kényszer	A ház határain nem jelenik meg; bevitale csöveken vagy manuálisan.	Az ember egyrészt ivóvizet használ főzéshez, tisztálkodáshoz, egyes berendezéseit ezzel üzemelteti (WC, akvárium, fűtés, medence, párasító, stb.), másrészt maga is fogyasztja különböző változatokban (pl. ásványvíz, sör)
Étel	Indifferens vagy kényszer	A ház határainál nem jelenik meg, manuálisan kell bevinni.	Az ember eszik és táplálékát a házon kívülől maga szállítja be, felhasználhat autót, teherliftet vagy siklópályát.
Hulladék	Szigetel vagy kényszer	A hulladékok maguktól nem mennek ki, manuálisan vagy csővezetékeken át el kell távolítani azokat.	A hulladékanyagok helyi újrafelhasználása gazdaságilag nem indokolt, viszont esztétikailag és egészségügyileg is ártalmas lenne a házban hagyni (és hely sincs)
Információ	Szigetel vagy kényszer	Általában elektromágneses hullámokkal vagy nyomtatott formában manuálisan	Információéhségünk magas, különböző témákról és személyekről szeretünk bizonyos dolgokat tudni



voltak a középkori városok Európában. Az ipari társadalom kiépülése aztán magával hozta a víz-, majd a gázszolgáltatást, később a villamos árammal való ellátást és a telefonnal a kommunikációs hálózat kiépülését. A város lakóinak többsége lemond a természetközeli környezetről, egyéni lakásigénye a belső berendezésre szorítkozik. Kapja viszont a társas kényelmet, ami a vezetékes körforgási anyagok szolgáltatását jelenti. Ennek fényében kell szemlélnünk a mai lakást.

### A modern ház falain át zajló transzportfolyamatok

Ahol azonban szigetelésről és áteresztésről beszélünk, ott tekintetbe kell vennünk, hogy a ház határain belüli és kívüli területek nem térnek el egymástól jelentősen. A szigetelések és áteresztések csak kényelmi célokat szolgálnak, a kényeszer kialakítása is olyan, hogy a két hasonló közeg közötti csekély különbség kialakítására törekcsenek.

Egy, a házunkéval megegyező tulajdonságú környezet kialakítása a világűrben egyáltalán nem egyszerű. A ház a saját mesterséges környezetét úgy biztosítja, hogy a külső környezet erőforrásai segítségével a külső környezethez igen hasonló, attól csak kicsit eltérő környezetet alakít ki.

Itt a Föld felszínén azonban nem baj, ha a környezet kialakítása nem teljesen megbízható. A ház működéséhez szükség van a külső környezetre, ahonnan az energiát és minden más, a házbéli környezethez elengedhetetlen anyagot szerez (levegő, élelem, ivóvíz, információ) és ahová a fölösleges dolgokat juttatja (szemét és szennyvíz, elhasznált levegő, nyáron a meleg stb.).

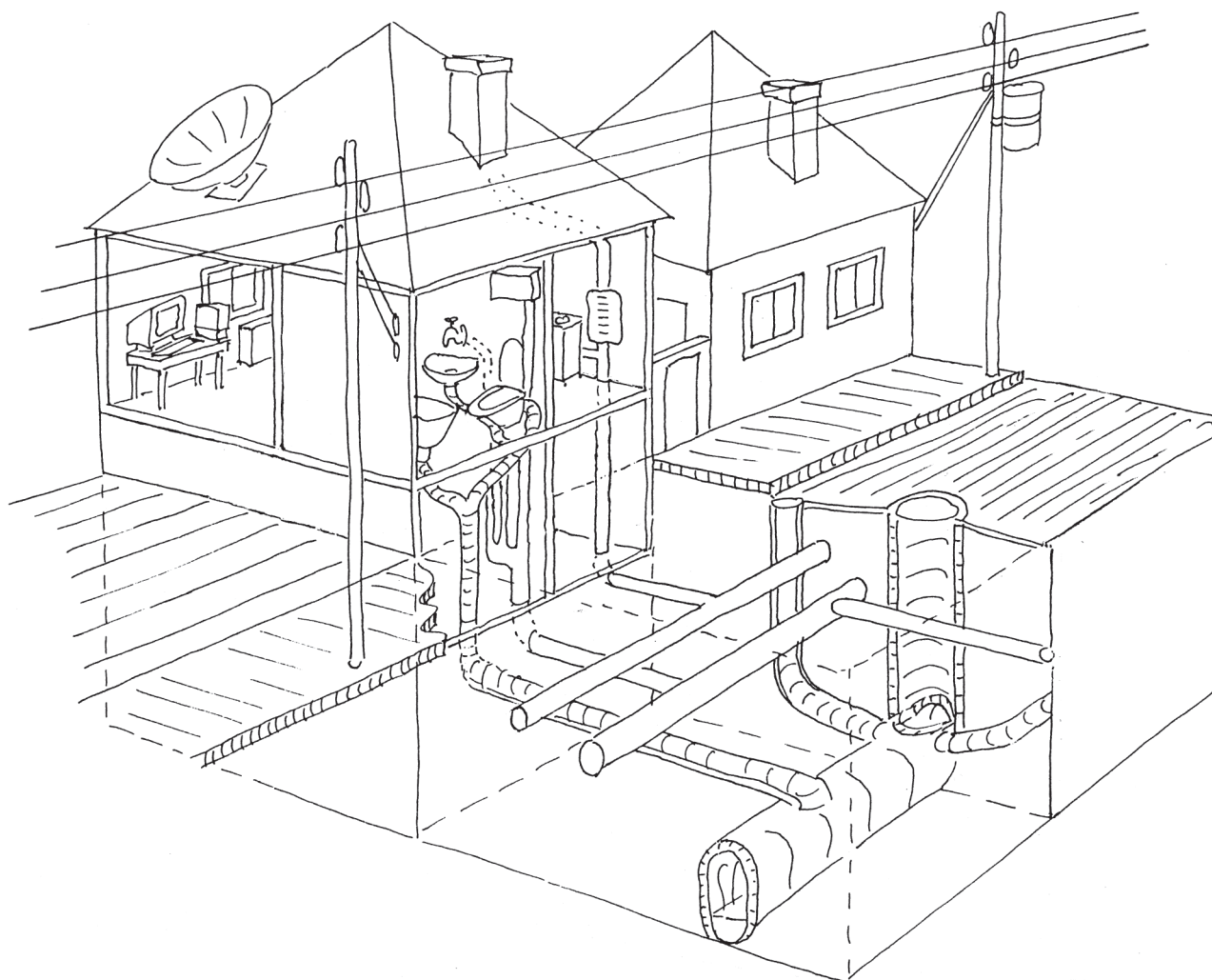
E kiragadott mozzanatokkal érzékeltetjük, hogy az élet sokféle folyamata hozzájárult ahhoz, hogy a mai lakás sokféle műszaki áramlással a városi körforgásokba beleszótt építészeti alkotássá válhatott.

Egy űrállomásnak azonban magával kell vinnie tartályokban mindazt, amit a földfelszíni lakóháznál a természetes (elsősorban a földi légköri és vízköri) környezet megad. Ahogy a termodinamikában a környezetet egy hőtartálynak tekintjük, úgy kell az űrhajónak teli levegőtartályt, élelmiszertartályt, víztartályt, információtartályt, energiátartályt valamint használt-levegő tároló-, szeméttároló- és szennyvíztároló tartályt magával vinnie.

### Autonómmá váló lakóterek a földi közlekedésben

A világűrben hideghez, szeméttárolóhoz és korlátozottan energiához is hozzá lehet jutni, így a hűtés, az energia-gyűjtés és a szeméttől való megszabadulás megoldható. De a levegőt és a vizet célszerűbb helyben újrahasznosítani,

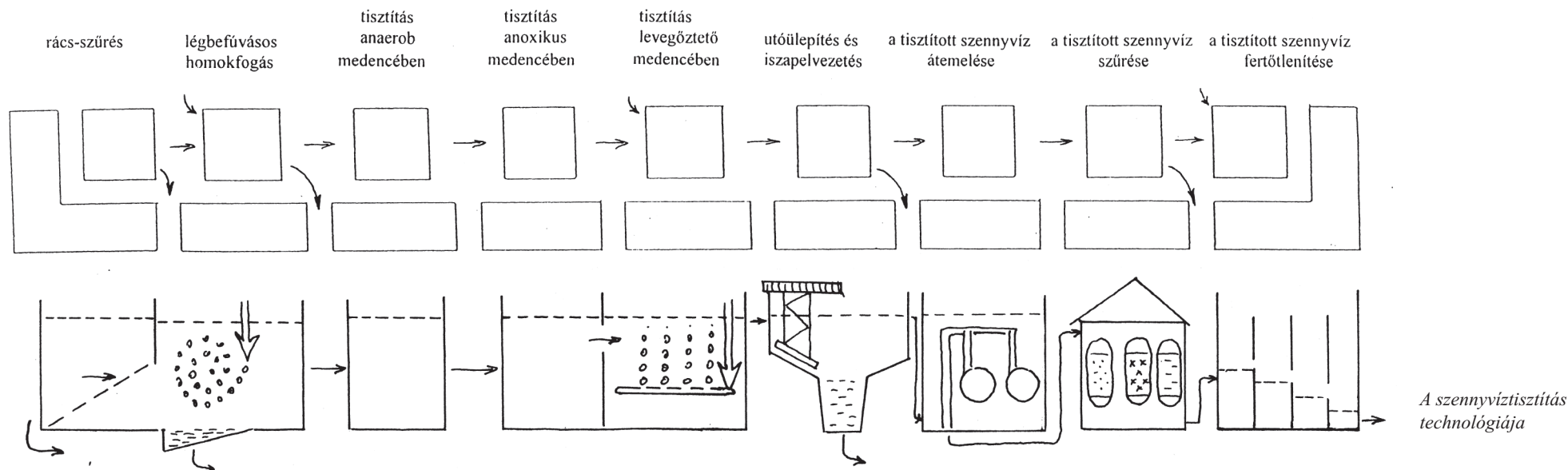
*Egy lakóház bekapcsolódása a város áramlási rendszereibe: víz, gáz, csatorna, elektromos vezeték, kommunikáció*



amiből energia befektetéssel ismét ivóvíz vagy friss levegő állítható elő.

Az autonómmá válás egyik előkészítő tevékenysége a vándorlás. A nomád népek mindent ötletesen elrendeztek és magukkal vittek. Legkiemelkedőbb civilizációs vívmányuk a kocsni, a kerekre szerelt lakótér. Ugyancsak megkövetelte az autonómitást a vízi utazás is. Már a nagyon korai technológiai színvonalon is képes volt az ember bizonyos szintű autonómitást

kölcsönözni e közlekedési eszközeinek. A tengeri hajóknak, akár a partok mentén, akár a nyílt vizen haladtak, ivóvizet és élelmet (valamint alkoholt) mindenképpen kellett magukkal vinniük. Igen jelentős utazó csoport a sivatagi karaván is, ahol a víz és élelmiszer szállítása mellett megvalósul az egyik hulladék újrahasznosítása is: a letáborozás energiaforrása a száritott tevetrágya.



### Tengeralattjáró

A Földön az autonóm járművek csúcsa minden bizonnyal az atommeghajtású tengeralattjáró: nagyszerűségét közel végtelen erőforrásának köszönheti, méretének csak a harcászati feladatok megkívánta fürgeség illetve a költségvetés szab határt. A szűk keresztmetszet náluk a rakodótér és a pihenőterületek: mivel a reaktor és a fegyverrendszerek (torpedók, robotrepülőgépek, egyes típusoknál a ballisztikus rakéták) nagy teret töltenek ki, a szállást ezért igen gazdaságosan kell megszervezni. Ezt úgy oldják meg, hogy átlagosan minden három matrózra két ágy jut, amit azután rotációs rendszerben használnak.

A tengeralattjáró szigetelésének gyakorlatilag meg kell egyeznie az űrhajó, vagy az űrállomás szigetelésével. Van azonban néhány különbség: tengeralattjáró süllyedt már el amiatt, hogy a WC-k kieresztő-pumpája tönkrement, és a fedélzetet elárasztotta a tengervíz – űrállomáson sokkal egyszerűbb megszabadulni a hulladéktól, hiszen a nyomásviszonyok miatt (ott belül nagyobb, a kültérben kisebb) a dolgok pont távozni szeretnének belőle, nem betörni.

Ugyanakkor a tengeralattjáró mindenféle (külső) sugárzástól védve van a tenger mélyén, sőt gyakorlatilag a világon a legbiztonságosabban valaki egy atom-tengeralattjárón érezheti magát a (külső eredetű) sugárzásoktól. Szinte bármely, akár globális méretű katasztrófa is túlélhető benne. Ezzel szemben egy űrhajó igen érzékeny: már a legapróbb, porszemcse méretű meteorit is kárt tehet benne és megoldatlan a nagyenergiájú elekt-

romágneses sugarakkal szembeni védekezés kérdése is. Számítások szerint ma még valószínű, hogy egy Mars-expedíció legénységének legalább egy tagja a várható halálózási ideje előtt hal meg az űrutazás során kapott sugárzások okozta megbetegedésben.

A legsúlyosabb különbség pedig az űrállomás és a tengeralattjáró között az, hogy egy tengeralattjáróról majdnem bármikor vissza lehet térni a szárazföldre. Egy űrhajó legénysége számára a betegség, a magány, a kommunikációs nehézségek és a stressz mind nagyobb kockázatot jelentenek.

### A víz szerepe az ember, a lakóház és az űrállomás anyagcsere forgalmában

Az emberi test tömegének kétharmadát víz alkotja. Mint áramló anyag állandó mozgásban van a szervezetünkben és szállításokat végez. Minden anyagcsere folyamat vízszállítással is kapcsolatban van. A víz poláros molekulái a vizet az egyik legjobb oldószerré teszik. Ennél a képességénél fogva tudja a szervezet szállításait elvégezni az anyagcsere-forgalomban. A szállítás során anyagokat fogad magába és anyagokat ürít ki a víz.

A víz azonban nemcsak az emberi test anyagszállítási rendszerében láthatja el ezt a szállítási feladatot. A lakóházakban a legösszegezőbb körforgási rendszer a vízkörzési kapcsolat. Ma már tiszta víz a fő áramló anyag a lakásokban. Előfordul, hogy hőt is szállítanak vele a lakásokba. A lakásból eltávozó szennyvíz viszi el a mosogatás, a biológiai anyagcsere termékeit, a mosakodási és mosási oldott anyagokat is. A városi víz tisztítása ma már nagyipari műveletként történik. Mi történik akkor, ha zárt körforgásba (vagy igen kicsi

veszteséget elviselő tisztításba) kell belekényszerítenünk az űrállomásra fölvitt vizet?

A NASA a 60-as években készült a holdszállásra, és kifejlesztett egy víztisztító technológiát, amely biztonságos volt és tiszta vizet volt képes előállítani az űrhajósok szennyvizéből is. Ez az új technológia a fordított ozmózis jelenségén alapult. Az ozmózis folyamatában egy membrán választja el a nagymolekulákat is tartalmazó térrészt és az oldószert. Külső behatás nélkül addig hígul föl a nagymolekulákat tartalmazó oldat, amíg egyensúlyba nem kerül a másik oldallal. Nyomás hatására azonban, amit a nagymolekulákat tartalmazó oldatra fejtünk ki, megakadályozhatjuk, hogy a az oldószert fölhígítsa a nagymolekulákat tartalmazó oldatot. Még nagyobb nyomást alkalmazva, a meglévő oldatból is sajtolhatunk át a membránon túli hígabb oldat tartományába oldószert. Ez utóbbi folyamat neve a fordított ozmózis jelensége. A szennyező nagymolekulákkal érkező oldatra nagy nyomást alkalmazva az oldószert átsajtolódik a membránon túlra, ahonnan azután a tisztított vizet elvezetik. A szennyező anyagokban feldúsult maradék oldatot pedig eltávolítják a körforgalomból. Ezzel a módszerrel jelentősen csökkenteni lehet az űrrepülések során fölvitt víz mennyiségét.

A vázolt egy víztisztító technológiához olyan molekula-méretű szűrő szükséges, amelyet csak az ozmózismembránok képesek teljesíteni. Az ozmózismembránok olyan kis nyílásokat tartalmaznak, hogy azokon keresztül csak a vízmolekulák tudnak áthaladni, a vízben oldott anyagok viszont kívül maradnak. Az így nyert tiszta víz nem tartalmaz vírusokat, baktériumokat, klórt, nehézfémeket, vagy másféle toxikus, radioaktív, vagy rákkeltó anyagokat sem.





Ami itt nem annyira hangsúlyos, de a valódi úton az lesz: a mérnök-informatikus (programozó matematikus), az orvos és az üzemanyagot és oxigént előállító ISRU (in situ resource utilization) egység használatát felügyelő kémikus szakember szerepe – nem beszélve egy profi pilótáról. Valószínű, hogy egy-egy ember több szakterülethez is értő, a jelenlegieknél ezért (is) idősebb, középkorú űrhajós lesz, márcsak a nagy sugárzási adag veszélyeire gondolva is. A hivatalos tervekben nincs külön médiaszakember (filmes, újságíró), ez minden legénységi tag „kötelessége” lenne.

A **bázis helyszínét** úgy jelölnék ki, hogy több különféle geológiai terep is elérhető közelségben legyen; a felszín alatt nagy valószínűséggel találjanak vizet (jeget) és ezzel életfenntartó közeget; az űrhajósok biztonsága maximális legyen (ezért szálltak le eddig mindig sík terepen az űrszondák).

A **leszállás után** a már ott lévő energiatermelő és kommunikációs és ISRU alapú életfenntartó rendszerekkel kell összekötni a lakóegységet. Ezt a folyamatot a hosszú (NASA-tervekben 0 g-s [=súlytalanságban], MarsDirectben 1/3 g-s) utazás után regenerálódó légénységre tekintettel minél jobban automatizálni kell. A légénységnek ez után is igen sok szerelési munkát kell végeznie.

A lakóegységen kívül felállított geofizikai és meteorológiai műszerek ill. műholdak segítségével a környezetet folyamatosan monitoroznák. Mivel a küldetés időtartamába beleeshet egy hosszabb globális és több helyi porvihar, ezekről időben tudomást kell szerezni. Porvihar alatt a tevékenységi lehetőségek is megváltoznak. A marsi – esetleg toxikus – por jelenléte egyébként jelentős veszélyforrás, de jelenleg földi laborban vizsgálható minta híján nem ismert veszélyessége.

**EVA (terepmunka).** A régi tervektől eltérően nem 30, hanem kb. 500-600 napot (szolt) tartózkodnának az űrhajósok a Marson. Ez alatt nagyobb felszínarabot járnának be. Az expedíciókhoz több nyitott és egy zárt („pressurized”) autót, rovert is használnának. A távolabbi expedíciókról nem térnének közvetlenül vissza, hanem egy felfújható ideiglenes bázist (tábor) építenének. Ez a lakóegységéből rendszeresen utánpótlást kapna, a helyszín felderítése után pedig továbbszállítható.

A lakóegységből indulnak a légénység 2-4 fős csoportjai EVA-kra (EVA=*extravehicular activity*, a holdutazás óta a szkfanderes terepmunka megnevezése), az esetleges mentésre gondolva. Mielőtt felhúznák a szkfandert, végigmennek a felszerelés listáján, mert ha kilépnek a zsilipen, már nem tudhatják pl. a szkfander belső zsebében felejtett tollat elővenni: Az MDRS-en használt szimulációs EVA *checklist* azonban meg sem közelíti pl. a Nemzetközi Űrállomás hasonló listáját. Ruhát felhúzni (cipzár hátul), csizmát felvenni, kesztyű

(toll ráragasztva kupakjánál a kisujjra), sisak belseje bemosószerzve (párásodás ellen), rádió gomb ellenőrizve, rádió a hátuljához erősítve, bekötve, gumirögzítő megvan?), hátszak (ventillátóra feltöltve? működik?), WC (biztos nem fog kelleni?), zsebek (mintagyűjtő zacskó, két oldalán celluxtépők, tartalék toll, fényképező, film, GPS, elem), rajztábla (fotóméretarány, toll (fog?), térképek fóliázva, EVA napló), névtábla felragasztva?, sapka (ha lecsúszna, fejre ragasztva), víz. Ha valaki megszomjazna a terepen, a légénység bármely tagjánál levő vizespalackra bárki rácsatlakozhat (kis szívóka a sisakba építve), és a levegő is átsatlakoztatható a másikra, ha valakinek a ventillátóra elromlik. Az EVA a legfontosabb része az emberes marsutazásnak, hiszen „ezért mennek”: a terepen az emberek sokkal hatékonyabbak, mint a robotok. Az EVA-k során alapvető a mintagyűjtés, majd visszatérve a minták tárolása illetve elemzése. Ezen belül is a marsutazás legfontosabb célja a marsi jelenlegi vagy múltbéli élet nyomainak megtalálása. Lehetséges, hogy egy talajmintában, egy kő alatt, egy sziklafalban találják meg az életnyomokat, ahol roverekkel nem volna lehetséges a keresés. Mivel szkfanderben a terepmunka nehézkes, automata adat- és mintagyűjtő roverek segítik az ember munkáját távolabbi helyszíneken.

A minták egy részét helyben kell vizsgálni (pl. az Apollo-expedíciók visszahozta holdpor eredeti állapotát már nem ismerhetjük, mert már a visszatérő kabinban kölcsönhatásba lépett a kabin levegőjével), ami (a terepmunka tapasztalataival együtt) a további kutatás elméleti és hely szerinti irányának kijelölésében is fontos. Az adatokat folyamatosan továbbítják a Földre, ahol a tudományos közösség segít azok feldolgozásában. Földi biológiai mintákat a helyszínen begyűjtött marstalajon, de zárt rendszerben próbálnának tenyészteni: ez földi szimulációs kamrákban nem lehetséges. Miközben az űrhajósok sem szennyezhetik be a Marsot földi étellel, a marsi minták feldolgozásánál és csomagolásánál is (kezdetben) nagy elővigyázatossággal kell eljárni: a földi és esetleges marsi élet esetleges közös eredete (vagy más) miatt elképzelhető hogy a két életforma képes egymással kölcsönhatásba lépni. A sterilitás azért is fontos, mert az élő űrhajósokkal történő helyszíni vizsgálat során is ki kell zári a marsi minták földi biológiai fertőzésének lehetőségét.

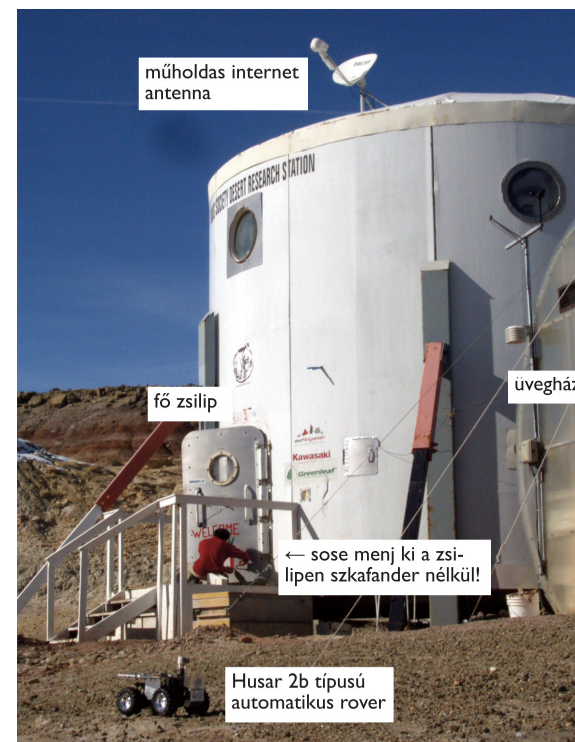
**Élet a lakóegységben.** A tudományos célok teljesítése mellett a légénység tagjainak a „normális” élet biztosítása is fontos: elegendő hely, elvonulási lehetőség, sportolási lehetőség, megfelelően változatos (és élvezetes) étrend, kikapcsolódási lehetőség, mosdási lehetőség, védelem a zajártalom ellen, tárolóhely, kommunikációs lehetőség a földi családtagokkal. A NASA terveiben egyforma kétszemélyes (de leválasztható) szobákban lakna a légénység. Az ablakok a

pszichológiai hatás mellett azért is fontosak, mert a távolabbi tárgyakra tekintés lehetősége nélkül a szem károsodhat. Mindezek mellett a légénység feladata a mosogatás, takarítás, szemét kezelése, a műszerek és eszközök javítása (külön barkácműhelyben vagy a terepen).

A szárított és fagyasztott élelmiszert a lakóegységben és vész-tartalékokat a visszatérő egységben is vinnének az útra. Az energiát atomreaktor biztosítaná (akárcsak a Viking űrszondák esetén).

Gyakorlati kérdés, hogy mennyire lesz papírintes „iroda” a marsbázis működése. Nehéz előre elképzelni, hogy milyen technológia lesz 2035 után, de valószínű, hogy az MDRS-en található könyvtára, DVD-tára és nyomtatóra nem lesz szükség.

Az emberes marsutazás megvalósulása függ a jövőbeli automata marsszondák eredményeitől, az emberes holdbázis tapasztalataitól és attól, hogy mikor lesz először olyan elnöke egy gazdaságilag erős országnak (vagy az EU-nak), aki komolyan elkötelezi magát rá. A marsutazás mai tervezett összköltsége 55 milliárd dollár. Az Apollo program 19 milliárdba, a MER-ek küldetése 800 millióba, az iraki háború 2008-ig 580 milliárd dollárba került.



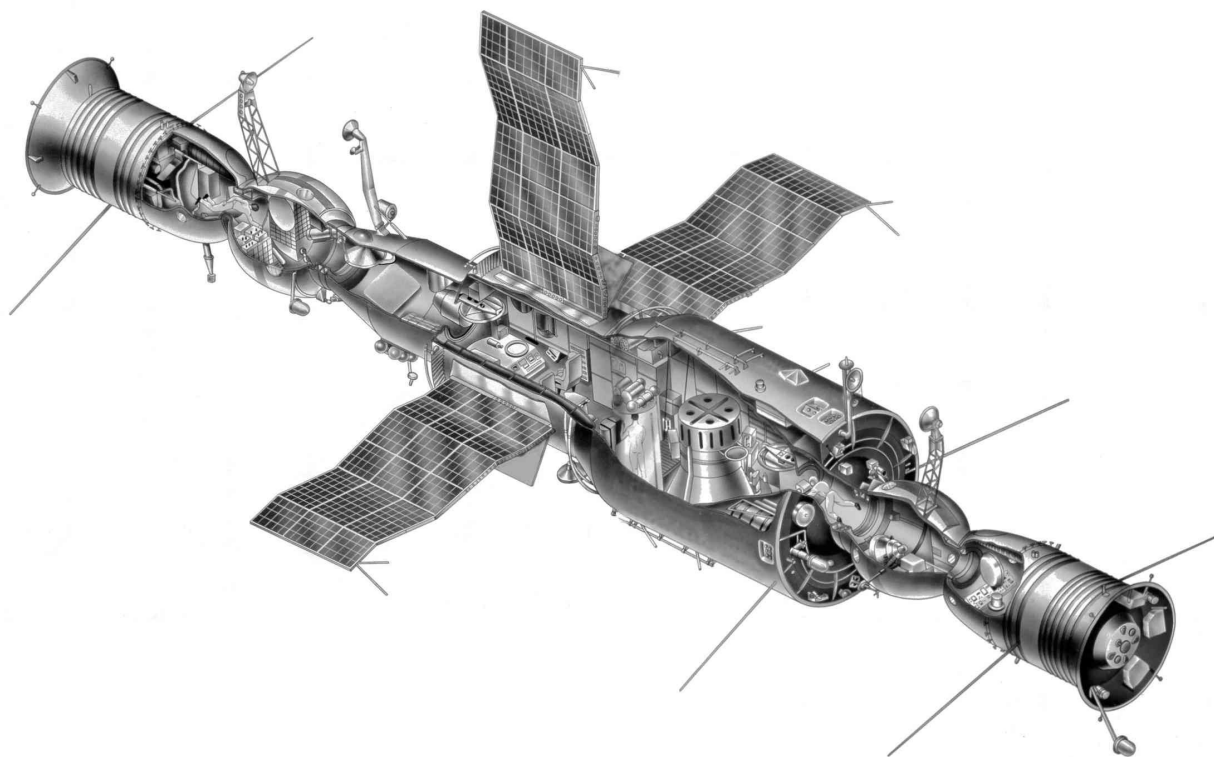
## 9. Űrállomások: a kozmikus lakóhelyek

A hetvenes évek elejétől, a kisméretű űrhajókkal szerzett tapasztalatok alapján nagyméretű 20-75 tonnás űreszközöket fejlesztettek ki, arra a célra, hogy 300-400 km magasságú Föld körüli pályán, életidegen körülmények között tartósan, hetekre, hónapokra dolgozni lehessen. Ezeket az eszközöket nevezzük űrállomásoknak. Fedélzetükön földi összetételű levegőt, azt keringető és folyamatosan tisztító rendszert biztosítottak. A később érkezett űrhajósok számára mosdó és WC-fülke, valamint hálósákos alvóhelyek álltak rendelkezésre. Élelmiszer raktárak, víztartályok és egy sor tudományos műszer szolgált az étkezés, valamint az elvégzendő kutatási munka számára. Tulajdonképpen azt mondhatjuk, hogy ezek az űrállomások egy önellátó, többszobás lakásnak feleltek meg, azzal a különbséggel, hogy hermetikusan el voltak zárva a környezetüktől. A földi irányítással (mérnökkel, orvosokkal, szakemberekkel és ritkábban családtagjaikkal is) csaknem állandóan kapcsolatban álltak, ahonnan rendszeresen kaptak segítséget rádió- és tv-rendszereken keresztül. A kozmikus lakók, az űrhajósok különleges űreszközökkel, az ugyancsak hermetikus űrhajókkal érkeztek az űrállomásokra, illetve azokon tértek vissza a kiküldetések befejezése után. Az űrállomásokon élettani, biológiai, technológiai és különféle műszaki, sőt katonai kísérleteket hajtottak végre kihasználva a súlytalansági állapot előnyeit. A Föld felett repülve földfotózást és sok csillagászati megfigyelést is lehetett végezni.

Az eltelt negyed század alatt ezeknek a Föld körüli különleges munkahelyeknek a mérete a 20 tonnáról több mint 200 tonnára növekedett. A tervek szerint a darabokból összeépített, ún. modul-űrállomások legnagyobbika, a Nemzetközi Űrállomás (ISS) várhatóan a 21. század tízes éveinek közepére készül el véglegesen és 400 tonnánál is nagyobb tömegű lesz. Az ISS fedélzetén 2009-től hat fős váltásban fognak dolgozni a különböző országok kozmonautái és asztronautái, jelenleg hat hónap az állandó személyzet fenntartózkodása, de vannak egy-két hetes útra érkező látogató és turista űrhajósok is, akik a kiképzésért és az űrrepülésért 25–35 millió dollárt fizetnek ki.

### A Szaljut űrállomások

Az első űrállomás a szovjet **Szaljut-1** volt 1971-ben. E kísérleti űrlakóházat csaknem egy hónapig próbálták ki igen sikeresen. A berepülési program folytatását az akadályozta meg, hogy a visszatéréskor a Szozjuz-11 űrkabinból, műszaki hiba miatt megszökött a levegő és a három űrhajós (Dobrovolszkij, Pacajev és Volkov) életét veszítette.



*A Szaljut-6 űrállomás szerkezete, amelyhez két Szozjuz űrhajó csatlakozik. Az űrállomás belsejében egy nyitható zuhanyozó fülkét is elhelyezték*

Miután a hibát gyorsan kijavították a szovjet mérnökök, teljes gőzzel kibontakozott a Szaljut-program, amelyben még hat űrállomás került pályára a hetvenes és a nyolcvanas években. A nagy mennyiség természetesen annak is köszönhető, hogy a polgári űrállomások közé a katonaiakat is beállították.

Az egyre hosszabb ideig működő Szaljutokon a szovjet kozmonauták mellett már külföldi (európai) űrhajósok is lehetőséget kaptak űrrepülési gyakorlat megszerzésére. A két utolsó Szaljut űrállomás ellátására egy csak utánpótlási anyagok, élelmiszer, víz, levegő, hajtóanyag, új és tartalék műszerek, berendezések feljuttatására használható teherűrhajót, a **Progresszt** is kifejlesztették.

Mindkét űrállomást elöl és hátul is felszerelték összekapcsoló egységekkel, hogy egyszerre két legénység is dolgozhasson, illetve vendégűrhajósokat is lehessen felküldeni az űrállomásokra az ott élő és dolgozó kozmonautákhoz. Természetesen a kétdokkolós megoldás a rendszeres utánpótlásnak is feltétele volt, mert a hátulsó összekapcsolóhoz repülő teherűrhajókkal lehetett az űrállomások hosszúidejű élettartamát fenntartani.

A **Szaljut-6** fedélzetére a volt szocialista országok vadászpilótái, köztük a magyar Farkas Bertalan és Magyarai Béla is meghívást kapott. A Szovjetunióban, Csillagvárosban képezték ki a szocialista űrhajósokat és tartalékaikat. Ezeket, a mintegy egy hetes űrrepüléseket a hetvenes évek végén és a nyolcvanas évek elején Szozjuz-űrhajókkal bonyolították le. A Szaljut-6 és -7 űrállomáshoz a személy- és teherűrhajókon kívül a katonai programban kifejlesztett, ellátó-szállító űrhajót (TKSZ) is csatlakoztattak. Utóbbiaknak az űrállomásokhoz

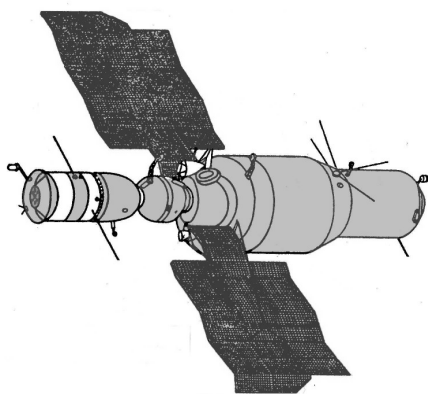
való kapcsolásával kezdték meg a szovjetek a **modul-űrállomás kísérleteket** is.

### A Skylab űrállomás és az ASTP program

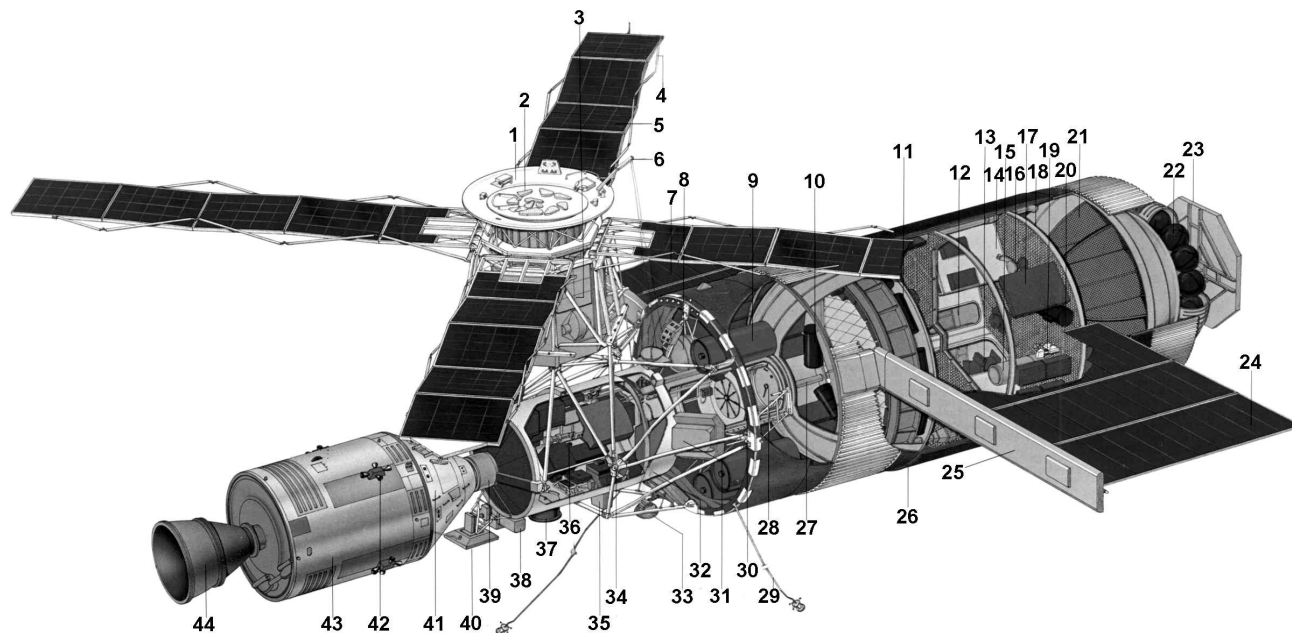
Az amerikaiakat meglepte a Szaljut indítása, és ennek hatására lecsökkentették az Apollo Hold-expedíciós repüléseket. Az így felszabadult három űrhajóval meghirdették **Skylab** elnevezésű űrállomás programjukat. A hatalmas **Skylab** fedélzetén háromszor háromfőnyi személyzet igen eredményesen hajtotta végre a tervezett napfizikai, csillagászati, földkutatósi, műszaki kísérleti programot, egyhónapos, kéthónapos, majd három hónapos fedélzeti munkával.

Az űrállomáson összesen tíz űrsétát végeztek, majd kétszázezer napfelvételt és több tízezer földfotót készítettek az űrhajósok. Az eredeti tervekkel ellentétben, az amerikai űrrepülőgép-rendszer több éves késése miatt nem tudták a Skylab űrállomás-rendszert később használni. A szokatlanul erős naptevékenység következtében megnövekedett légköri fékezés miatt az amerikai űrállomás 1979-ben belépett a sűrű légkörbe, szétégett és lezuhant az Indiai-óceán térségében. Lehulló darabjai Ausztrália középső, sivatagos részét is megsorozták.

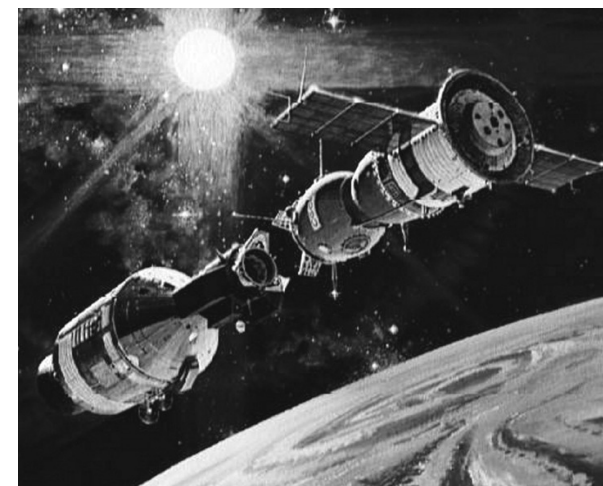
A két űrhajózási nagyhatalom, a Szovjetunió és az USA még a 20. században is össze tudott fogni, miután már mindegyik bizonyította, hogy tud űrállomásokat építeni, indítani és működtetni. 1975-ben egy Apollo és egy Szojuz űrhajó összekapcsolásával az **ASTP programban** néhány napra létrehoztak egy kísérleti nemzetközi űrállomást.



A szovjet katonai űrállomás a csatlakoztatott Szojuz űrhajóval.



A Skylab űrállomás szerkezete: 1. napvédő pajzs, 2. Apollo napteleszkópok, 3. elemek és regulátorok modulja, 4. napelem merevítő szerkezet, 5. ATM napelemszárnyai, 6. antennarúd, 7. OWS napelemszárnya, 8. nitrogén tartály, 9. oxigén tartály, 10. vıztartály, 11. tárolók, 12. WC, 13. konyha és étkező, 14. alvófülkék, 15. zuhanyozó, 16. forgószék, 17. irányítópult, 18. padló háromszögletű rácsszerkezettel, 19. kerékpár-ergométer, 20. alsó testfél szívóhenger, 21. hulladéktároló, 22. helyetteszabályozás nitrogén tartályai, 23. A hűtőberendezés hősugárzója, 24. leszakadt napelemtábla eredeti helye, 25. napelemszárny nyitószervezete, 26. leszakadt mikrometeorit védőpajzs eredeti helye, 27. levegő keringtető berendezés csövei, 28. OWS ajtaja, 29. antenna, 30. dokkoló ajtó, 31. elemek tárolója, 32. MDA, 33. mikrohullámú sugármérő, 34. ATM tartórúdjai, 35. multispektrális fotokamera, 36. MDA belső munkatere, 37. oldalirányú dokkolónyílás, 38. infravörös spektrométer, 39. tengelyirányú dokkolónyílás, 40. L-sávú antenna, 41. Apollo űrhajó parancsnoki egysége, 42. helyzetbeállító hajtóműegység, 43. Apollo- műszaki egysége, 44. főhajtómű fűvókája



Az Apollo-18 (balra) és a Szojuz-19 űrrendevő után, összekapcsolódva hozta létre az első kísérleti nemzetközi űrállomást



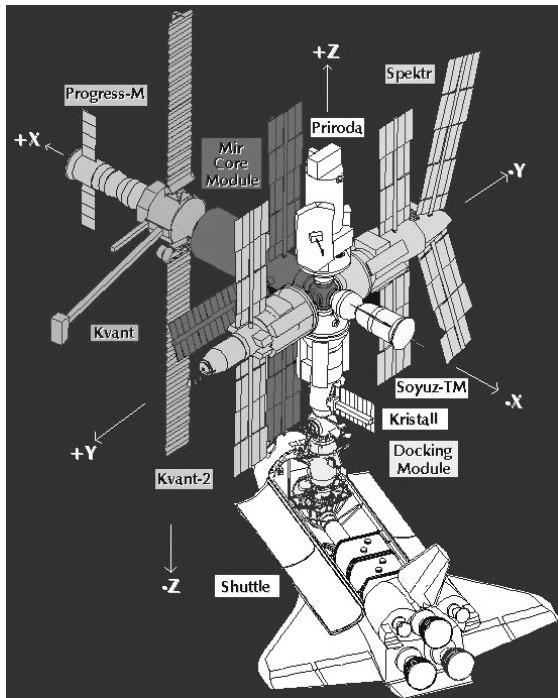
## A Mir űrállomás

A szovjetek az összesen hét Szaljut űrállomással óriási műszaki és emberes repülési gyakorlatra tettek szert, amit a Mir modulűrállomás másfél évtizedes programjában és a Nemzetközi Űrállomás építésénél alaposan fel is használtak.

A *Mir*-program olyan sikeresnek bizonyult, hogy az amerikaiak, saját űrállomás hiányában, elfogadva az oroszok javaslatát, a kilencvenes évek közepétől saját űrhajósaikat is feljutatták oda. A *Mir-NASA* program keretében igen sok amerikai űrhajós járt rövidebb-hosszabb ideig a Mir fedélzetén, többségében az Atlantis űrrepülőgéppel utazva az űrállomáshoz. A *Mir-NASA* programban hét amerikai asztronauta hosszúidejű, több hónapos űrrepüléseket végzett az orosz űrállomáson. Ezeket az űrrepüléseket tulajdonképpen a Nemzetközi Űrállomás programjára való felkészítésnek tekintették az amerikaiak.

A Mir űrállomást a szovjetek-oroszok fokozatosan építették ki modul-űrállomássá a nyolcvanas évek második felében és a kilencvenes években. Működésének 15 éve alatt összesen hét

*Az orosz Mir modulűrállomás fő elemei az összekapcsolt amerikai űrrepülőgéppel (STS)*



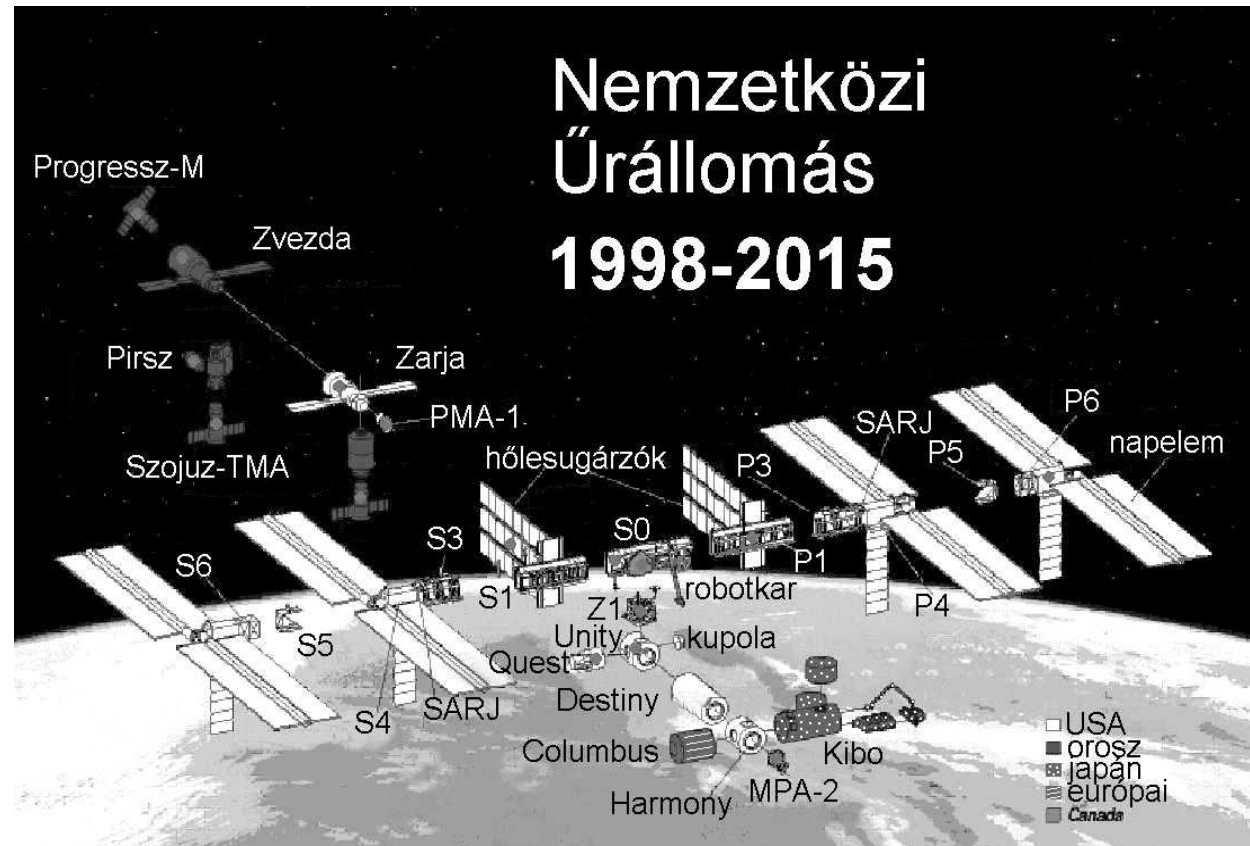
modult, csaknem száz személy- és teherűrhajót, valamint kilenc amerikai űrrepülőgépet csatlakoztattak. Az orosz modulűrállomás fedélzetén összesen száznál is több űrhajós dolgozott, több mint felük külföldi asztronauta volt.

A Mir jelentősége abban rejlett, hogy a nagy egységekből összeállított modul-űrállomás a **Nemzetközi Űrállomás (ISS)** gyakorló terepéül és példaképéül szolgált. Fedélzetén a soknemzetiségű személyzet férfi és női űrhajósa megtanulták a közös, egymásra utalt munkát és még kritikus vészhelyzetekben, vagyis tűz, ütközés, űrmodul-kilyukadás esetén is sikerült a baleseteket, tragédiákat elkerülni. A Mir modul-űrállomás létrehozásával és működtetésével az emberes űrhajózások területén szerzett szovjet-orosz tapasztalatok, személy-, és teherűrhajók nélkül nem lett volna létrehozható és működtethető a Nemzetközi Űrállomás, amelyen, végre, a korábbi szembenállás és konkurenciaharc helyett szoros, jó együttműködés alakult ki az űrutató nagyhatalmak között.

## A Nemzetközi Űrállomás (ISS)

A Nemzetközi Űrállomás építésének fővállalkozója a NASA, de természetesen az oroszok, az európaiak, a kanadaiak és a japánok is részt vettek több főelem tervezésében, elkészítésében, indításában és az ISS-hez való csatolásában. Azzal, hogy az amerikai űrrepülőgépek, az orosz Szojuz és Progressz űrhajók, valamint a Proton hordozórakéta látják el az űrállomást állandó személyzettel, utánpótlási anyagokkal és felszállítják az egyes modulokat, az ISS-program vált a 21. század elejének legnagyobb nemzetközi űrhajózási programjává.

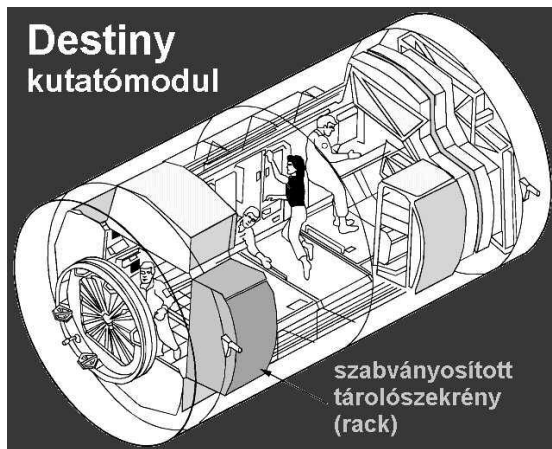
*A Nemzetközi Űrállomás 2010-re tervezett kiépítésének elemei egy „robbantott” rajzon*



A 2008-ban már tízéves születésnapját ünneplő űrállomás szerelése, befejezése nem csak két űrrepülőgép-katasztrófa (Challenger és Columbus) miatt csúszott, hanem az űrrepülőgépek és az orosz hordozórakéták indítását befolyásoló események és pénzügyi nehézségek is egyre késleltetik.

Végleges, teljesen összeszerelt állapotában, a Nemzetközi Űrállomás mintegy 420 tonna tömegű lesz – négyszerese a Mirének –, lakható térfogata  $935 \text{ m}^3$ , teljes hossza 110 m lesz.

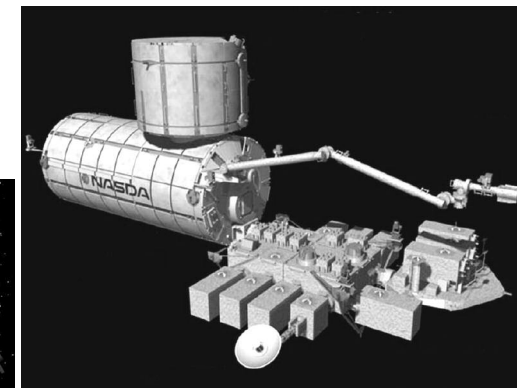
A napelemek teljes felszíne  $2500 \text{ m}^2$ -t tesz majd ki – mindösszesen 262 400 napelem-cellából és a teljes rendelkezésre álló elektromos energia 110 kW lesz. A külföldre problémák miatt azonban az ISS teljes kiépítése csak a tízes évek elejére várható.



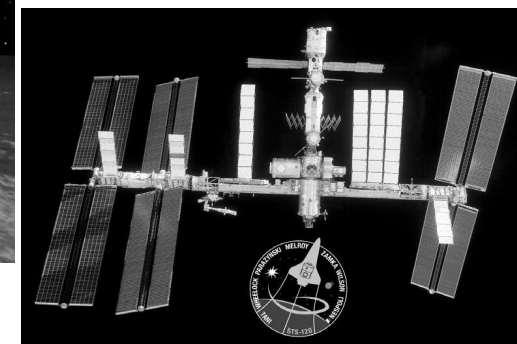
A Destiny modul belső képe



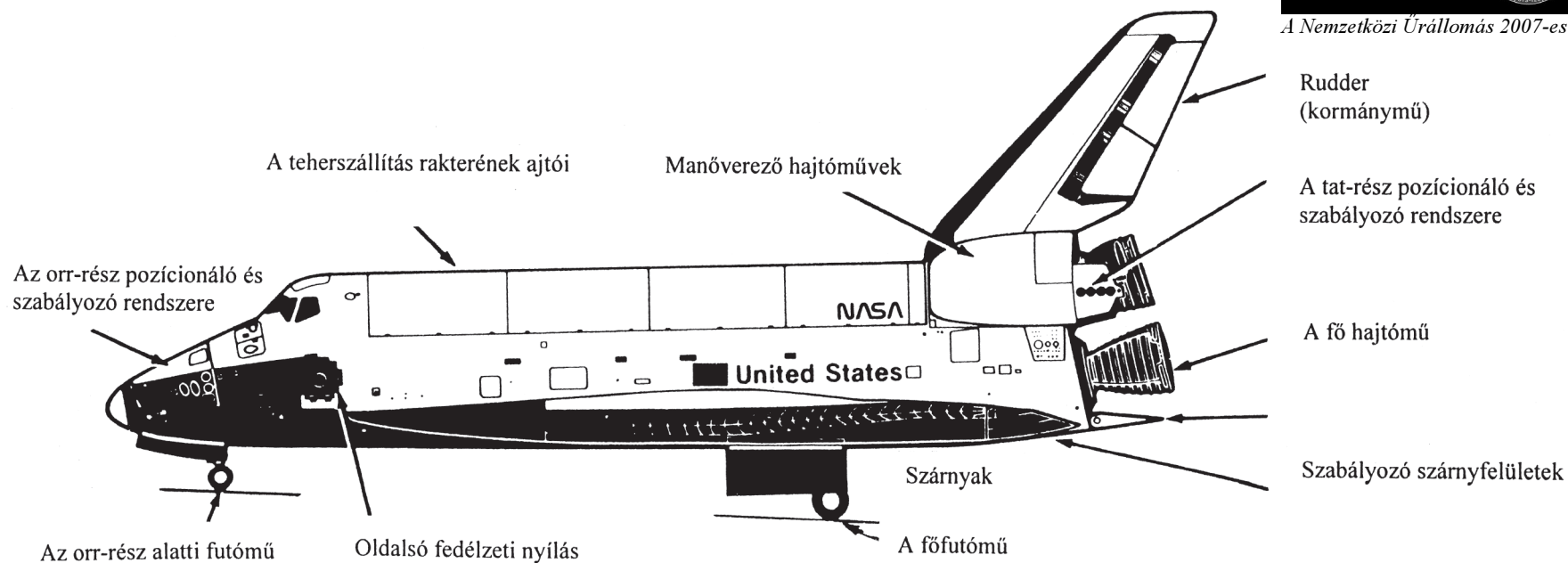
A Columbus modul (ESA) belső képe



A JAXA NASDA kori űrlaboratórium



A Nemzetközi Űrállomás 2007-es kiépítésének fotója



## 10. Holdbázis építésének néhány szempontja

A hosszú távú emberi tartózkodás céljára szolgáló holdi építmények kialakítása a földi építészeti számokra is érdekes kihívás. Számos olyan szempont merül föl a Holdon, ami a földi környezettől való eltérésekből adódik, ezért először a holdi környezet főbb jellemzőit tekintjük át.

A besugárzási és hőmérsékleti viszonyok a Hold felszínén a következők: A holdi nappal időtartama 14 földi nap s ezalatt a legmagasabb felszíni hőmérséklet: + 100 °C (373 K) fokot érhet el. A holdi éjszaka hossza ugyancsak 14 nap, és a Hold felszíni legalacsonyabb hőmérséklet ezalatt eléri a -170 °C (103 K) fokos értéket. Így a maximális hőmérsékleti ingadozás mértéke csaknem 300 K fok. A Hold felszíne tehát nagyon szélsőséges és erősen ingadozó hőmérsékletű környezetet jelent az építészeti számokra.

A hőingadozás mértéke azonban a mélységgel erősen lecsökken és a Hold felszíne alatt néhány méter mélységben már egy viszonylag egyenletes -20 °C fok (253 K) hőmérsékletű tartományt találunk. (A felszíni hőmérséklet a be- és kisugárzás, valamint a belső eredetű hőáram egyensúlyából jön létre. Az Apollo 15-17 mérések alapján a holdi hőáram a Földön mérhető hőáram értékének fele.) A felszín alatti egyenletes hőmérséklet ismeretére alapozva már a földi építészeti is kidolgozott olyan épület-elhelyezési módot, amely hosszú távon, kis energia ráfordítással működtethető: ez a földház. Ugyanez holdi körülmények között is, viszonylag egyszerű műszaki felkészültséggel megvalósítható.

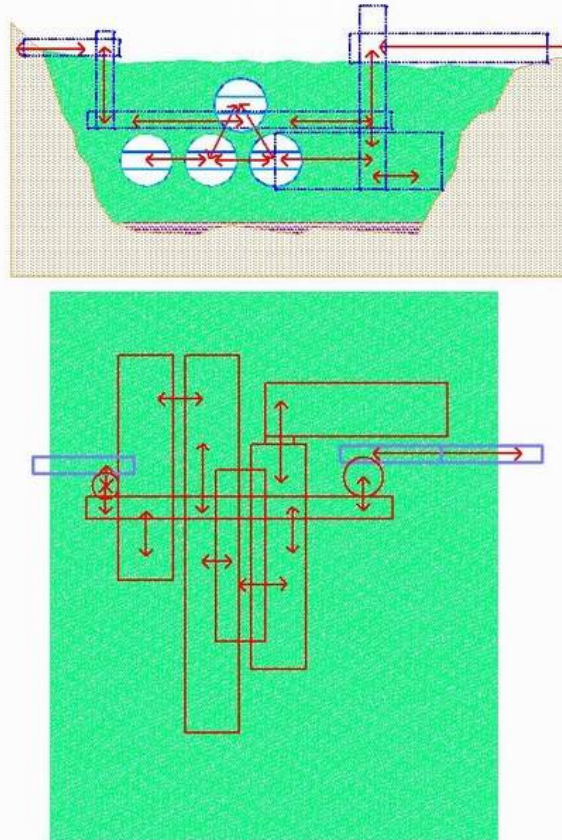
A hőmérsékleti tényezők mellett hosszabb idejű emberi tartózkodás esetén figyelembe kell venni a kozmikus sugárzás és a meteor becsapódások hatását is.

A felszín anyaga is fontos szerephez jut egy gazdaságosan épített holdbázis esetén. A holdi felszín anyaga építőanyagként is szolgálhat. A simán leszállt űrszondákkal (Luna, Surveyor) valamint az Apolló leszállások során történt vizsgálatok alapján tudjuk, hogy a Hold felszínét regolit borítja. A regolit a becsapódások során összetördelt kőzettörmelékéből áll. A felszínen finom por helyezkedik el, mert a holdi nappali besugárzás elektrosztatikus hatásai rendszeresen lebegtetik és újrarendezik a felső porréteget. A holdi regolit hőtechnikai jellemzői a legjobb földi hőszigetelő anyagokéval egyeznek, amit a szemcseszerkezete alapján értelmezhetünk. Az összetördelt szemcsék élei és csúcsai miatt a hővezetéssel történő hőátadás igen kicsi a porszemcsék között. Ennek eredményeként a néhány deciméteres vastagságú porréteg már olyan jó hőszigetelő anyagot szolgáltat, amit később figyelembe veszünk és fölhasználunk a holdbázis építésénél.

Az építészeti feladat tehát az, hogy hosszabb távú, illetve folyamatos holdi emberi tartózkodás számára egy minimális

kényelemmel rendelkező lakóteret kell kialakítani. Ennek lég- és hőszigetelési, sugárzási biztonságát kell a Földről a Holdra szállított és a helyben található anyagokkal és eszközökkel megvalósítani és hosszabb távon fenntartani. Ez a lakóterem belül (optimális esetben) 18-22 °C fok hőmérsékletet jelent.

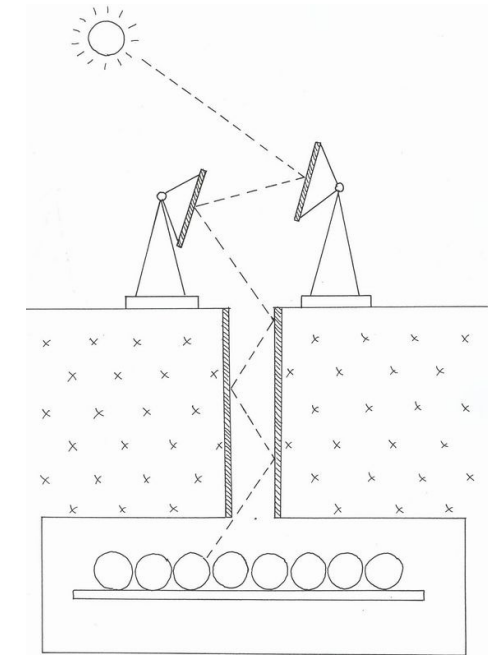
Energetikai szempontból is van egy kifogyhatatlan forrásunk: a Nap sugárzása. A holdbázis működéséhez egy olyan rendszer megvalósítását is beépítettünk az építészeti javaslatba, aminek segítségével helyi energiaforrást hasznosíthatunk.



Holdbázis elhelyezése völgyben. A modul egységek hengeresek. Hengeres folyosók visznek ki a felszínre.

## A holdbázis szerkezete és elhelyezése

Az építészeti és szigetelési szempontok alapján a magyar mérnökökből és kutatókból álló csoport nem a felszínen, hanem a felszín közelében, de a talajszint alá süllyesztett épületet tervezett, amely modul egységekből áll. Bár a felszíni építmények megvalósítása egyszerűbb lehet, a szélsőséges hőmérsékleti körülmények között ezek üzemeltetése nagyobb energia ráfordítással jár. A magyar tervek szerint a hosszú távú emberi tartózkodásra szolgáló építmények elhelyezésére különösen alkalmasak lehetnek a holdi terepszint mélyedései, kisebb holdi árkok, kráterek.

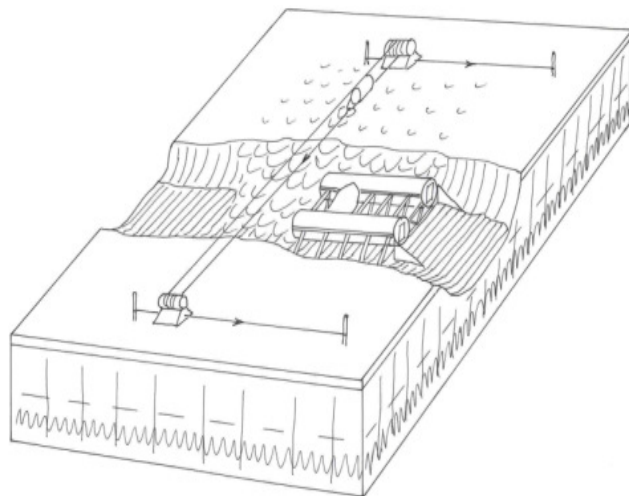


A holdbázis energiaellátására egy olyan tükörrendszerrel gyűjthetjük a Nap energiáját a mélyben elhelyezett anyagra, amely az elnyelt energiát fázisátalakulás formájában raktározza el. A két hét holdi nappal idején begyűjtött energiát a két hétig tartó holdi éjszaka idején kell visszaalakítani és fölhasználni a holdbázis fűtésére. Ennek az egységnek még csak az elvi vázlata készült el.

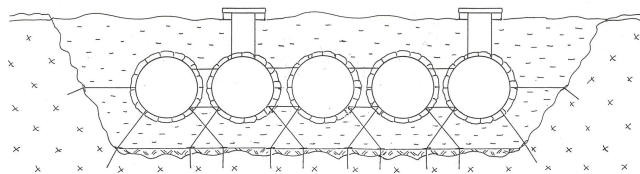
Maga az építmény a Földön már elkészített belső területek modul egységekből áll, amelyeket közlekedő egységek kapcsolnak össze és vázszerkezet rögzít. A földön előre elkészített és odaszállított modulok a helyszínen kerülnek összekapcsolásra.



Az építmény fölé a holdi regolitból mintegy 4-8 méter vastagságú réteget hordunk, az árok vagy kráter egy részének (vagy egészének) betakarásával. A regolitot a környezetből termeljük ki, akár egyszerű és gyors földi technológiát alkalmazva (exkavátor, toló-jármű, vagy kanalas kotró). A holdbázis környezetében levő felszín megkötésével nyerjük ki azt a regolit mennyiséget, amely a völgyben levő építmény megfelelő méretű betakarásához szükséges. Ezzel kialakítjuk a kiegyenlített hőmérsékleti környezetet és a szigetelési védelmet az építmény körül. A javasolt tervben nyitva marad a lehetőség az egység későbbi bővítésére is, a holdi árok hosszában, újabb modul egységekkel.



Holdi völgyben elhelyezett, előre gyártott hengeres modulok betakarása egy völgyben egyszerű vödörös kotró szerkezettel. Földi viszonylatban egy vödörös kotró tipikus működési távolsága 150-200 méter, amely két oszlop között a drótkötél pálya feszítváját jelenti.



Széles völgyet kitöltő, párhuzamosan elhelyezett modulokból álló holdbázis függőleges felszínre jutással.

A regolit ráhordása után felszíni egyengetéssel alakul ki a holdbázis környezete. Kijárata a völgy irányában és felfelé is lehetséges. Az űrhajósok regolit-rétegen való átjutása többszöri lég- és porzilipeléssel történik. A belső tér pormentesítése is az egyik szintén igen fontos feladat a holdbázis működtetésénél.

## 11. Lebegtetett, kötött tetőszerkezet Marsbázison történő alkalmazásra

A marsi bázis tervezése fontos élettani szempontok figyelembevételét kívánja meg. Ilyen külső körülmények a marsi környezetben: a) a napsugárzás veszélyes nagysága, mert a légkör kevésbé véd, mint a földi légkör, b) az UV sugárzás, c) a kozmikus sugárzás, d) a por jelenléte. A marsi bázis zárt, vagy félig zárt terekből áll. Ezek létrehozása esetén előnyös, ha a szerkezet kis tömegű. Ennek megvalósítása egy lebegtetett, kötött tetőszerkezettel történhet. Az ilyen lakótér alkalmas az ember számára élettevékenységekhez, vagy ipari tevékenységekhez.

A lebegtetett tető egy ballon szerkezet kialakítását jelenti. A gázballonok tervezésekor figyelembe veendő a légkör a) összetétele, b) sűrűsége, c) nyomása és d) hőmérséklete. Ezek az értékek a következők: A légkör összetétele: széndioxid (95%), nitrogén (2,7%), argon (1,6 %), oxigén (0,4 %), szénmonoxid (0,16 %), vízpára (0,1 – 0,01%). A légkör nyomása 0,7 – 0,9 kPa, (évszaktól, besugárzástól függően), a légköri sűrűség értéke a felszínen: 0,015 – 0,025 kg/m<sup>3</sup>, átlagban 0,02 kg/m<sup>3</sup>. Ezek az adatok azt mutatják, hogy a földinél lényegesen kisebb nyomású, sűrűségű, és főleg széndioxidból álló atmoszférában kell gázballon szerkezetet létrehozni.

### Hőmérsékleti és besugárzási jellemzők a Marson

A bolygó átlagos hőmérséklete -40 °C körül van. A Mars egyenlítői hőmérsékletének maximuma +27 °C, míg a sarkköri hőmérséklet minimum -138 °C. A hőmérséklet a besugárzástól függően nagy szélsőségek között ingadozik, középértéke -50 °C körül van az Egyenlítőnél, ami azt jelenti, hogy a ballonok anyagának nagy negatív hőtűrő-képességgel és sugárzás-állósággal kell rendelkeznie. A Földön megszokott anyagok tűrőképessége marsi körülmények között nem valószínű, hogy megfelelő, mert az általánosan alkalmazott polimerek a szélsőséges hőmérséklet, és a hideg hatásra rideggé, törékennyé válnak. A marsi tömlőkhöz új burkolati anyagokat kell majd kifejleszteni (vagy a jelenlegieket erre a hőmérséklet tartományra adaptálni).

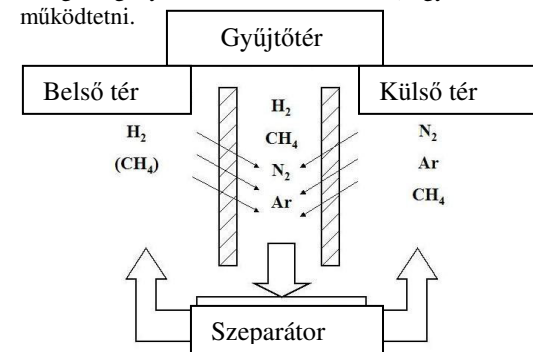
Ugyancsak fontos adat a felszíni gravitációs tényező, amely a földi  $g_F = 9,81 \text{ m/s}^2$  -hez képest  $g_M = 3,74 \text{ m/s}^2$ . Ez azt

eredményezi, hogy az azonos tömegű burkolat marsi súlyereje a marsi alsó légkörben kisebb. Mindezeket figyelembe véve a marsi lebegtetett ballon tető: korszerű gázballon burkolatok felhasználásával, megfelelő anyag választásával, könnyű ballonszerkezetekkel, és egy sajátos megoldás alkalmazásával oldható meg.

A ballontetőhöz tartószerkezet elhelyezése, kialakítása szükséges. Minthogy az interplanetáris távolságon szállítható tömeg és méret erősen korlátozott, a merev tartószerkezetek és fődémszerkezetek alkalmazása helyett a felfújott, túlnyomásos, pneumatikus merevítésű tömlőszerkezetek – a helyi légkör gázelegyével felfújva – alkalmazása adhat gazdaságos megoldást. (A merev tartószerkezetek idővel a helyszínen is kialakíthatók egy későbbi építési fázisban.) A fölfújott tömlőkből álló váz fontos eleme lesz a helyi légköri gázánál könnyebb gázzal megtöltött tetőszerkezet. Ennek a tetőszerkezeti elemnek a kialakításában egy speciális elvet, az ún. null-diffúziós (ND) elvet alkalmazzuk.

### A Null-diffúziós (ND) technológia

A null-diffúziós technológia alkalmazásakor legalább kettős falú anyagból készül a ballon. A két fal közötti térrészt egy beavatkozásra alkalmas géppel, a szeparátorral kötjük össze. Amikor a két fal közötti térrésztben érezhető a külső és a belső gáztérből oda szökött gázok jelenléte, a szeparátor megkezdí e gázok kivonását és az eredeti térbe való visszajuttatását. Az ND technológia szeparátoránál csak egy viszonylag kis energiát igénylő gáztisztítási folyamatot kell működtetni, míg egy pneumatikus merevítésű vagy feszítésű tetőszerkezet esetén a nagyobb nyomás fenntartása lényegesen nagyobb energiát igényel, mert azt állandóan (vagy időszakosan) kell működtetni.



Az ND technológia alapelve

Az ND technológia ismeretében a marsi bázis építése során olyan épület-szerkezeteket gazdaságos kialakítani, amelyek

ballon egységekből vannak összeszerelve. A ballon egységek közül több az ND technológiával van felszerelve. Ilyenkor olyan tetőszerkezet alakítható ki, amely kétféle egységből áll: emelő gázterekből (null-diffúziós technológiával készített tömlőkből) és légköri gázzal megtöltött tömlőkből. (A tömlők készülhetnek lencseszerű, félgömb, vagy fél henger kialakítással is.) A tetőszerkezet fő részét az emelőballon tömlők képezik, melyekben emelőgáz (a marsi légkörnél könnyebb gáz) van. A tömlők másik része atmoszferikus gázzal van töltve: ez lebegtetni már nem fog, de merevíti a tetőszerkezetet. Az ilyen felépítésű, kis tömegű tető a tömlőelemek formájában a Marsra elszállítva a helyszínen feltölthető, szerelhető és telepíthető, a marsbázison huzamosabb ideig, hosszú távon is alkalmazható.

Bármilyen lebegtetett tetőszerkezet a Marson több más esetben is előnyös lehet a meteorit védelemben és a termikus védelemben is. A tető alatt termikus mikroklíma alakítható ki és ez már a nagyobb hőmérsékletingadozások ellen is védelmet nyújthat. De mikor van értelme az atmoszféránál könnyebb, belső támasz nélküli tetőszerkezetet építeni (akár földi akár más bolygófelszíni alkalmazás esetén)? Ilyenre akkor van szükség, ha a) nagy letakart felületekre, nagy tetőméretekre van szükség (tárolások), b) amikor nagyméretű felszíni képződmények, tereptárgyak is vannak a letakart területen, c) amikor a tartó vagy merevítő szerkezetek túl nagy méretűek lennének (több 100 méter) és a helyszínrre szállításuk, felállításuk nehéz vagy megoldhatatlan lenne.

### A null-diffúziós (ND) technológia alkalmazása tetőknél

Láttuk, hogy a marsi atmoszféra esetén hidrogénnel vagy héliummal töltött emelő egységeket alkalmazva érjük el azt, hogy a tömlő kialakítású tető lebegjen. (A széndioxid atmoszférában a hidrogénnel töltött belső terek nem veszítik el az emelő képességüket, a hidrogén pedig a Marson található vízből előállítható.) Az ilyen tetőszerkezet merevségét és mechanikai szerkezeti stabilitását pneumatikus merevítésű bordákkal, illetve belső szerkezettel biztosíthatjuk. A pneumatikus bordák már lehetnek a helyi atmoszféra gázával töltve, amelyek így felhajtó hatással nem rendelkeznek, a tető súlyát csak az anyaguk súlya terheli, és a túlnyomású gázzal.

A lebegtetett tetőnek többféle kivitele lehetséges. Az egyik az, amikor a tető-tömlő le van horgonyozva. Oldalt két irányban vannak ráfeszítve a tetőszerkezet elemei, amelyek vagy csak határoló fóliából állnak, vagy a helyi gázzal részben meg vannak töltve. A helyi gázzal töltött bordák merevíthetnek kereszt-, hossz-, vagy sugárirányban (mint egy cirkuszszátor) a mechanikai stabilitás biztosítására. Például egy középen alkalmazott emelő testet oldalirányban körkörös

lehorgonyozva egy félgömb alakú kupolaszerkezetet kapunk. Az is lehetséges, hogy az épület burkolata több hengeres vagy gömbszerű tagból áll, melynek egyes részei ND elven működő emelőtestek, míg a köztük levő tetőrész helyi gázzal van megtöltve.

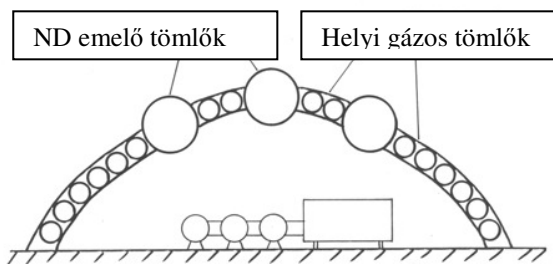
A tételhatároló egységek esetén nem célszerű csak kizárólag az atmoszféránál könnyebb szerkezetből létrehozni a vázát, hanem ezt kombinálni kell pneumatikusan, azaz túlnyomással merevített tömlő vázszerkezettel, amelyet a helyi atmoszféra gázaival töltünk meg.

A meteorit védelem szempontjából is előnyös a többféle tömlőből összeállított tetőzet, vagy épület, mert ha egy megsérül, az egész tető nem omlik össze. (Ugyanaz az alapelv, mint a rekeszekre osztott hajótest esetében.)

A megérkező marsi leszálló egység már a leszállás után saját maga fölé emelhet egy védő tetőszerkezetet. Ilyenkor a leszálló egységből először egy ND elven működő emelőtest kerül kiemelésre, (gömb, vagy henger). A leszálló egység fölé bizonyos magasságba már fölengedett emelőtestből oldalirányban pneumatikus módon létrehozott merevített bordák, és tetőfelület kerülnek kiterjesztésre. Ez a konstrukció alkalmas egy védőburkolat automatikus kialakítására is. Ez olyan alkalmazásoknál lehet fontos, amikor a leszállóegység olyan ipari feladatot lát el, amit meg kell védeni a sugárzástól, vagy valamilyen módon izolált környezetet kell létrehozni körülötte.

### Két fő alkalmazási módszer

A sík terepen bármely okból telepített sátor jellegű tető. Ez lehet dóm vagy kupola szerű tető.

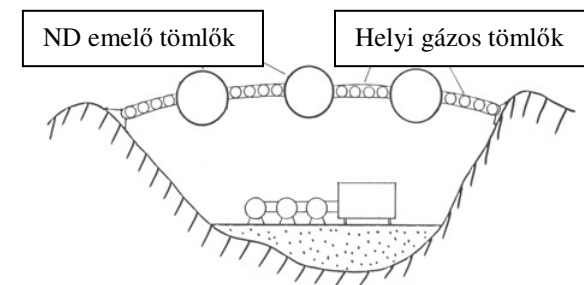


*Sík területen elhelyezett, ND technológiával kombinált pneumatikus merevítésű, íves tető metszete, amely lehet dómszerű vagy teknőszerű is*

– A felszíni képződményekhez kapcsolódó vagy abban levő bemélyedéseket lezáró tető.

Ez lehet dóm, kupola vagy sík. A sík annyiból előnyösebb, hogy a felszíni szelek szempontjából kevésbé van kitéve az aerodinamikai hatásoknak, sőt a felette áramló szél enyhé

emelő hatást is biztosít. Ugyanakkor a szél a tető alatt levő mikroklímát nem zavarja meg, nem bolygatja fel.



*Völgyet beboltozó marsi lebegtetett tetőzet kialakítása*

Terepi adottságokat is kihasználhatunk tetőszerkezet létrehozására. Ha van egy völgy vagy egy félig nyitott kráter, akkor erre a mélyen fekvő területre bejuttatjuk a tető-ballont. Oldalról, a völgy vagy a kráter fala megoldja a por és szélvédelmet, fölülről a null-diffúziós burkolat megoldja a tetőszerkezetet. Ennek előnye, hogy amennyiben nem lehet a helyszínen összeállítani épületet, a tetőszerkezet szállítása a lebegtetett tető atmoszferikus úsztatásával megoldható, s így a tetőtömlő más helyen összeállítva a helyszínrre szállítható. A helyszínrre szállítás előnye az, hogy nagyméretű domborzati képződményeket – völgy, kráter, árok – is le lehet takarni. Az alakzat akár néhány 100 méter – 1 kilométer nagyságú is lehet. (Kis méretben nincs értelme ennek a technológiának, mert kis méretben a lebegtetett tető nem emelkedik fel.)

### Követelmények a gázhatároló terek anyagára nézve

A gázhatároló terek anyagaként alkalmazott fóliaanyag legyen a) kis tömegű, b) nagy gázzáró képességű, c) nagy mechanikai szilárdságú, d) hajlékony műanyag falú (fólia), e) nagy fényvisszaverő képességű, f) UV és kozmikus sugárzás álló. A tetőszerkezet ND null-diffúziós tereinek burkolata esetében többrétegű fóliát alkalmazunk, az ND technológia alkalmazásának megfelelő rétegekkel és kialakítással.

Az atmoszferikus gáztöltésű, pneumatikus feszítésű, túlnyomásos gázterek esetében csak egyszerű, egyrétegű, de megfelelő gázzáró képességű határoló fóliát kell alkalmaznunk. Erre a célra megfelelnek a földön sztratoszféra ballonokhoz használt, egy vagy több rétegben alkalmazott, NASA fejlesztésű fóliák is.

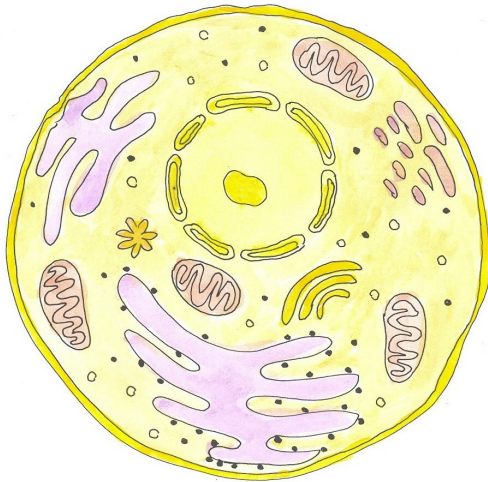
A tömlőkből összeállított építmény esetén az ND technológiához egy, vagy több gázseparáló és tisztító berendezés működtetése szükséges. Ezeket a helyszínen külön egységként kell elhelyezni. Ezek megvalósítása, telepítése, működtetése az ND technológia alkalmazásának megfelelően történik.

## 12. Az ember az űrállomásban és a sejt hasonlata

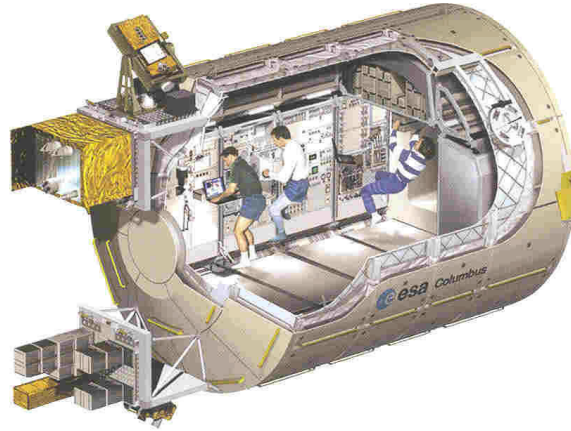
A Földön az élet mintegy 4 milliárd éve fejlődött ki. A tengerben, a vízben oldott szénlácú vegyületek a sejtfallal körülvevő tartományokban alakították ki működési rendszerüket. Mára azt figyelhetjük meg, hogy a sejtben összetett működési rendszerek alkotják az életműködés legkisebb egységét, de ez az egység az egykori tengervíz egy körülhatárolt darabja.

A soksejtű élővilág is a tengerben fejlődött ki az egyedi sejtekből különféle társulásokat alkotva. Maguk a sejtípusok is egyre összetettebbek lettek. A sejtípusok királyságai az élővilág nagy leszármazási vonalait alakították ki, melyekből a növények is, az állatok is kiléptek a szárazföldre.

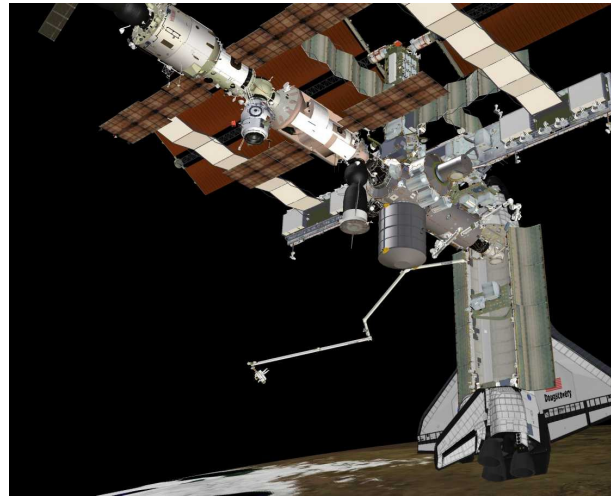
Az egyik soksejtű faj mára további fejlődés és műszaki fejlesztés eredményeként olyan életre alkalmas – utazó – környezetet fejlesztett, amellyel még távolabb kerülhet a szülőföld-szárazföldről. Visszatérhet a tengerbe – ez a tengeralattjáró – és eljuthat a világűrbe. Az űrállomás, a holdi és marsi bázis mind olyan új „sejtek”, ahol az ember magával viszi ősi, földfelszíni, atmoszférikus és vizes környezetét, hogy újabb környezetekben folytassa életét, tevékenységét. Ebben a vonatban az ember a lakóház kifejlesztésénél megkezdett utat folytatja, egyre tömörebb és lezártabb környezeteket alakít ki. De folytatja azt az utat is, amit már a sejtek megkezdtek a tengervízi környezet bezárásával a sejtes fejlődés kezdetén.



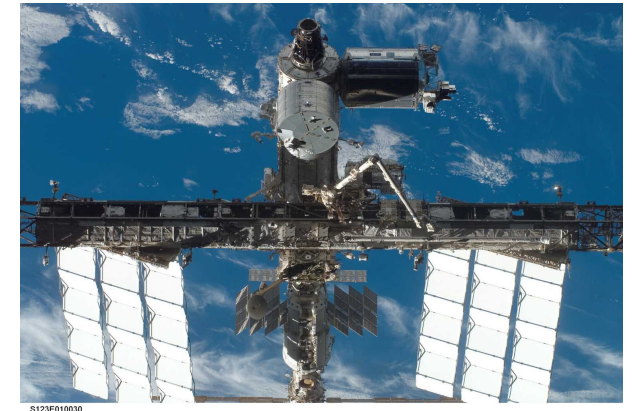
Az állati sejt néhány fontosabb sejt szervvel együtt. Korai működésének életerét, a tengervízi környezetet zárta maga köré.



Az Európai Űrkutatási Szervezet Columbus űrállomási egysége, munkalaboratóriuma



A Nemzetközi Űrállomáshoz hozzákapcsolódik az amerikai Discovery űrrepülőgép. A Space Shuttle flotta tette lehetővé a Nemzetközi Űrállomás összeszerelését. A Nemzetközi Űrállomás tömege mintegy 400 tonna lesz a teljes kiépítés idejére. A Nemzetközi Űrállomás teljes elkészülését 2010-re tervezik.



## Irodalom

- Almár I., Horváth A. Kozmikus krónika. É & T.  
Almár I., Both E., Horváth A., Szabó A. (Szerk.) (1996): Űrtan. SH Atlasz. Springer Hungarica, Budapest  
Bérczi Sz. (1985): Anyagtechnológia I. Tankönyvkiadó, Bp.  
Bérczi Sz., Cech V., Hegyi S. (1992): Anyagtechnológia II. PTE Tankönyvkiadó, Pécs  
Bérczi Sz., Cech V., Sz. Fabriczy A., Hegyi S. Schiller I. (1995): Fölkészülés a technológiai korszakváltásra. Keraban Könyvkiadó, Budapest  
Bevan J. (Szerk.) (1978): Pictorial Handbook of Anatomy and Physiology. M. Beazley, London és Hong-Kong  
Czelnai R. (1995): Bevezetés a meteorológiába II. Mozgó légkör és óceán. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest  
Dudich E. (2003): Geonómia az ezredfordulón. MTA – Uniconstant, Budapest, Püspökladány  
Hargitai H. (2008) MDRS Expedition Guide. ELTE TTK KAVÜCS, <http://planetologia.elte.hu/mdrs-geo.pdf>  
Hargitai, H., Gregory, H. S., Osburg, J., Hands, D. (2007) Cartographica 42, 2 179-187  
Parker, S., (1994): Az állati test működése. Helikon, Budapest  
Szücs E. (1972): Hasonlóság és modell. Műszaki Könyvkiadó. Budapest  
Szücs E. (1978, 1990): Rendszer és modell. I. és II. Tankönyvkiadó, Budapest  
Unger J., Sümeghy Z. (2002): Környezeti klimatológia. SZTE TTK, Szeged



