

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM

Természettudományi Kar

Kísérleti Fizikai Tanszék

Fizikatanár szak

SZAKDOLGOZAT

**Műholdak felhasználási területe**

**(oktatóanyag az Interneten)**

Készítette: Végi András

Témavezető: Dr. Szatmáry Károly

habil. egyetemi docens

2005

## Tartalmi összefoglaló

Szakedolgozatom célja, hogy bemutassa a **műholdak felhasználási területeit** a mindennapi életben. Az általánosan ismert alkalmazási módokon túl igyekeztem összeszedni a nem közismert felhasználásukat is. A dolgozat hiánypótló alkotás, mivel magyar nyelven a műholdas alkalmazásokról még nem készült összefoglaló weboldal. Célom a középiskolások számára felhasználható **oktatóanyag** készítése volt. Természetesen bárki haszonnal forgathatja, mivel a dolgozatban foglaltak megértéséhez középiskolai szintű ismeretanyag elegendő.

A szakedolgozat elején pár oldalban kitérek a mai oktatási rendszer problémáira és az új technológiák felhasználási lehetőségeire az oktatásban. Pár szóval megemlítem a **műholdak energiaellátási lehetőségeit** és a fellövésüknél, valamint a helyváltoztatásuknál **alkalmazott hajtóműveket**. Ezek után térek rá a legnagyobb részt kitevő alkalmazási lehetőségekre.

## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
2. Ajánlat az weboldal tanításához.....	6
3. Az űrtechnika oktatási lehetőségei .....	8
4. A műholdak felépítése és működése.....	12
4.1. Műholdak energiaforrásai.....	12
4.1.1. Nukleáris energiaforrások .....	12
4.1.2. Üzemanyagcellák .....	13
4.2. Hajtóművek .....	14
4.2.1. Ionhajtóművek.....	14
4.2.2. Rakétahajtómű .....	16
5. A műholdak, űrfelvételek felhasználási területei.....	18
5.1. Földfelszín figyelés .....	18
5.1.1. Ásványi lelőhelyek felkutatása.....	18
5.1.2. A növénytakaró vizsgálata.....	22
5.1.3. Mezőgazdasági alkalmazás.....	25
5.1.4. Környezetszennyezés és tisztítás .....	27
5.2. A vizek vizsgálata.....	31
5.2.1. Tengeráramlatok kutatása.....	31
5.2.2. Vízben lévő szerves anyag kimutatása (növényzet, alga, klorofill) .....	34
5.3. A légkör vizsgálata .....	36
5.3.1. A légkör összetevőinek elemzése .....	36
5.3.2. Meteorológiai előrejelzés .....	43
5.3.3. Hurrikán-megfigyelés.....	47
5.4. A Föld egészének vizsgálata .....	50
5.4.1. A hőmérséklet-eloszlás megfigyelése .....	50
5.4.2. A Föld alakjának, forgásának meghatározása .....	52
5.4.3. A Föld mágneses terének felmérése .....	55
5.4.4. Földrajzi helymeghatározás, a GPS.....	60
5.4.5. Távközlés, műsorszórás.....	66
5.4.6. Katonai felderítés, ellenőrzés .....	70

## 1. Bevezetés

Az Internet korunk egyik legnagyobb hatású találmánya. 1969-es elindulása óta folyamatosan fejlődik, terjeszkedik, csápjai ma már elérnek szinte mindenhova. Gyors terjedését főleg annak köszönheti, hogy minden technikai feltétele adott. A telefonhálózat már a huszadik század elején kiépült világszerte, a számítógépek pedig a század második felétől látványos fejlődésen mentek keresztül. Kezdetben az egyetemeken, később, a személyi számítógépek megjelenésével a családok lakásaiban is megjelent a kapcsolat a világgal.

Magyarország ebbe az információs versenybe csak egy kis késéssel tudott beszállni. Az 1989-es rendszerváltásig sok mindenhez nem lehetett hozzáférni abból, amit a nyugatiak használtak. Hasonló állapotot figyelhetünk meg a mai Kínában: a hatalmon lévő kommunista rendszer elkötelezte magát a haladás mellett, aminek egyik legfőbb alkotórésze a gyors információáramlás. Ennek érdekében a kínai kormány beengedte az Internetet az országba, azonban igyekszik annak használatát a lehető legnagyobb mértékben ellenőrizni. Szigorúan felügyelik az Internet-szolgáltatók forgalmát, és letiltották sok honlap elérését. Más kérdés azonban, hogy mennyire lehet felügyelni egy ilyen decentralizált rendszer működését. Az elemzők többsége egyetért azzal, hogy a kínai kormány saját rendszerének megszűnését idézi elő az Internet elterjesztésével.

A rendszerváltással a magyarok elől is elhárult az akadály, hogy elérhessék ezt a korlátlan információforrást. Ám ennek ellenére csak mérsékelt sebességgel bővül az otthoni Internet-használók köre. Ennek legfőbb oka a számítógépek, illetve az Internet-előfizetések magas ára. Az idősebb korosztály egy része - talán a hozzáértés hiánya miatt - idegenkedik a számítógépek használatától. Az Ariosz Kft. által készített felmérés szerint 2004 decemberében a magyar háztartások 34,5 százalékában volt legalább egy működő számítógép. A háztartások 17 százalékába (665 ezer háztartás) volt az Internet bekötve, amiből 318 ezer (48 százalék) széles sávon érte el a világhálót. Az Informatikai és Hírközlési Minisztérium (IHM) célul tűzte ki, hogy 2006 végére az internettel rendelkező háztartások száma elérje az 1 milliót (ez a háztartások 26 százaléka lenne)

Az Internet ilyen mérvű terjedéséből logikusan következik a kérdés: vajon hogyan lehetne ezt a "hódítót" a tanulás szolgálatába állítani? Legfőképpen, mivel az Internetezők egyik legnagyobb táborát a 15-17 évesek alkotják ("sulinetes generáció"). Kézenfekvő tehát a gondolat, hogy az Internet segítségét is felhasználjuk az oktatásban. Különösen,

mivel egyre csökken a természettudományos tárgyak, köztük a fizika, oktatására fordítható óraszám, miközben a megtanulandó anyag egyre gyarapodik. Így a tanároknak egyre inkább olyan feladatokat kell kitűzniük, melyeket a diákok otthoni feladatként meg tudnak oldani. Mind a pedagógusoknak, mind a tanulóknak egyre több és jobb elektronikus oktatóanyag áll rendelkezésére, mint például a Sulinet Digitális Tudásbázis ([www.sulinet.hu/sdt](http://www.sulinet.hu/sdt))

Ezen szakdolgozat szintén ilyen tanulást elősegítő jellegű. Mindennapi életünkben fontos szerepet játszanak a Föld körül keringő műholdak. Sokszor szinte nem is tudjuk, hogy mikor vesszük igénybe valamelyik műhold szolgálatait. Amikor megnézzük a következő napok időjárását, vagy akár csak nézzük a TV-t, akkor is a műholdakat használjuk. Ennek ellenére nem találunk az Interneten olyan magyar oldalt, amely összefoglalná, összegyűjtené a műholdak alkalmazási lehetőségeit, módjait. Munkám ilyen szempontból hiánypótló alkotás: megpróbáltam közérthető formában összeszedni a legfontosabb, legjelentősebb felhasználási területeket. Természetesen a rendelkezésre álló információk mennyisége és szerteágazósága miatt nem törekedhettem teljességre. Az űrtechnika olyan szorosan fonódott mindennapi életünkbe, olyan sok helyen megjelenik, hogy teljes bemutatása messze túlszárnyalná egy szakdolgozat kereteit és méreteit.

A dolgozat eredeti célja, hogy létrejöjjön egy interaktív honlap, ezért formailag eltér a szokványos szakdolgozatoktól. Ennek megfelelően nem egy összefüggő, folytonos szöveg alkotja a gerincét, hanem több, kisebb cikk halmaza. Ezek nagy része önállóan is megállja a helyét, szinte mindegyikük rendelkezik önálló bevezetéssel, illetve befejezéssel. A honlap ismeretterjesztő jellege miatt sok képet, műholdfelvételt igyekeztem elhelyezni. Ezáltal érdekesebbé válik az oldal, nincs az az érzésünk, hogy csupán "száraz" szöveget olvasunk.

Az oldal készítése során felhasznált forrásokat felsoroltam az adott cikkek végén. Nagy részük természetesen angol nyelvű, de azért szép számmal találhatunk köztük magyar oldalakat is. A dolgozat szövege ezen oldalak információi alapján született meg, bár néhány esetben egyes részeket kisebb módosítással átvettem. Az eredeti szerzőt ez mindenképp dicséri, mivel frappánsan és lényegre törően magyarázta meg az adott fogalmat. Mivel pedig az oldal ismeretterjesztési céllal jött létre, az itt található információk és képek az oktatásban szabadon felhasználhatóak.

Az dolgozat készítése folyamán igyekeztem naprakész adatokat felhasználni. Sajnos azonban az anyag frissítését nem tudom vállalni, ezért előfordulhat, hogy az idők folyamán egy-egy link nem lesz elérhető. Ilyenkor az Internetes keresők segíthetnek a

forrás felkutatásában, mivel legtöbb esetben egy ismertetést több helyen is meg lehet találni. Például a NASA közleményeit nagyon sok oldal átveszi, átmásolja.

Kezdődjék hát a műholdak világának felfedezése! Jó szórakozást, tartalmas időtöltést kíván mindenkinek a szerző: Végi András

## **2. Ajánlat az weboldal tanításához**

Korunk rohanó világában egyre kevesebb időnk jut a technika legújabb vívmányainak megismerésére. A minket körülvevő információáradatból egyre nehezebb kiszűrni az érdemi információkat. Ez a társadalom felnőtt tagjait éppen úgy érinti, mint a most felnövekvő nemzedéket. Sőt, az ő számukra ez a feladat, ha lehet, még nehezebb, mivel nem rendelkeznek tapasztalattal a szükségtelen adatok kiszűréséről. Ezért az iskoláknak egyre nagyobb a felelősségük a fontos tudásanyag átadásában. Sajnálatos módon a mai iskolák ennek a feladatuknak egyre kevésbé képesek eleget tenni. A megtanulandó tananyag egyre növekvő mennyisége, ezzel párhuzamosan pedig a tanítási órák számának a csökkenése mind nagyobb terheket ró a pedagógusokra. Ezt a folyamatot erősíti a diákok otthoni helyzete is: egy családban általában mind a két szülőnek dolgoznia kell, hogy elfogadható életszínvonaluk legyen. Gyakori az is, hogy egyik, vagy mindkét szülő nemcsak egy, hanem két műszakban is dolgozik, a megélhetést biztosítandó. Ennek eredményeképpen a szülők elvárják az iskolától, hogy pótolja az ő helyüket is, távollétükben nevelje a gyermeküket. Ennek a pedagógusok nem képesek eleget tenni, ami gyakran vezet konfliktusokhoz mind a diákokkal, mind a szülőkkel való kapcsolatban.

Jelenleg folyamatban van a magyar iskolarendszer átalakítása. Az eddigi porosz rendszerű oktatás helyett, ami főleg a lexikális tudásanyag elsajátítását szorgalmazta, át kell vennünk a nyugati országokban jelen lévő oktatási módokat. A mai magyar iskola a következő iskola fokozatra való bejutásra készít fel, lexikális, vagy elvont ismereteket ad. A tananyag túlzott sulykolása mellett a diákok nem tanulnak meg önállóan gondolkodni, szövegértési, probléma megoldási képességük alacsony, a megtanult ismereteket nem képesek alkotó módon alkalmazni. Erre a hiányosságra nagyon élesen világított rá a 2000. március 27. és április 7. között lezajlott PISA 2000 vizsgálat. A PISA (Programme for International Student Assessment) felmérés elsődleges célja annak feltárása volt, hogy mennyire felkészültek a tizenöt éves diákok arra, hogy megállják helyüket a mindennapi életben. Készen állnak-e arra, hogy munkát keressenek, megfeleljenek az állandóan változó munkaerőpiac követelményeinek, képesek lesznek-e - akár egész életükön át - új ismereteket befogadni, ezeket alkalmazni. A felmérésben résztvevő 32 országból a magyar

fiatalok a meglehetősen szegényletes 23. helyen végeztek, ami főleg az iskolarendszer elavultságának a bűne. Az emberek legtöbbször ezt mégsem érzik át. Hazánkban a régi pozitív tapasztalatok alapján még ma is él az az illúzió, hogy jelen szellemi tevékenységeink az élen járnak. Lexikonok és enciklopédiák szólnak feltalálókról és nagy hírű kutatókról, a magyar tudósok felkészültsége szinte legendaszámba ment külföldön. Ezzel szemben ma a magyar oktatás erősen hanyatlik. Az kutatási-fejlesztési célokra fordított összegek tekintetében messze el vagyunk maradva Japán, az Egyesült Államok és Nyugat-Európa mögött. Mégpedig megfelelő támogatás, ráfordítás nélkül az ország versenyképessége, oktatási színvonala erősen csökken.

Ennek a romló tendenciának egy másik fontos tényezője, hogy a fiatalok egyre kevesebbet és kevesebben olvasnak. A Széchenyi Könyvtár 2001. évben felmérést végzett a középiskolások olvasási szokásairól a 15-17 évesek körében. Összehasonlították, hogy 15 évvel korábban és ma átlagos hétköznapiokon mennyit olvastak-olvasnak a korosztály tagjai. A felmérés 300 százalékos romlást regisztrált. Az ezt kiváltó egyik ok az új szórakozási formák megjelenéséhez köthető. A számítógépek, az Internet elterjedése egy teljesen új világot nyitott meg a fiatalok előtt. A számítógépes programok virtuális valósága képes teljes egészében átvenni a valódi világ helyét a gyerek gondolkodásában. Minél több időt tölt el a gép előtt, belesüllyedve a számítógépes programok - a chat és a játékok - világába, annál otthonosabban mozog ebben a kiberkörnyezetben. Fokozatosan bezárkózik a külső világ elől, hiszen annak szabályai egészen mások, mint amit megszokott.

Hogyan lehetne a diákok egyre több számítógép-használatát töltött idejét kihasználni az oktatás folyamán? Erre a legjobb választ az otthoni projekt munka adja. Az átalakuló oktatási stratégia és a csökkenő óraszám mindenképpen az ilyen jellegű tanítási formákat helyezi előtérbe. Ennek bevezetését, megvalósítását elősegíti a fiatalok vonzódása a számítógépekhez. Egy olyan feladat, amit a monitor előtt ülve is meg lehet oldani, vonzóbb, mint amihez papírra és ceruzára van szükség. A mai tanulók nagy része szívesebben készít egy prezentációt a tevékenységéről, mint hogy dolgozat formájában adja be azt. Egy gyakorló tanárnak ezt célszerű figyelembe vennie.

A jelen szakdolgozat igyekszik megragadni a tanulók érdeklődését az informatikai vívmányok iránt. HTML formátuma miatt interaktív webes felülettel rendelkezik, a benne szereplő információknak rögtön utána is lehet olvasni. Ezért, amennyiben lehetőség van rá, érdemes az oldal tartalmát több kisebb részre felosztani és azt különböző tanulók között kiosztani, azzal a kiegészítéssel, hogy mindenki mélyebben járjon utána a saját

részanyagának. Az oldalon szereplő tudásanyagot nem csak a fizikában, hanem a többi természettudományos tárgy tanítása során fel lehet használni. A csillagászati témából következően a legjobban természetesen a fizikához és a földrajzhoz kötődik, de kiegészíthetik akár a biológia-, akár a kémiaórákon tanultakat is.

Az oldal egyik lehetséges alkalmazási módja, ha tanórán maga a tanár mutatja be egyes részeit, az anyaghoz kapcsolódóan. Például, amikor a Föld felépítését tárgyaljuk, a lemeztektonikánál vagy a földrengésfigyelésnél található képek segítséget nyújthatnak a mélyebb megértésben. Ugyanígy felhasználhatóak - a biológiához kapcsolódóan - a légkör összetevőinél szereplő ábrák az ózon káros hatásairól az élő szervezetekre. Ezt a felsorolást hosszan lehetne folytatni, hiszen csak az oktató fantáziája szab határt a lehetséges felhasználási módoknak.

Sajnálatos módon a magyar oktatásban jelen lévő legtöbb fizika- és földrajz tankönyv nem tud megfelelő figyelmet fordítani az űrtechnika felhasználási módjainak. A fizikatankönyvek többsége az utolsó évfolyamra halasztja a csillagászat témakörét. Ráadásul itt is csak nagyon kis részét teszi ki a tananyagnak, hiszen említést kell még tenniük a modern fizika eredményeiről is, amihez csak az utolsó évre szereznek megfelelő ismereti alapokat a tanulók. Ennek megfelelően a hatalmas anyagban elveszik az űrfelvételek sokrétű hasznosítási lehetősége. Ezekon kívül a diákok nagy része erre az időre már eldöntötte, milyen irányban szándékozik továbbtanulni, s ezért a fizika tanulását gyakran felesleges tehernek érzik. Ezért nem is fektetnek a minimálisnál több energiát a tanulásába. A földrajzoktatás hasonlóan nehézségekkel küzd: a megtanulandó anyag hatalmas méretéhez képest itt még kevesebb idő áll a tanárok rendelkezésére. Hiszen megtanításra vár a természetföldrajz mellett a társadalomföldrajz is, s ezekhez képest az űrtechnika igencsak eltörpül. Ezért érdemes a tanulókat ösztönözni az egyéb olyan ismeretbővítő források használatára is, mint amilyen például ez az oldal.

### **3. Az űrtechnika oktatási lehetőségei**

Korunk egyik nagy lehetősége, hogy a földi kötelékektől elszakadva, kísérleteket végezhetünk a világűrben, illetve a Holdon. Az itt uralkodó extrém körülmények tökéletes terepet biztosítanak a tudomány és az oktatás számára. A világűrben fellépő súlytalanság, illetve a Hold alacsony gravitációja és légkörének hiánya sok olyan kísérlet bemutatását teszi lehetővé, amit itt a Földön nem tudnánk végrehajtani. Így zavaró körülmények



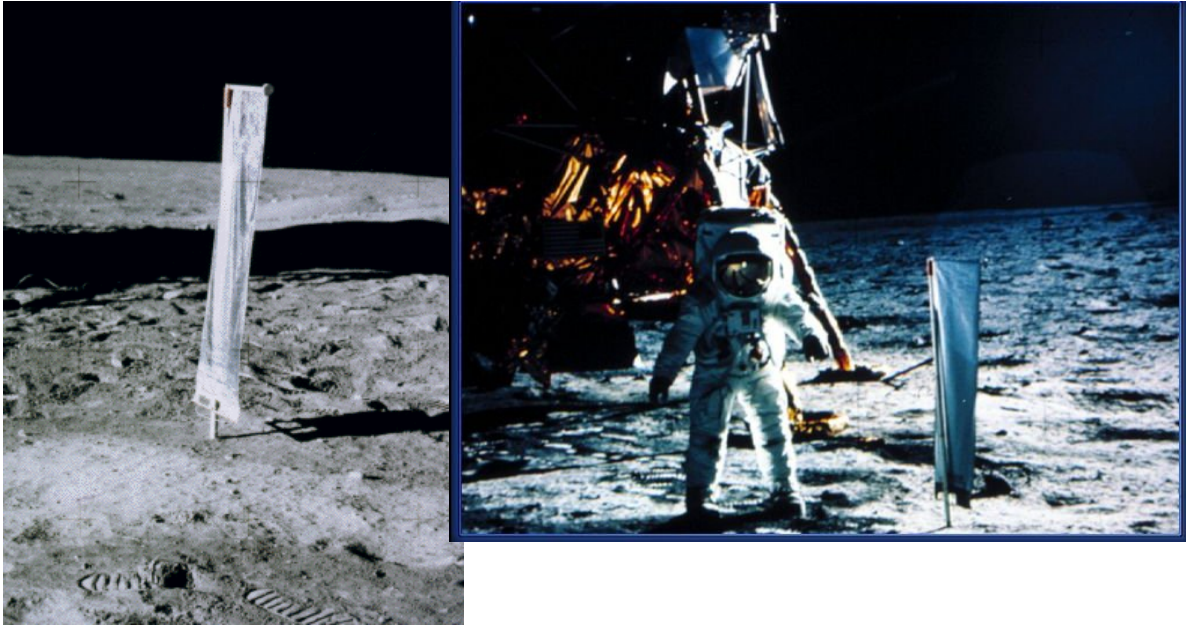
hiányában szemléletesebbé tehetjük a fizika törvényeit, bebizonyíthatjuk a diákoknak, hogy a jelenségek csakugyan a tanított módon zajlanak le.

A szabadesésről megtanultuk, hogy a zuhanó testek sebessége nem függ azok tömegétől. Mégis, ha egyszerre elejtünk egy vasdarabot és egy tollpihét, a légellenállás miatt azok nem együtt érnek földet. A Holdon azonban nincsen légkör, tehát ott valószínűleg egy időben ér talajt mind a két tárgy. Ezt a kísérletet hajtotta végre az Apolló 15 missziója során David Scott kapitány. Egy 1,32 kg-os alumínium geológiai kalapácsot és egy 0,03 kg tömegű sólyomtollat ejtett el egyszerre mintegy 1,6 méter magasból. A két tárgy a várakozásnak megfelelően egyszerre ért talajt.



Rajz a kísérlet végrehajtásáról.

A Naptól állandóan érkező részecskék nyomást gyakorolnak az újukba kerülő tárgyakra. Ennek bemutatása is nagyon egyszerű a Hold légkör mentes felszínén: elég csak egy nagyon könnyű fólia, amit a Nappal szemközt kítűzve máris megfigyelhetjük a napszél erejét. Később pedig a vitorlát a Földre visszahozva értékes kémiai elemzéseket lehet végezni rajta.



Az űrállomásokon fellépő súlytalanság is lehetőséget nyújt pár érdekes kísérlet elvégzéséhez. A Földön egy folyadékcsepp soha nem tökéletesen gömb alakú a gravitáció miatt. Mikrogravitációs környezetben azonban a szabadon működő felületi feszültség a folyadékot gömbbé formálja. Ráadásul a folyadék nem is marad meg az edényben, hanem szabadon lebeg a levegőben. Emiatt kellett például különlegesen kialakított étkezési eszközöket létrehozni az űrhajósok számára.



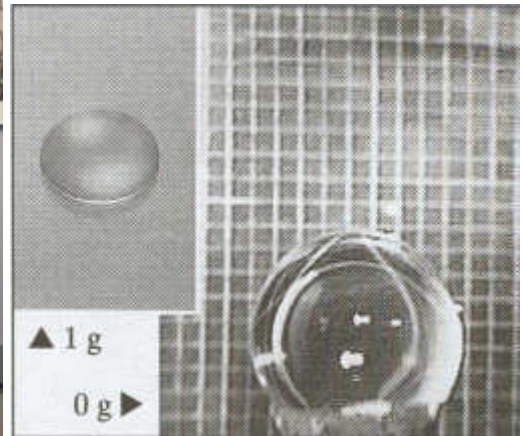
Az űrben való étkezés nehézségei.



Joe Allen asztronauta reggelije az űrrepülőgépben.



A kanadai Chris Hadfield megkóstol egy űrhajósok számára előre csomagolt ételt.

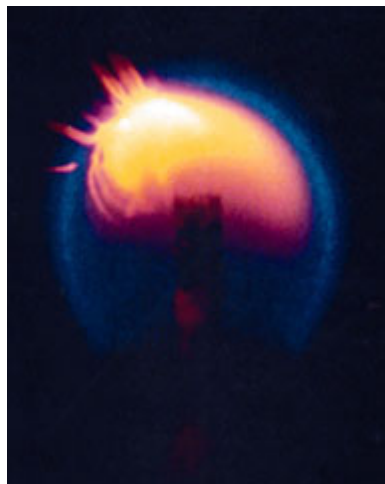


Vízcsepp földi körülmények között (1g) és mikrogravitációban (0g)

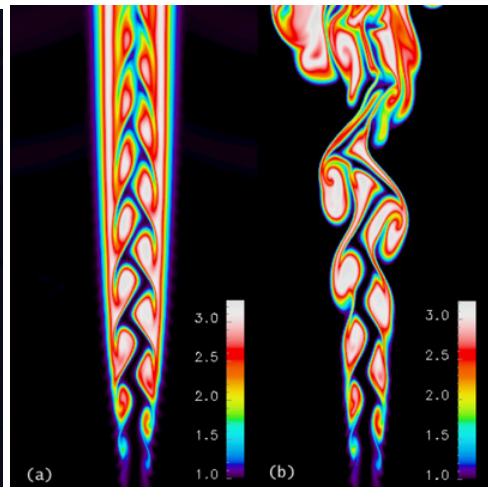
Kis gravitációjú környezetben egy gyertya égése is egészen másként történik, mint a Földön. Itt ugyanis az égéstermék a gravitáció miatt felfelé száll (ez a láng) s a létrejött áramlás során a levegő alulról turbulens módon bekeveredik, s így tovább táplálja az égést. Mikrogravitációs környezetben azonban nincs turbulencia, láng sincs és az égés sokkal lassabb lesz.



Egy gyertya égése a Földön és alacsony gravitáción.



Mikrogravitációs lángnyelv.



A levegő hőmérsékleti kontúrjai mikrogravitáción és normál környezetben. Jól látható a levegő turbulenciája, illetve annak hiánya.

## **4. A műholdak felépítése és működése**

### **4.1. Műholdak energiaforrásai**

#### **4.1.1. Nukleáris energiaforrások**

Léteznek olyan energiaellátási feladatok, amelyekre csak nukleáris energiaforrásokat lehet alkalmazni. Ilyen helyzet léphet fel a Naptól való nagy távolságokban, ahol a nap fénye már nagyon gyenge, vagy ahol túl magas a hőmérséklet, vagyis a Napközeli szondáknál, vagy ha olyan alacsony a műhold pályája, hogy a napelemtáblák jelentősen megnövelnék a légellenállást (mint sok katonai szatellitánál)

#### **Történetük**

A műholdakon alkalmazott nukleáris energiatelepek fejlesztése az 1950-es években kezdődött. 1961. júniusában felbocsátották a Transit nevű holdat, amin plutónium-238 szolgáltatott 2,7 W hasznos teljesítményt. 1963-ban a hasonló telepek már 25 W teljesítményt voltak képesek leadni. Nukleáris energiatelepek működtek az Apolló program űrhajósai által a Holdon hagyott műszerekben is. A Marsra küldött Viking szondák, a Pioneer-10, -11; a Voyager-1, -2; a Galileo és az Ulysses szondák is ilyen energiaforrásokkal rendelkeztek. Az első atomreaktort hordozó amerikai műholdat 1965-ben lőtték fel. Ez urán fűtőanyaggal, folyékony fém hűtéssel működött és 500 W hasznos teljesítményt szolgáltatott.

A Szovjetunió, később Oroszország az USA-nál sokkal kiterjedtebben alkalmazott atomreaktoros energiaellátó rendszereket. 1968 óta mintegy 33 ilyen műholdat állítottak pályára, amelyek nagy része alacsony pályán (250 km) keringő katonai felderítő műhold volt. Ezek mintegy 2 kW teljesítményt szolgáltatottak.

#### **Működésük**

Radioaktív izotópos energiaforrások:

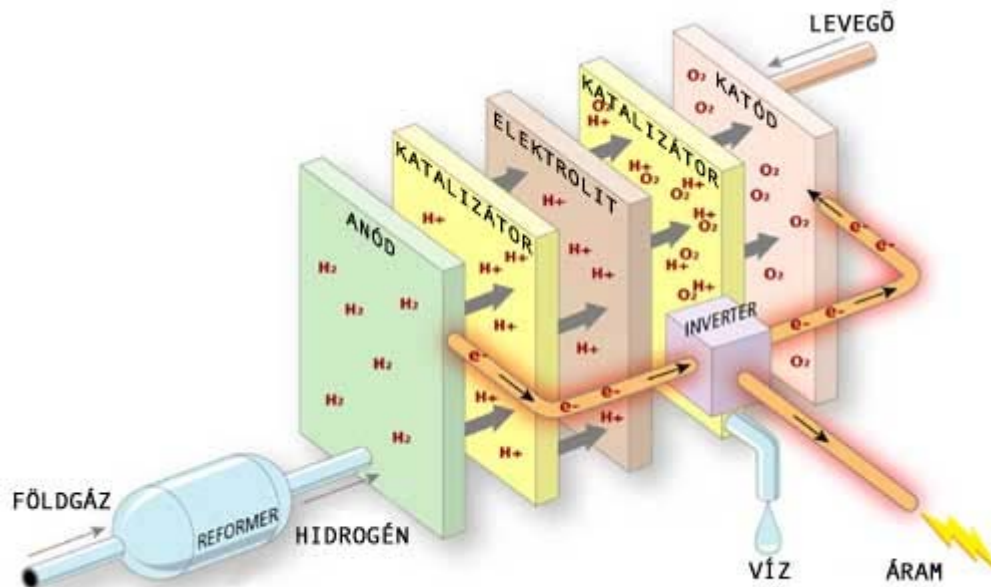
A telepben lassan bomló radioaktív izotópok találhatóak, amelyek energia-kibocsátással stabil izotópokká alakulnak át. A kilépő részecskék mozgási energiája hővé alakul, a hőből pedig termoelemek segítségével elektromos energiát termelnek. Korábban kísérleteztek cézium és polónium izotópok felhasználásával, de az utóbbi évtizedekben csak a 87,6 év felezési idejű plutónium-238 izotópot alkalmazzák az űreszközökön. Atomreaktor-energiaforrások:

Ezekben a reaktorokban csaknem tiszta urán-235 fűtőanyagot használnak, s ezáltal, az urán-238 izotóp kikerülésével, nem keletkeznek plutónium izotópok, amelyeknek igen hosszú a felezési idejük. A földi atomreaktorokban általában alkalmazott vízűtés helyett a

hatékonyabb hőelvezetést biztosító folyékony fém hűtőközegeket használnak, a hűtőfolyadék lehet nátrium, kálium, higany, vagy lítium. A láncreakciót, a neutronok számát (fluxus) pedig nem elnyelő rudakkal szabályozzák, hanem a reaktormagot kívülről egy mozgatható berillium reflektor veszi körül. Ezzel állítják be az elszökni engedett neutronok mennyiségét. Ezek a reaktorok kisméretűek, az aktív zóna méretei csak néhányszor tíz centiméteresek.

#### 4.1.2. Üzemanyagcellák

Az üzemanyagcella egy olyan elektrokémiai galvánelem, amely képes a benne lévő üzemanyag kémiai energiáját közvetlenül elektromos energiává átalakítani. A különbség az üzemanyagcellák és galvánelemek között az, hogy amíg a galvánelemek esetében az üzemanyag felhasználása után az elemet (vagy akkumulátort) ki kell cserélni (vagy fel kell tölteni), addig az üzemanyagcellákat új üzemanyaggal folyamatosan lehet ellátni. Ez, mint elvi lehetőség már 160 éve ismert, Sir William Grove, walesi születésű brit kutató reagáltatott először hidrogén és oxigén gázt platina elektródok fölött és ekkor elektromos áramot észlelt (Grove, 1839).



Az üzemanyagcella működési elve.

A szerkezet alapegysége két elektródából áll, egy elektrolit köré szendvicsszerűen préselve.

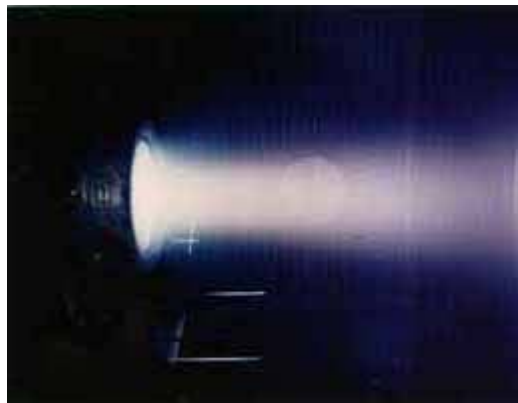
- Az anódon hidrogén, a katódon pedig oxigén halad át.
- Katalizátor segítségével a hidrogénmolekulák protonokra és elektronokra bomlanak.
- A protonok keresztáramlanak az elektroliton.
- Mielőtt az elektronok áramlása elérné a katódot, felhasználhatóvá válik az elektromos fogyasztók számára.
- A katódra érkező elektronok a katalizátor segítségével egyesülnek a protonokkal és az oxigénmolekulákkal és vizet hoznak létre.
- Inverter segítségével váltóáramot is létrehozhatunk.
- Az üzemanyag-átalakító (reformer) képessé teszi a rendszert, hogy bármilyen szénhidrogén alapú üzemanyaggal működjön.

Az üzemanyagcellák megoldhatnák az energiatárolás problémáját a megújuló energiaforrások hasznosításánál. A napelemmel, szél-, víz-, vagy dagályerőművel termelt árammal vizet bontva hidrogént termelhetünk, amelyet az üzemanyagcellákba vezetve bármikor energiához juthatunk.

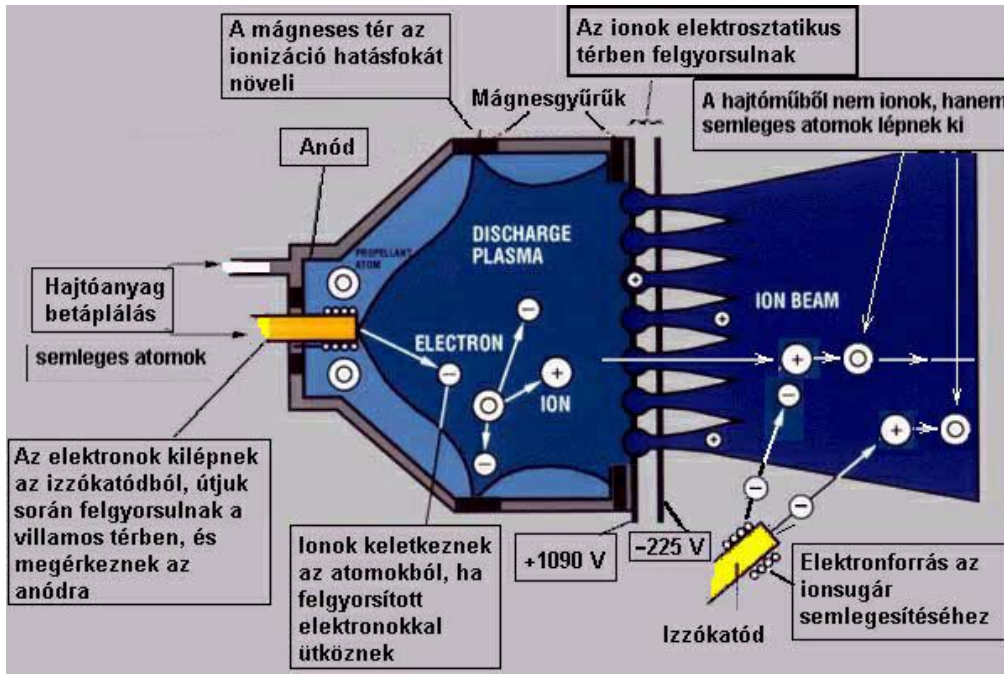
## 4.2. Hajtóművek

### 4.2.1. Ionhajtóművek

Űrbéli eszközök, űrhajók, szatellitok hajtóműve nem feltétlenül kell, hogy vegyi reakción alapuljon (rakétahajtómű) Ha egy elektromosan feltöltött, vagyis ionizált gázt elektromos térbe helyezünk, akkor a gázcsepscék mozgásba jönnek, a töltésüknek megfelelően. Kellően nagy gyorsító villamos feszültséggel az ionok mozgási energiája sokkal nagyobb értéket érhet el, mint az égő gázoké.



Az ionhajtómű is ezt az elvet alkalmazza: az elektrosztatikus tér felgyorsítja az ionizált gázt és azok nagy sebességgel kiáramlanak az űrbe. A hajtóműből kilépő ionokat semlegesítik, azok pedig a hatás-ellenhatás törvénye miatt az űrszondát az ellenkező irányba gyorsítják.



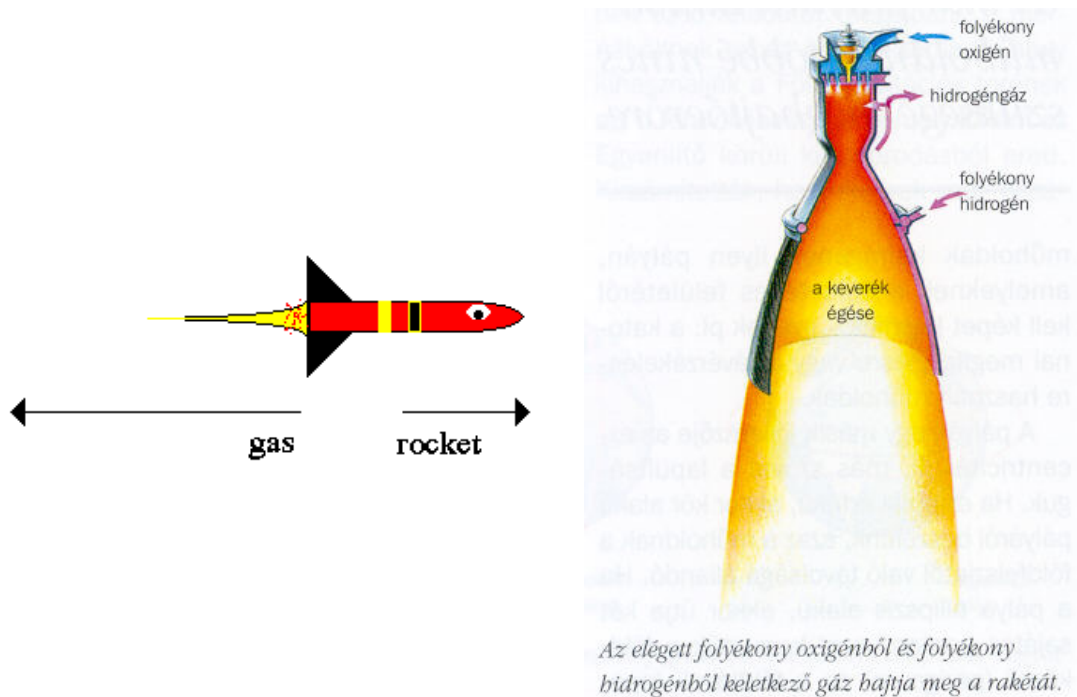
Az ionhajtómű működése.

A hajtómű nagy előnye, hogy azonos mennyiségű üzemanyaggal jóval nagyobb sebesség érhető el. Sajnos, azonban van egy nagy hátránya: a tolóereje nagyon kicsi. Egy ionhajtómű teljesítménye csupán töredéke egy kémiai hajtóműnek. Azonban, míg az utóbbi ezt a teljesítményt rövid idő alatt adja le és hamar elfogy az üzemanyaga. Ezzel szemben az ionhajtómű ugyanannyi üzemanyaggal éveken keresztül működni tud, folyamatosan gyorsulva, ezáltal jobban fel tud gyorsulni. Ezt főleg a nagytávolságú űrutazásban lehet felhasználni.

Az első ionhajtóművet már 1960-ben megépítették Amerikában, ám csak az 1998. október 24-én fellőtt Deep Space 1 űrszonda volt az első, amelynek ionmeghajtással működött a fő hajtóműve. A kísérlet teljes sikerrel zárult.

### 4.2.2. Rakétahajtómű

A világűr elérése a legegyszerűbben és legolcsóbban rakétahajtóművekkel valósítható meg. Működése a hatás – ellenhatás elvén alapul: az üzemanyagot egy égéstéren elégetve az kitágul és a fűvókán keresztül nagy sebességgel távozik a szabadba. Eközben a rakéta az ellentétes irányba indul el, hogy az összes lendületük állandó legyen. A rakéták jellemzője, hogy nem függenek a külső levegőtől, vagy annak hiányától, mert az égéshez szükséges oxigént is magukkal viszik. Ez ugyan megnöveli a tömegüket, viszont így minden körülmények között képesek üzemelni.



A rakéta működési elve.

A rakétahajtóművek között megkülönböztetjük a szilárd és a folyékony hajtóanyagú rakétákat. A szilárd hajtóanyagú rakéták reakciójukhoz nem igényelnek oxigént, egyszerűbb felépítésűek. Ezen túl olcsóbbak és kezelésük is könnyebb, ellenben pontatlanok és ha egyszer beindultak, nem állíthatók le. A folyékony hajtóanyagú rakéták ugyan bonyolultabbak, hiszen az üzemanyaguk mellett az égéshez szükséges oxigént is szállítaniuk kell, viszont megbízhatóbbak és probléma esetén leállíthatóak. Ezeknek az üzemanyaga általában kerozin, vagy folyékony hidrogén.





Az űrrepülőgép két szilárd hajtóanyagú gyorsító rakétával rendelkezik, amik kb. 40 km-es magasságban leválnak. A középső nagy tartály az űrrepülő fő hajtóműveit látja el üzemanyaggal a felszállás során.

Egy egyszerű, egyfokozatú rakétahajtómű által nyújtott teljesítmény nem elegendő ahhoz, hogy elhagyjuk a Föld légkörét. Ennek megoldására készítették el a többfokozatú rakétákat, ahol az egyes fokozatok a kiégésük után leválnak a rakétatestről, könnyebbé téve azt. Az egyre kisebb tömegű rakéta egyre nagyobb sebességre tud felgyorsulni, s így el lehet érni a 7,91 km/s-os sebességet, ami a Föld körüli körpályára álláshoz szükséges. További fokozatok beiktatásával még jobban növelni lehet a végső sebességet, s így akár a Naprendszerből való szökési sebesség is elérhető.



A többfokozatú rakéta működése.



Rakétahajtómű-kísérlet.

## **5. A műholdak, űrfelvételek felhasználási területei**

### **5.1. Földfelszín figyelés**

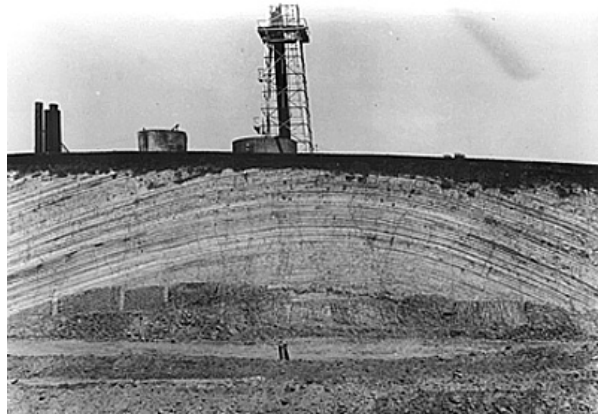
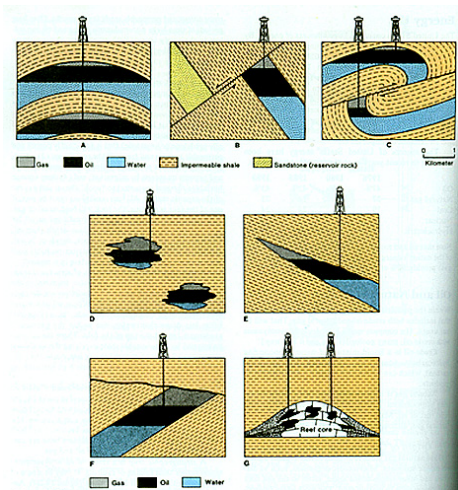
#### **5.1.1. Ásványi lelőhelyek felkutatása**

A kutatók egészen az utóbbi időkig csak úgy tudtak újabb ásványi lelőhelyek után kutatni, hogy kimentek a kérdéses helyre és ott helyszíni vizsgálatokat folytattak. Ez pénz és időigényes módszer volt. Ám az új technológiák megjelenésével új távlatok nyíltak az ásványi erőforrások felkutatásában is.

A helyszíni kiszállás egyik nagy hátránya az volt, hogy átfogó képet csak nagyon sok munkával lehetett kapni egy területről. Ehhez szinte a teljes területet fel kellett térképezni. Jóllehet, a földfelszín kőzeteit nagy részben már feltérképezték az egész világon, még mindig vannak nem megfelelően tanulmányozott területek. Így a nagy felbontású űrfelvételek jó lehetőséget biztosítanak az új ásványi lelőhelyek felkutatásához. A műholdak teljes régiókról készíthetnek átfogó felvételeket bármilyen sugárzási spektrumban. A felszínen lévő különböző kőzetek ugyanis más és más hullámhosszú sugárzást vernek vissza, amit a műholdakon észlelni lehet. Ezen különbségekből pedig megállapítható, hogy milyen kőzetek alkotják az adott felszínt, s így következtetni lehet a mélyben rejtőző kőzetekre is. Ahol pedig ígéretesnek tűnik egy-egy terület, ott helyszíni vizsgálatokkal újabb információkhoz lehet jutni.

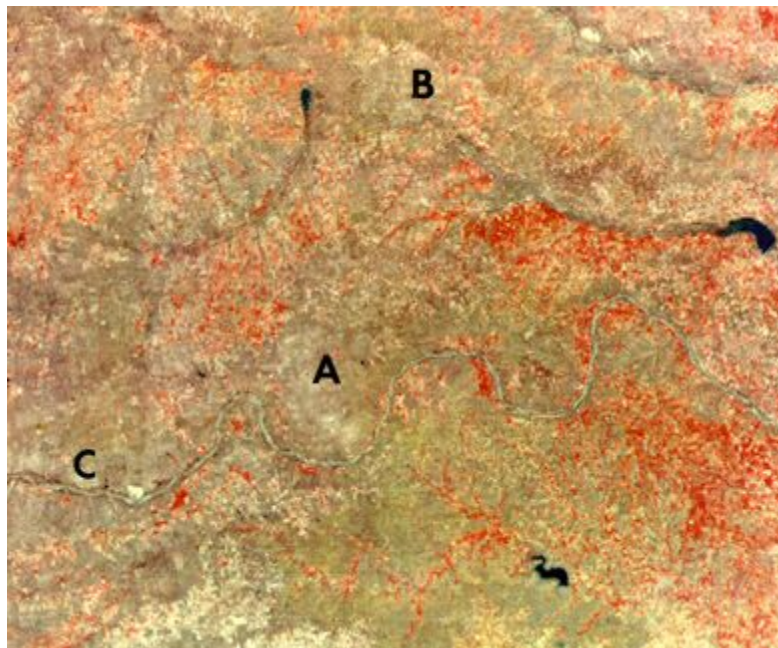
Az 1969-ben indult Earthsat program az elsők között volt, amely távérzékelési adatokat használt fel kőolaj, ásványi anyag és talajvízkutatáshoz.

A kőolaj és a földgáz sok millió éve elpusztult tengeri élőlényekből, főleg mikroszkopikus méretű algák maradványaiból keletkezett, úgy, hogy a mélybe kerülve, rendkívüli nyomás és hőmérséklet hatására alakult át lassan. A keletkezett kőolajat és földgázt ezután csapdába ejthetik a környező kőzetek, melyek átjárhatatlanok a számára.

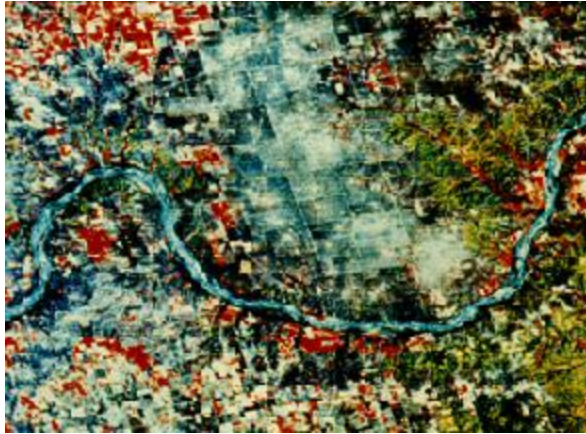


Az olajcsapdák típusai (From Physical Geology: Earth Revealed by McGary and Plummer, First Ed., W.C. Brown Publ.)

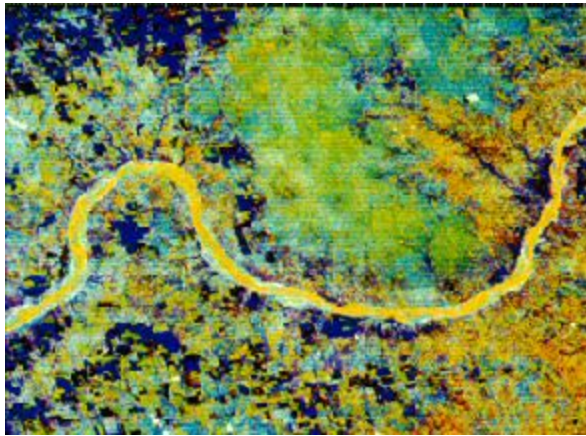
Egy tipikus, antiklinális olajcsapda



Egy 1973. áprilisi multispektrális felvétel. A A-val, B-vel és C-vel jelölt részeket "bizonytalan" jellegzetességű területnek hívjuk. Az A jelű a Canadian River völgyében különösen feltűnő és egy ismert olajmező felett fekszik



Közelebbi, hamis-színű felvétel az A területről. Megfigyelhető a terület kékes-fehér színe

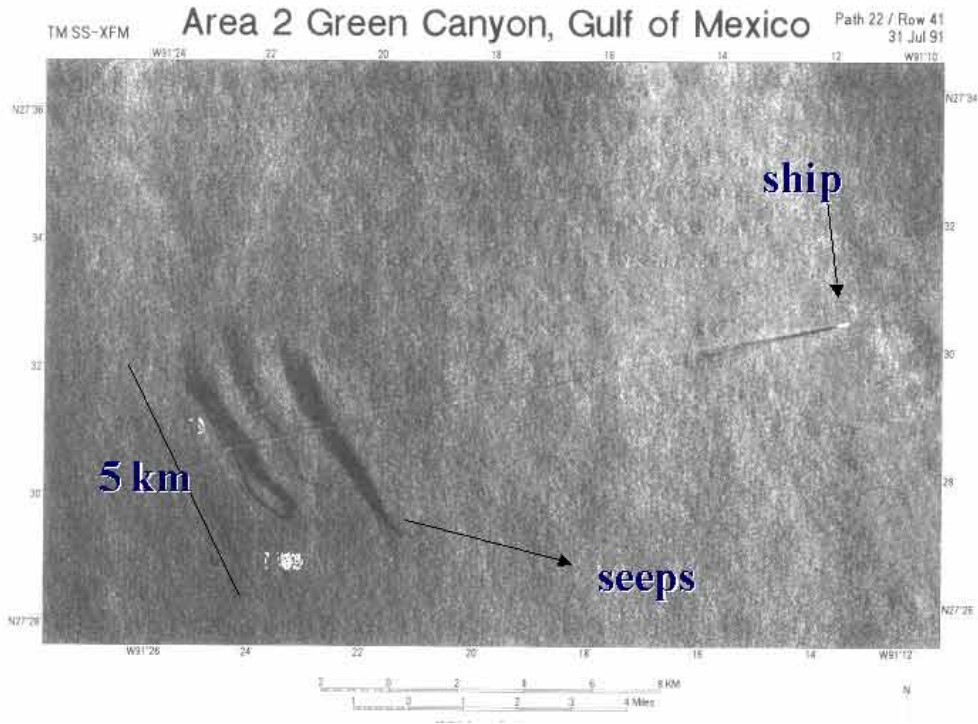


Újabb felvétel a területről, más színekkel kombinálva

De még a legjobban záró kőzeten is átszivárog egy kis olaj és földgáz. Ennek a csekély méretű szivárgásnak főleg a tengeri olajmezők feltárásában van szerepe, mivel a tengervíznél kisebb sűrűségű olaj felemelkedik a felszínre és ott olajjal burkolt gázbuborékokat hoz létre. Nyugodt tengeren gyakran láthatók ezek a szépen irizáló, általában 0,5 és 1 méter közötti átmérőjű olajpogácsák. Az idő folyamán ezek összefolynak és az így létrejövő nagyobb olajfoltok már műholdakról is észlelhetőek.

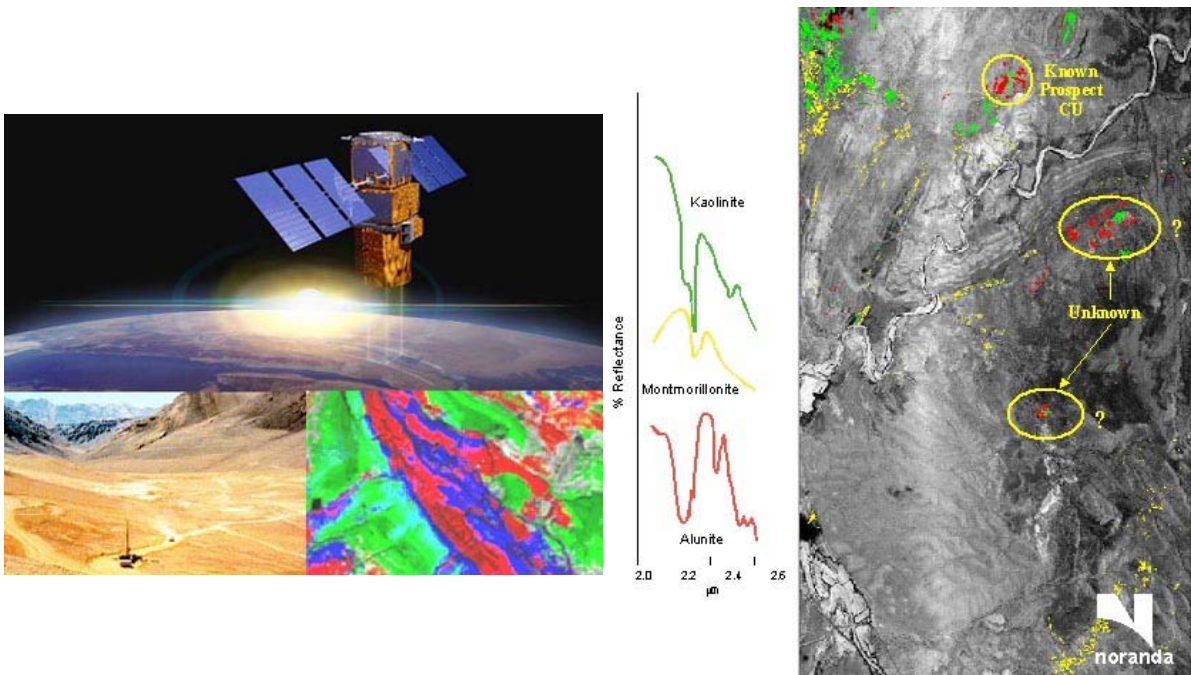


Gáz- és olajbuborékok a tenger felszínén

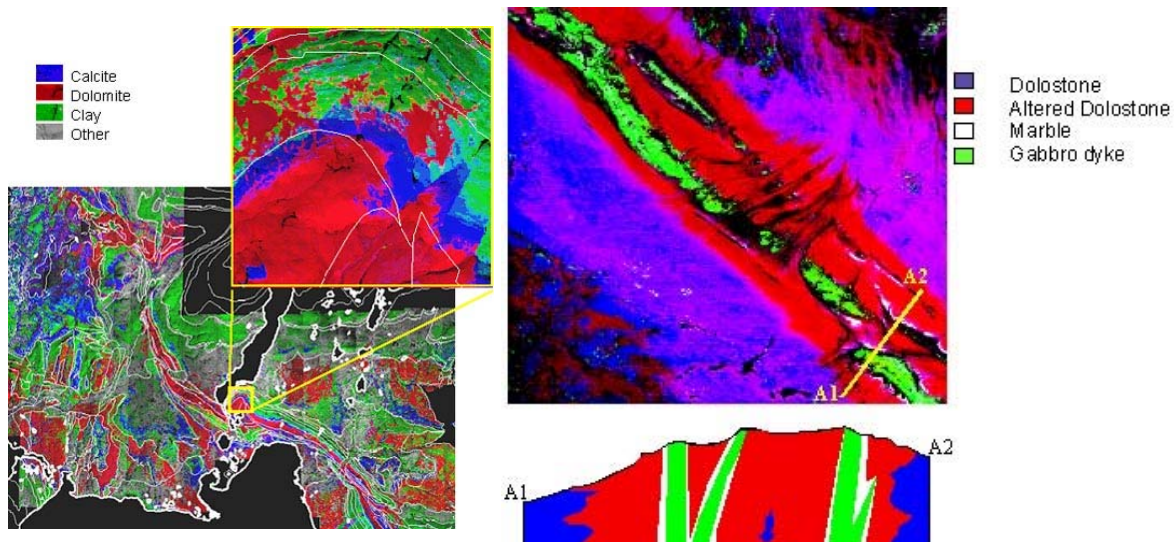


A Landsat felvétele egy olajfoltról

Egészen az 1990-es évekig a műholdfelvételek olyannyira kicsi felbontásúak voltak, hogy nem szolgáltatott információt egy átlagos geológus számára. Manapság a felvételek pontosságának javulásával és a számítógépes feldolgozó kapacitás növekedésével azonban már a mindennapokban is felhasználhatóak ezek az információk.



Két ismeretlen, feltehetően rezet tartalmazó terület.



Többspektrumú műholdfelvétel a felszíni kőzetekről.

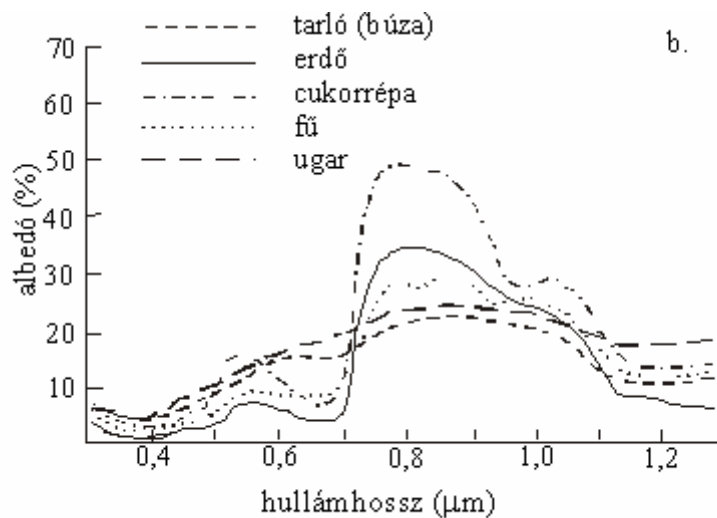
Valaha, ha kutat akartak ásni az emberek, akkor az egyetlen vízkutatási módjuk a varázspálcás meghatározás volt. Manapság sokkal egyszerűbben és sikeresebben lehet felkutatni a sikerrel kecsegtető területeket. A műholdak által közvetített felvételekről meg lehet határozni a porózusabb területeket, ahol talajvíz fordulhat elő. Felfedezhetők a régi folyóágyak, melyeket mára betemetett a homok, de nagy valószínűséggel még most is tartalmaz talajvizet. Ennek legnagyobb jelentősége az olyan vízhiányos területeken van, mint például a Szahara.

### 5.1.2. A növénytakaró vizsgálata

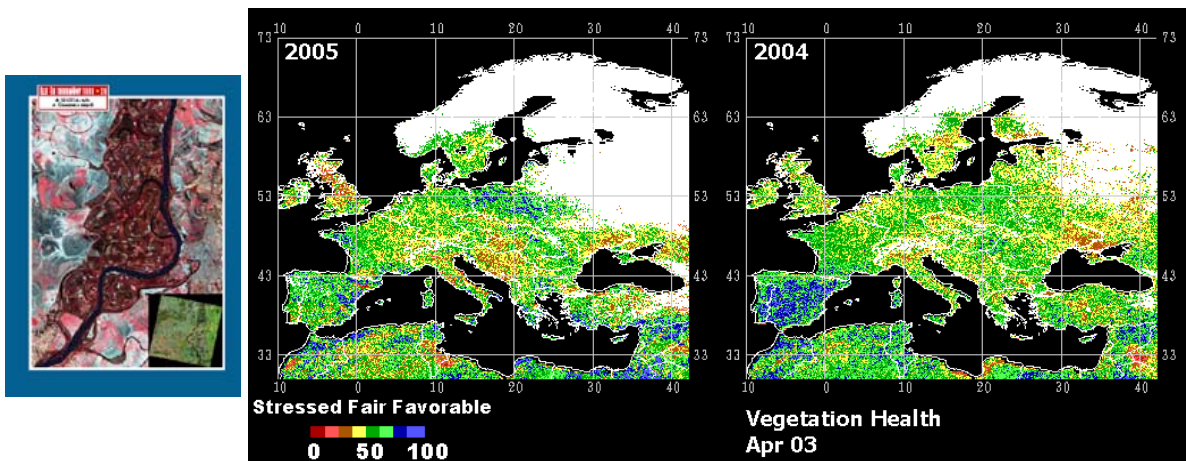
A növényzet zöld takaróként borítja be a Földet. Azt, hogy a világ egy adott pontján milyen növény él, az határozza meg, hogy milyen a talaj, a kőzet és az éghajlat. Emellett a növények életét a víz jelenléte is döntően befolyásolja. Ha ezek közül valamelyik hiányzik, vagy szűkösen áll rendelkezésre, a növények megsínylik az. Továbbá az ember jelenléte, környezetalakító munkája is hatással van a Föld növénytakarójára. Ezért nagy jelentőséggel bír a növények eloszlásának, egészségi állapotának meghatározása. Ezt a modern technika alkalmazása jelentősen megkönnyíti: a nagy területet átlátó műholdas űrfelvételek információival szolgálhatnak ezekben a kérdésekben.

A növények levelei erősen abszorbeálják a Nap sugárzásából származó kék és vörös fényt, míg a zöld tartományában sugárzott energiát erősen visszaverik, ezért látjuk az egészséges vegetációt zöld színben. Az infravörös tartományban a növényzet

visszaverődése ugrásszerűen megnő. Ennek alapján elkülöníthetők a különböző növényfajták. A lombhullató fák például, magasabb infravörös visszaverődésük miatt, világosabb tónusban jelennek meg, mint a tűlevelű fák. Ha egy növény pedig valamilyen betegségben, vagy káros hatástól szenved, akkor lelassul a normális növekedése és csökken a termékenysége, ami a klorofill-tartalmának csökkenésében is megnyilvánul. Vagyis a növény ekkor kevesebb kék és vörös fényt nyel el, megváltozik a visszaverődési görbéje.



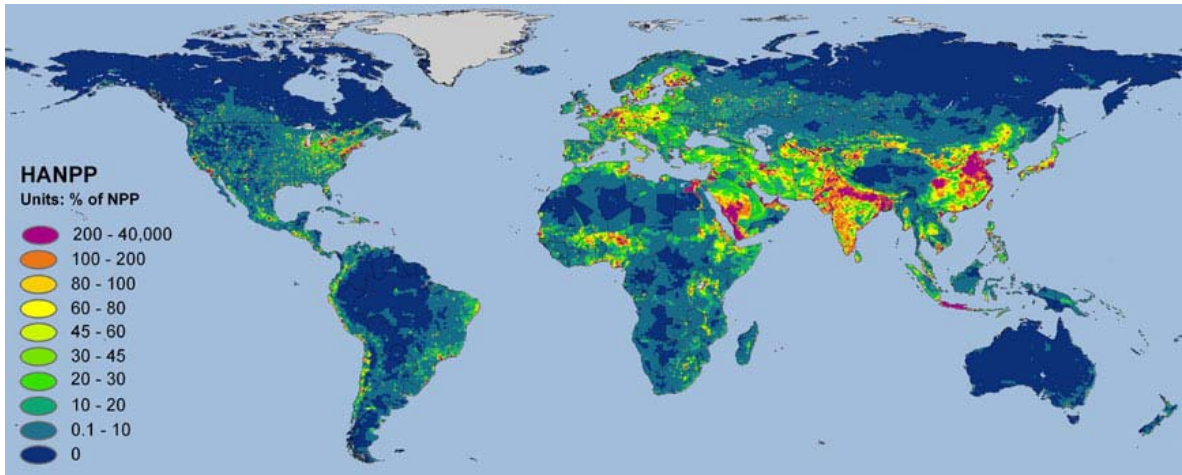
Néhány növény által visszavert elektromágneses sugárzás.



A Gemenci-erdő a Spot felvételen. Európa vegetációjának egészségi állapota 2004-ben és 2005-ben. A kék jelzi az elfogadható állapotot. (NOAA felvételek)

A műholdakon elhelyezett műszerek segítségével elkülöníthetjük a különböző hullámhosszon visszavert fényt, s így meghatározhatjuk egy terület növénytakarójának sűrűségét, valamint elkülöníthetjük a különböző fajtákat. Ezeket az adatokat azután sokféleképpen fel lehet használni: meg lehet vizsgálni a növények növekedési ütemét és

egészségi állapotát, szemmel lehet tartani az erdőirtások folyamatát, meg lehet határozni a szárazság következtében fellépő tűzveszélyes helyeket, valamint nagy segítséget nyújthat a termelékeny és környezetbarát mezőgazdaságban.

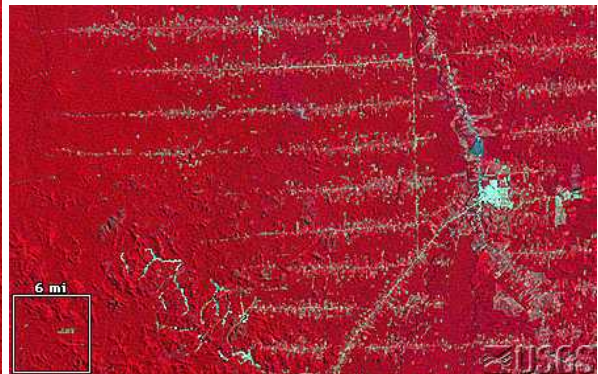


Az emberiség által egy év során felhasznált és a megtermő növényi tömeg aránya. Látható, hogy a sűrűn lakott helyeken a keletkező növényi tömegnek akár a háromszázszorosa is elfogy. Az átlag nagyjából 20 %.

(A NOAA AVHRR adatai az 1982-1988 közötti időszakra vonatkoznak)

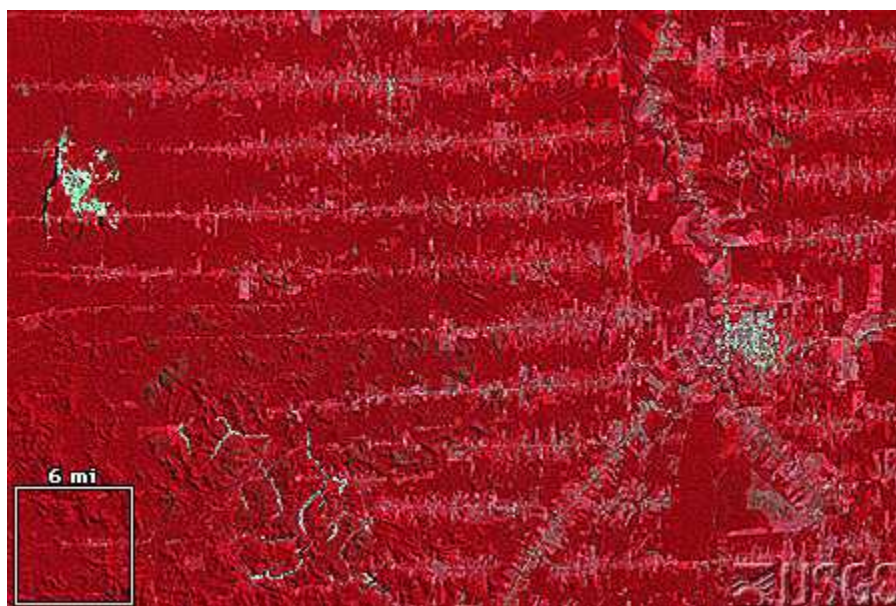


A brazíliai esőerdők állapota 1975-ben. A kivágott erdők és a városok világoskékek, az egészséges erdő piros.

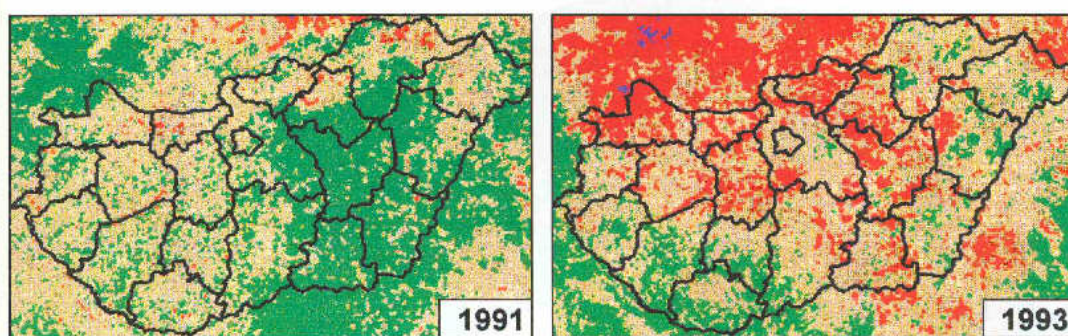


Ugyanez a terület 1986-ban...

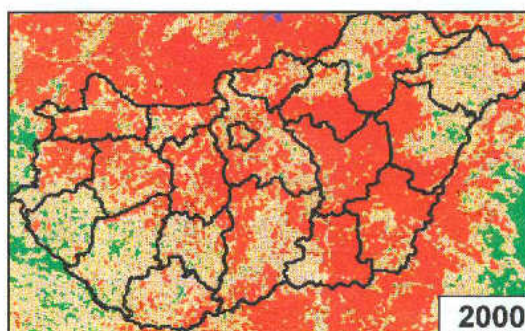




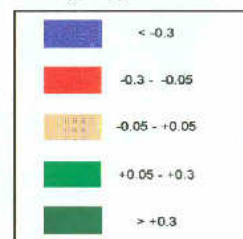
... és 1992-ben. Jól megfigyelhetők a halszálka alakú irtási sávok.



4. Összehasonlító aszálytérképek úrfelvételek alapján, a vegetációs index értékek eltérése az egyes években a három feltüntetett év átlagától június második dekádjában



Jelkulcs:  
Az aktuális év vegetációs indexének eltérése a három év átlagától, június 2. dekád

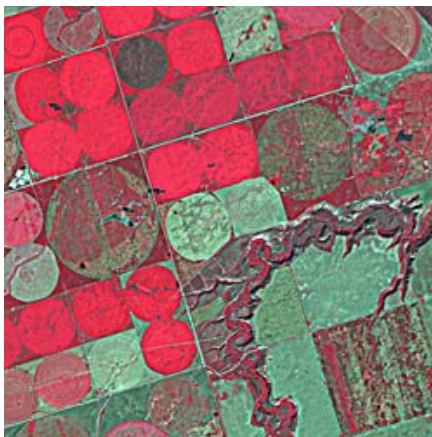


### 5.1.3. Mezőgazdasági alkalmazás

Az emberi civilizáció szoros összefüggésben áll a mezőgazdasági termeléssel. A megfelelő mennyiségben rendelkezésre álló élelem lehetővé teszi a technika és a kultúra fejlődését, míg az élelemhiányos területeken a létfenntartásra fordítódik az ott élők összes

energiája. Ezért is nem alakulhatott ki az ókorban fejlett civilizáció például a sarkvidékek közelében, viszont a termékeny folyamvölgyek bölcsőül szolgálhattak a modern emberiségnek. Ugyan ma már a világméretű kereskedelmi szálak miatt nem jelent olyan nagy gondot a mostoha éghajlatú területeken sem az élelmezés, az emberek létszámának nagymértékű növekedése miatt szükséges az egyre hatékonyabb mezőgazdasági módszerek alkalmazása. A műtrágyák és a növényvédő szerek felhasználásával egy területen sokszoros termésnövekedést lehet elérni. Azonban ezeknek a szereknek a korlátlan alkalmazása hatalmas természeti károkat is tud okozni. Ezért egyre növekszik az igény a környezetbarát mezőgazdaság iránt úgy, hogy a termelékenység lehetőleg még növekedjen is.

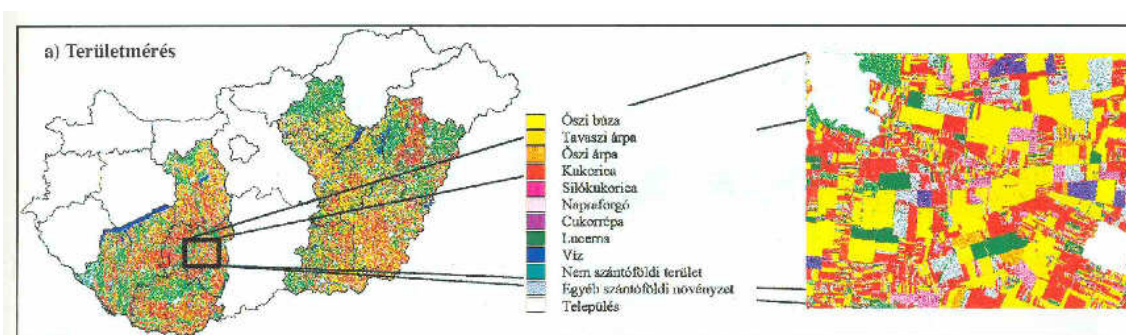
A műholdas távérzékelés itt is a segítségünkre siethet. A növényzet által visszavert elektromágneses sugárzás segítségével korán megállapítható a vetemények megbetegedése, még mielőtt az akár szabad szemmel láthatóvá válna. A beteg területek helyének pontos meghatározása azután felhasználható a precíziós mezőgazdaságban: a műholdképek alapján összeállítható egy olyan térkép a területről, ami tartalmazza a kezelendő (beteg, gyomos) részek koordinátáit. A felszínen a permetezőgépet üzemeltető traktor GPS vevővel folyamatosan méri a pozícióját a táblán és csak azokon a területeken, illetve olyan mennyiséggel permetez, amelyet a kezelést tervező személy előre meghatározott.



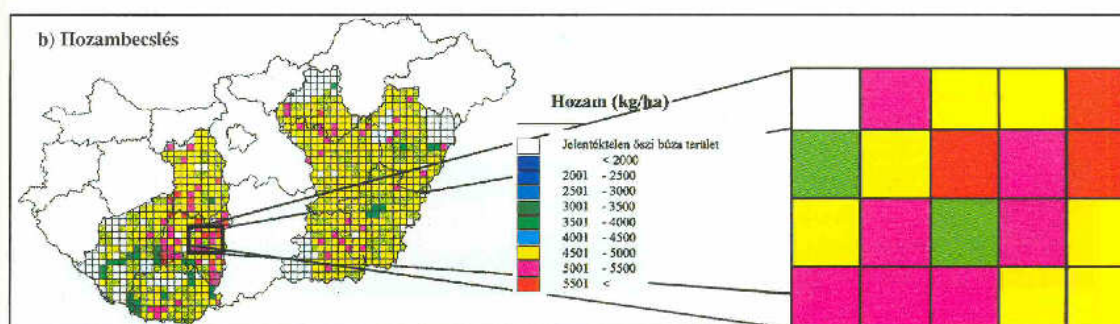
Öntözéses területek a Kanadai Lethbridge közelében. (SPOT felvétel)

Az országok, közösségek gazdálkodásának nélkülözhetetlen eleme a termés pontos, megbízható előrejelzése. A termést a vetésterületen és a területegységben betakarított termésben mérjük (termés = terület \* hozam) Ennek meghatározása elvileg egyszerű, ám a gazdaságok száma, ahonnan adatokat, mintákat kellene szerezni, és egyéb tényezők miatt

ez nehézkes. Ezért korán, már a nyolcvanas évek elején felvetődött, hogy az objektív műholdfelvételeket használjuk fel a termés-előrejelzéshez. A felvételeken az egyes táblarészletek részletes bontásban (0,04 - 0,1 ha) azonosíthatóak, és a növények által visszavert sugárzás, valamint annak időbeli változása nemcsak a növény azonosítását teszi lehetővé, hanem állapotát, fejlettségét és fejlődését is tükrözi. Magyarországon a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) 1997 óta minden évben pontos termésbecslést ad a nyolc legnagyobb területű szántóföldi növényre (pl. búza, kukorica, napraforgó) már az aratás előtt. Az év során öt alkalommal ad számszerű és térképpel kiegészített termésbecslést a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztériumnak.



5. A területmérés alapja a kilenc megyére nagyfelbontású űrfelvételekből levezetett növénytérkép (a) és a hozambecslés a FÖMI nagyfelbontású űrfelvételek adatait integráló modellje alapján (b)



#### 5.1.4. Környezetszennyezés és tisztítás

Az ember megjelenése óta termel olyan fizikai és kémiai hulladékot, amely megváltoztatja a talaj, a levegő és a természetes vizek eredeti összetételét. Az őskorban a környezetszennyezés legelső oka az emberi ürülék lehetett. A salakanyagokból baktériumok juthattak az ivóvizekbe, megfertőzve az ott élőket. Vizsgálatok feltárták, hogy a Zambiai Broken-dombnál 200000 éve élt emberfélék (Hominidae) ólommérgezésben szenvedtek, mert ólom szivárgott be az ércartalmú kőzetekből a lakhelyül szolgáló barlangnál lévő vízforrásba. Ezekkel nagyjából egy időben, a tűzgyújtás felfedezésével, a

légkör szennyezése is megkezdődött. Az ipari civilizáció kifejlődésével pedig meggyorsultak a környezetet pusztító folyamatok.

A Föld talajtakarója létfontosságú a növények számára: a benne található tápanyagokat használják fel növekedésükhöz, sejtjeik építéséhez. Az ember környezet-átalakító tevékenysége érzékenyen érinti ezt is. A savas esők megváltoztatják a kémhatását, kioldják belőle a tápanyagokat. Az ásványkincsek után folyó hajzában hatalmas területek válnak a külszíni fejtések martalékává. Valamint a nem megfelelő földhasználat miatt hatalmas területek sivatagosodnak el.



Külszíni szénbánya nyugat-Virginiában.



Szénbányászat a hegy tetjének elbontásával a Sziklás-hegységben.

Egy terület elsivatagosodásának több oka is lehet. Főleg a fejlődő országokra jellemző, hogy elmaradott termelési módszerekkel rendelkeznek, viszont aránylag nagy népességet kell ellátniuk. Ez sok helyen a Földek kiuzsorázásához vezet. Dél-Amerikában az Esőerdők felgyújtásával, irtásával jutnak új termőföldekhez, ami következtében a talajt néhány év alatt elmossa a csapadék. Afrikában ellenben a túllegeltetés a bajok forrása. Az egyre gyarapodó állatállomány teljesen lelegeli a szavannák növényzetét, és a sivatag foglalja el a helyét.

A Közép-Ázsiai Aral-tó is hasonló problémával küzd: túllöntözés miatt csökken a vízszintje, egyre közelebb kerül a kiszáradáshoz. A tó egy lefolyástalan területen alakult ki, vízszintjét a párolgás és a bele torkolló folyók (Amu-darja és Szir-darja) vízhozamának

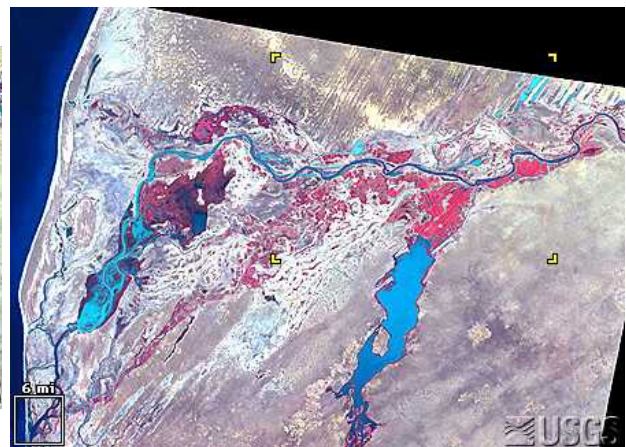
egyensúlya szabályozta. Amióta azonban a folyók menti területeken intenzív öntözéses mezőgazdaság alakult ki, a tóba jutó vízmennyiség nagyon lecsökkent. Így a párolgás miatt a tó területe csökkenni kezdett. Ennek következtében a víz ásványianyag-tartalma jelentősen megnövekedett, élővilága megváltozott, szegényebb lett, ráadásul sok parti település távol került a víztől.



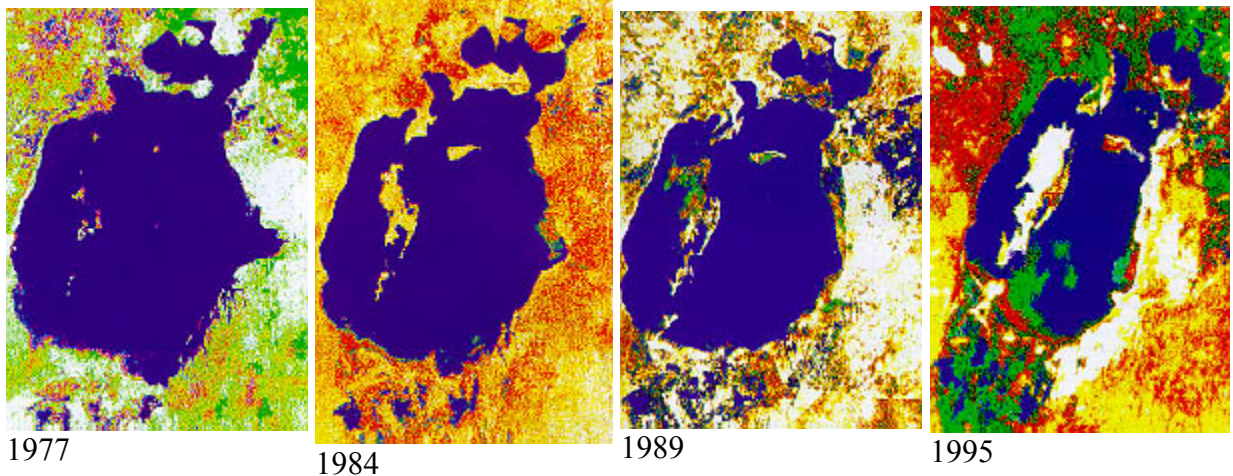
A Kongói esőerdők kipusztulása



A Senegal-folyó környezetének elsivatagosodása. 1972-es Landsat felvétel.

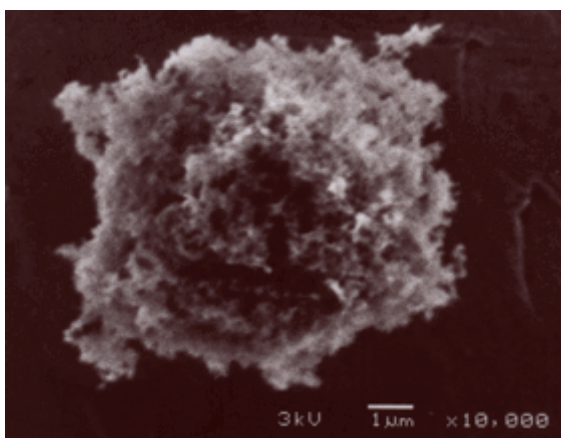


Ugyanaz a terület 1990-ben. A vörös területek öntözött cukornád és rizsföldek.

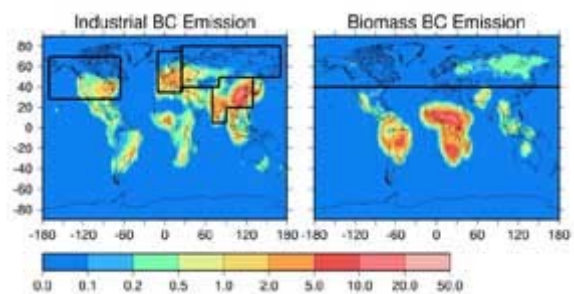


Az Aral-tó területének csökkenése 1977 és 1995 között.  
(Landast felvételek)

Az emberi tevékenység egy másik módon is megváltoztatja a Föld felszínét: a levegőbe bocsátott koromszennyeződés egy idő után leülledik, tovább szennyezve a talajt. Ennek önmagában nem lenne túl nagy jelentősége, ám a korom nagy része a légáramlatok segítségével eljut az Északi-sarkvidékre és ott borítja be a jégtakarót. A korom borította jég viszont sötétebb, jobban elnyeli a napsugarakat, és így megolvad. Tehát a koromszennyezés részt vesz a globális felmelegedésben és segíti a sarki jégtakarók olvadását. A kutatók arra a felfedezésre jutottak, hogy az Északi-sark feletti levegő koromtartalmának egyharmada Dél-Ázsiából, a másik egyharmada a Földön eléggő növényekből, a többi Oroszországból, Európából és Észak-Amerikából származik. Dél-Ázsia kiugró szerepét két tényező magyarázza: először is itt található a legnagyobb ipari korom-kibocsátás a világon, másrészt az itt uralkodó légáramlatok a felső atmoszférába emelik a szennyeződést, ahonnan könnyen el tud jutni az Északi-sarkvidékre, míg az Európai és Orosz szennyezés a felszínhez közelebb mozog.



Koromszemcse a mikroszkóp alatt.  
(fotó: D.M. Smith, University of Denver)



Ipari és biomasszából származó korom kibocsátás.

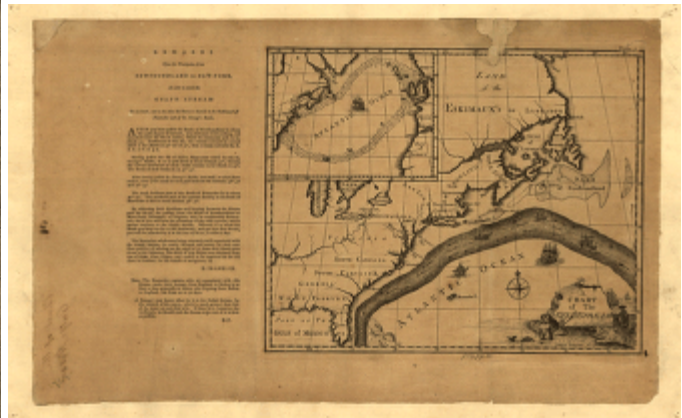
## 5.2. A vizek vizsgálata

### 5.2.1. Tengeráramlatok kutatása

"Egy folyó található az óceánban" írta az oceanográfus Mathhew Maury 1885-ben. Ez a kijelentése mérföldkönek számított a tengeri áramlatok kutatásában. De nem ő volt az első, aki foglalkozott a kérdéssel. A tengerészeknek hamar feltűnt, hogy az Európából Amerikába tartó út sokkal hosszabb ideig tart, mint visszafelé. Amikor az angolok megkérdezték ennek az okát Benjamin Franklintól 1768-ban, ő az unokatestvére, Timothy Folger segítségével készített egy térképet az áramlatról, amelyet a Brit Kincstárnak adományozott.

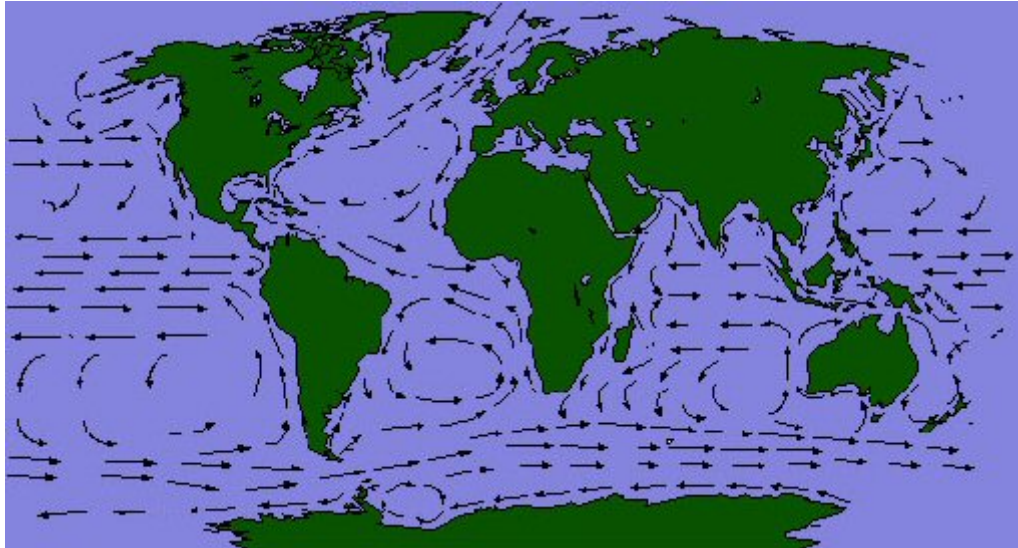


A térkép 1768-as...



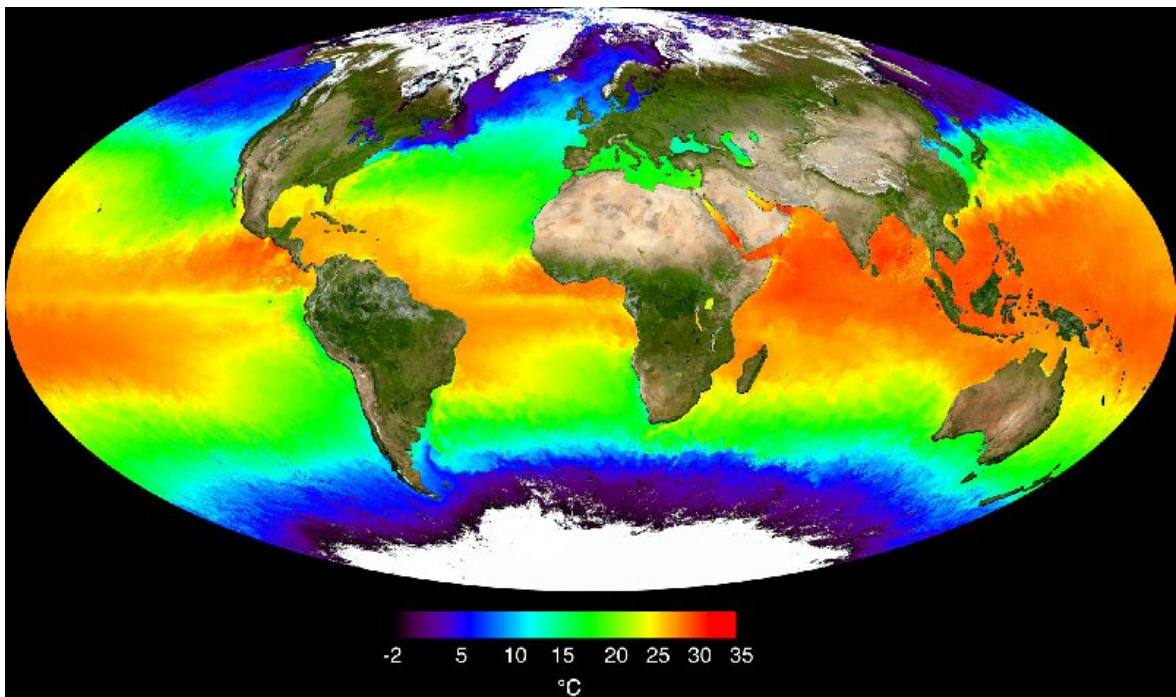
... és 1786-os kiadása.

Az áramlatokat a nap sugárzása tartja működésben. Az egyenlítő környékén felmelegszik a tenger vize, valamint kevésbé lesz sós és ezáltal felemelkedik a felszínre, a sarkvidékeknél pedig lehül és sósabb lesz, és így lesüllyed. Ez a felemelkedés-lesüllyedés páros beindít egy cirkulációt: a meleg víz a felszínen a sarkvidékek felé, a hideg pedig a tengerfenéken az egyenlítő felé kezd áramlani. Az áramlás irányát a kontinensek nagymértékben befolyásolják, s így végül megkapjuk a Föld mai tengeráramlási-rendszerét. Ennek az Atlanti-óceáni része a legismertebb, amelyet Golf-áramlásnak nevezünk.



Áttekintő térkép a tengeráramlatokról

A Föld körül keringő műholdak nagy segítséget nyújthatnak az áramlatok viselkedésének vizsgálatában is. Segítségükkel szemmel tudjuk tartani az óceánok felületének egészét és megfigyelhetjük a tengerfelszín hőmérsékletének változásait, ami döntő fontosságú az áramlatok tanulmányozásánál.

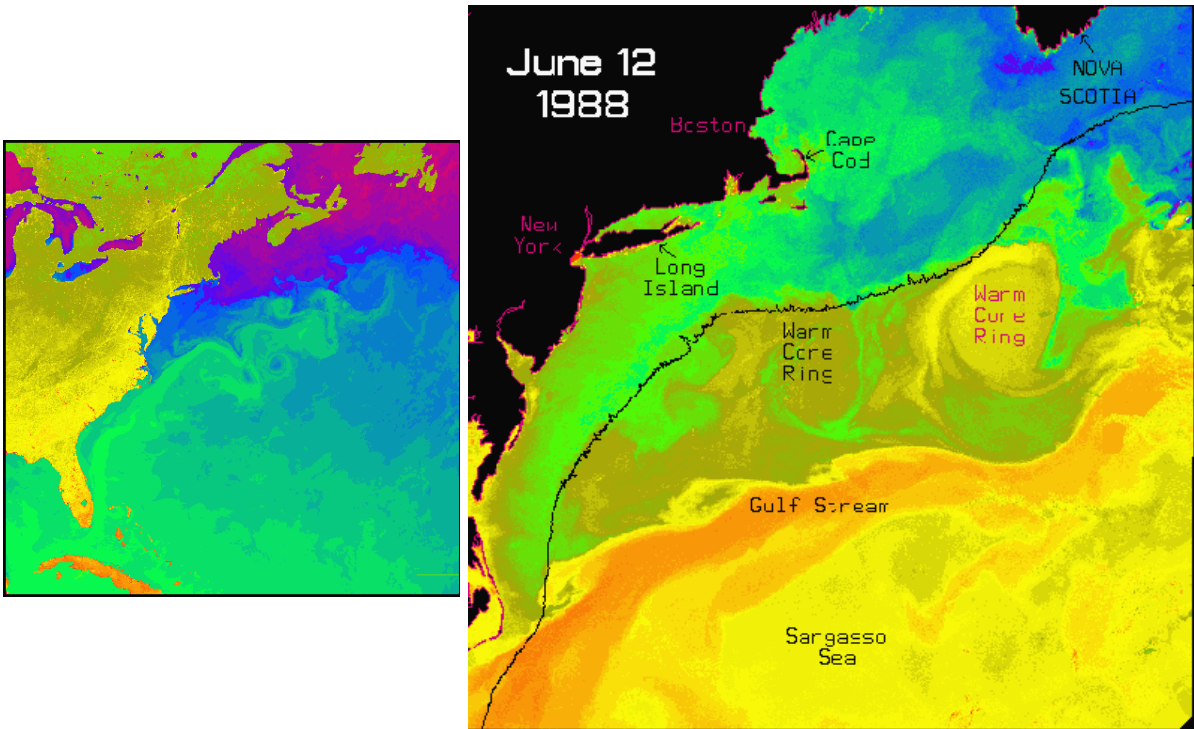


A Föld tengereinek hőmérsékleti térképe

Vizsgáljuk meg jobban az Atlanti-óceán északi részét. Itt látható a Golf-áramlat hatása: azonos szélességen az óceán vize jóval melegebb Európa partjainál, mint Amerikánál. Közelebbről megvizsgálva az áramlatot kanyarokat és gyűrűket vehetünk észre. A műholdas képek segítségével meghatározhatjuk, hogy az áramlat aktuálisan milyen széles, mekkorák a gyűrűk és mennyi kanyar és gyűrű található benne átlagosan.

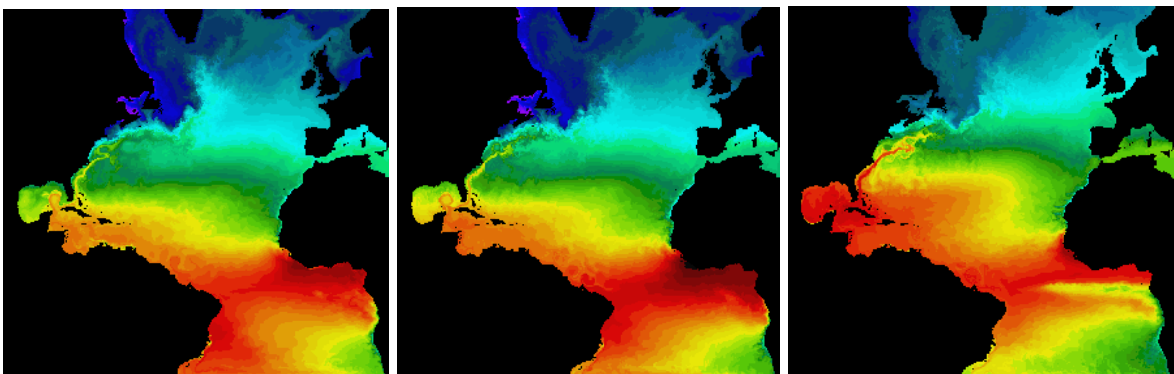


Az oceanográfusok így megfigyelhetik az áramlatot, meghatározhatják egy-egy kanyargás helyét, s így azt a helyszínen is tanulmányozhatják, és mivel hatással van a hajók sebességére, a tengerészeknek is fontos tudni az áramlat pontos helyzetét. Ahogy pedig a levegő érintkezik a meleg tengervízzel, felmelegszik és meghatározza az óceán időjárását. A Golf-áramlat fölött gyakran alakulnak ki ciklonok és anticiklonok (a hideg illetve a meleg vízgyűrűk fölött) amik egy-egy hurrikán magjává válhatnak. Ezért meteorológiai szempontból is fontos az áramlatok pontos megismerése.



Az Észak - Atlanti óceán víz hőmérséklete 1984 júniusában. Kék és lila színnel van jelölve a hideg és zölddel a meleg víz.

A Golf-áramlat és két meleg vízgyűrűje (1988 június 12-én)

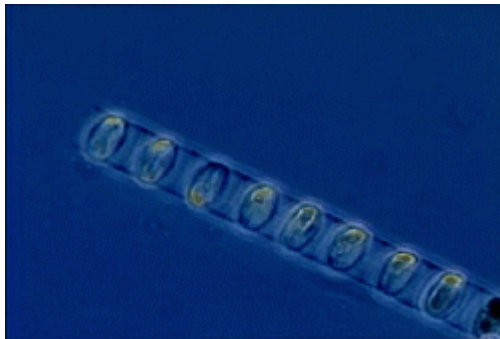


A meleg tengervíz áramlása az Atlanti-óceánon téltől kezdve egy fél éven keresztül. Megfigyelhető, hogy tör át a Golf-áramlat meleg vize az amerikai szigeteknél.

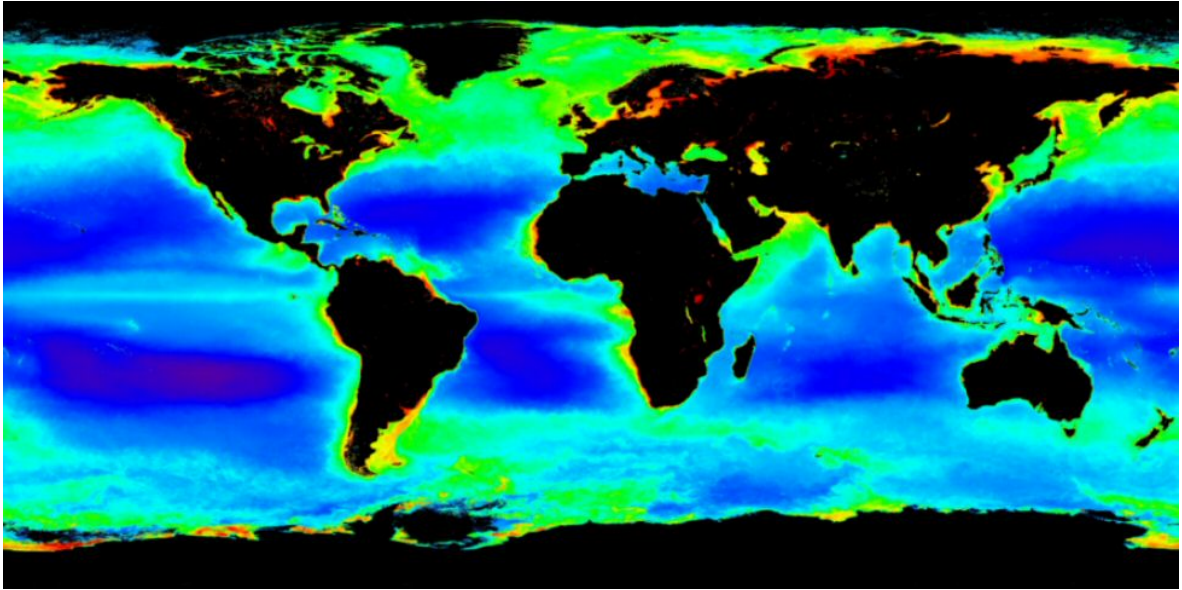
A kutatók nagy része szerint az ember hamarosan leállítja ezt a hatalmas áramlást. A kibocsátott szén-dioxid üvegházhatásának következtében fellépő globális felmelegedés ugyanis megolvasztja a sarkvidék jéghegyeit és így csökkenti az Atlanti-óceán északi részének sótartalmát. Ennek eredményeképpen a víz kevésbé lesz sűrű, nem süllyed le a tengerfenékre és így leállhat a teljes Golf-áramlat. Ez pedig Európában, amelyet épp ez az áramlat fűt, erőteljes lehűléshez vezetne. Így, míg a világ többi része felmelegedne, Európára, paradox módon, egy mini-jégkorszak köszöntene. Ennek megakadályozásának legfőbb módja a világ szén-dioxid kibocsátásának korlátozása lenne.

### 5.2.2. Vízben lévő szerves anyag kimutatása (növényzet, alga, klorofill)

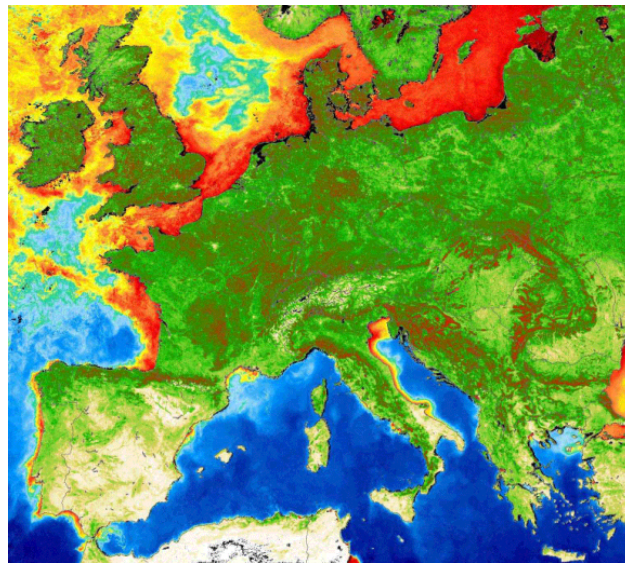
A vízi élővilág nagy részének nincsenek uszonyai. Az ilyen egysejtű organizmusokat, amelyek számban messze felülmúlják az összes többi tengeri élőlényt, fitoplanktonoknak nevezzük. A világ tengereiben több milliárdnyi fitoplankton él és együttesen hatalmas mennyiségű szén-dioxidot kötnek meg, alakítanak át élő anyaggá. Ezáltal hatalmas részük van a Föld oxigénháztartásának egyensúlyban tartásában és klimatikus viszonyainak megőrzésében.



Mikroszkóppal készült kép egy, a fitoplanktonokat alkotó algáról. Jóllehet, ezeket a kis élőlényeket szabad szemmel nem lehet látni, az együttes megjelenésük az úrból jól megfigyelhető. A Föld felett keringő műholdak érzékelni tudják az óceánról visszaverődő infravörös fény mennyiségének csökkenését. Ez a csökkenés a planktonok klorofiltartalma miatt lép fel. Ilyen mérések végzésére nagyszerűen alkalmas a NASA Terra és Aqua műholdjainak MODIS nevű műszere.



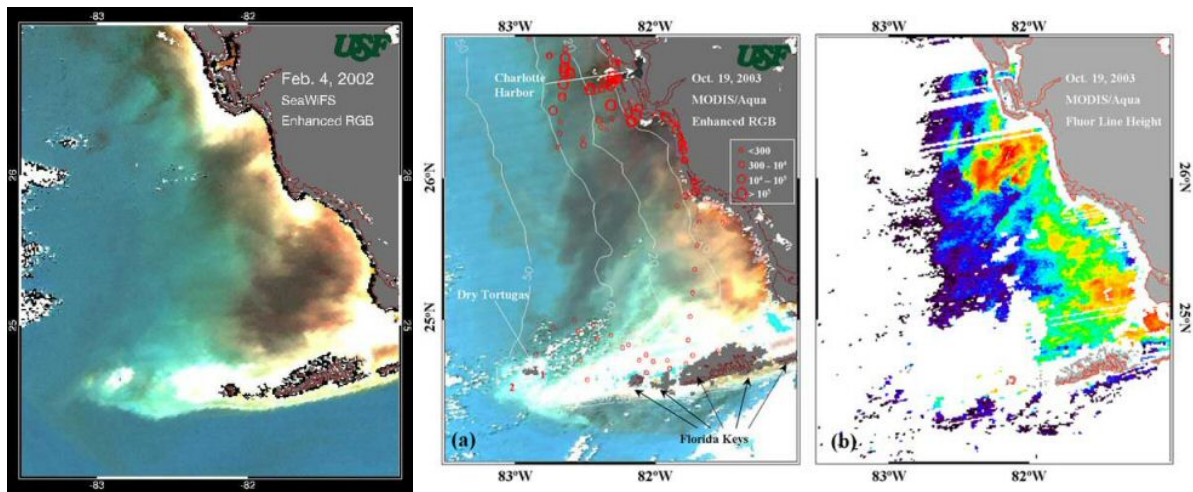
Az AQUA felvétele a Föld tengereinek klorofill koncentrációjáról a 2002. július 1. és 2004. december 31. közötti időszakban.



Európai klorofill-koncentráció (az Envisat felvétele)

A fitoplanktonok alkotják a tengeri tápláléklánc legalsó szintjét, rengeteg másik tengeri élőlény belőlük táplálkozik. De túlzott elszaporodásuk ártalmas is lehet. Főleg az USA Floridai partjainál szokott problémákat okozni az úgynevezett feketevíz (black water) jelenség. A fitoplanktonokat alkotó algáknak eszményi körülményeket teremtenek a szárazföldről a tengerbe mosódó szerves anyagok, főleg a nitrogén és foszfor, melyek nagy része a műtrágyákból származik. Ezek így a táplálékhiány következtében olyan mértékben elszaporodnak, hogy a tenger szinte feketévé válik. Ez a hatalmas algakoncentráció károsan hat a korallokra, és az elpusztult növényi maradványok bomlása miatt jelentősen

csökken a víz oxigéntartalma, ami halpusztuláshoz vezethet. Műholdak segítségével azonban nyomon lehet követni a fitoplankton-koncentráció változását és így figyelmeztetni lehet a halászokat és a fürdőzőket.



Az Aqua felvételei

A floridai jelenséghez hasonló lehetett megfigyelni a Balatonon is néhány évtizeddel ezelőtt. A vízgyűjtő területekről érkező hatalmas mennyiségű foszfor 1964-ben az egész Keszthelyi-öbölben vízvirágzást idézett elő. Ekkor a kékbaktériumok elszaporodása még a víz színét is kékre változtatja. A baktériumok mérgező anyagokat választanak ki, ami bőrbántalmakat és tömeges halpusztulást okozhat. Napjainkban a vízminőség jelentősen jobb, ami főleg a műtrágyák korlátozottabb használatának, a Kis-Balaton tevékenységének és a csatornázottság növelésének köszönhető.

### 5.3. A légkör vizsgálata

#### 5.3.1. A légkör összetevőinek elemzése

A légkör szennyezése egyidős az ember megjelenésével. Amióta valamelyik ősrünk megszelídítette a tüzet, azóta az emberiség folyamatosan juttatja az égéstermékeket a levegőbe. Ezt természetesen kezdetben csekély mértékű volt, ám az emberek számának növekedésével és a technika fejlődésével egyre jelentősebbé vált. Angliában például a légszennyezés már közel 800 éves kérdés. Amikor Eleanor királynő 1257-ben meglátogatta a nottinghami kastélyt, a kellemetlen szagú, szén-füsttel teli levegő miatt inkább átköltözött a Tutbury kastélyba. John Evelyn 1684 januárjában a következőket írta:

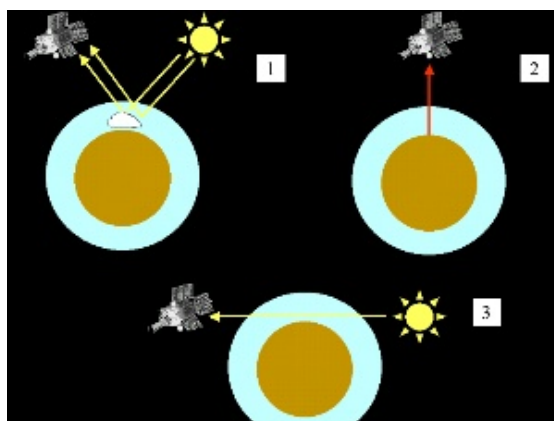
*"Londonban a hideg levegő megakadályozza, hogy a füst felszálljon, ezért a kormos füst úgy beborítja a várost, hogy alig lehet átlátni az utca túloldalára. A füst az emberek tüdejét durva szén-szemcsékkel tölti meg, ez gátolja a tüdő működését, ezért mindenki nehezen lélegzik."*

A szennyezés mértéke az ipari forradalom idején jelentősen megugrott. Az 1700-as évektől kezdve Nagy-Britanniában egyre nagyobb mennyiségű kőszén használtak fel, égettek el, ami az ipari térségekben és a nagyobb városokban szmogot okozott. Kémények alkalmazásával is csak lokálisan lehet megoldani a problémát, a szennyezést távolabbra juttatni. Így lehetséges, hogy savas esők pusztítanak Skandináviában, jóllehet ott nincsenek erősen szennyező gyárak. Viszont az Angliában létrejött szennyezőanyagok egészen odáig eljutnak és ott okoznak károkat.

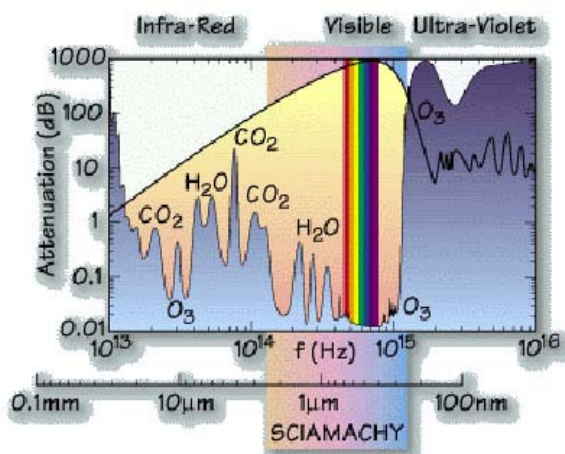


Légszennyezés Észak-Olaszországban. Megfigyelhető a vízszennyezés mértéke is. (A Terra 2005.03.17-ei felvétele, 250 méteres felbontásban. )

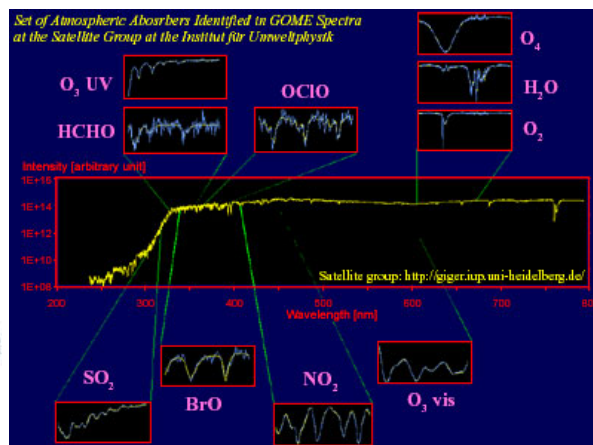
A légkör szennyezettségének egy-egy területen való mérését jól kiegészítik a műholdas űrfelvételek, amik segítségével képet alkothatunk azok eloszlásáról is. A légkör összetevőinek meghatározása a légkörön átjutó, illetve visszaverődő sugárzás mérésén alapszik. A műholdak mérhetik a napfényt, ami szétszóródik a lebegő molekuláin, vagy a felhőkön (1). Infravörös spektrométerrel mérni lehet a hosszú hullámhosszú, közvetlen a földfelszínről érkező sugárzást (2). Bizonyos napállásokban a Nap a légkörön érintőlegesen átsugároz, és így a sugárzás közvetlenül a műhold érzékelőjébe érkezik (3). A szögtől függően az ilyen módon áthaladó sugárzás révén a légkör különböző részeiről különböző magasságokban lehet információkat szerezni.



A műholdas mérések különböző módjai.  
vázlat: Elmar Uherek



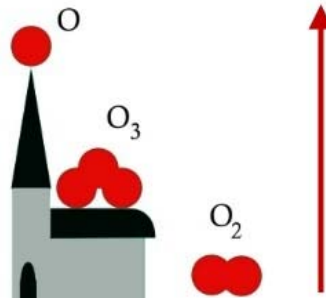
A gázok sugárzásának spektruma.



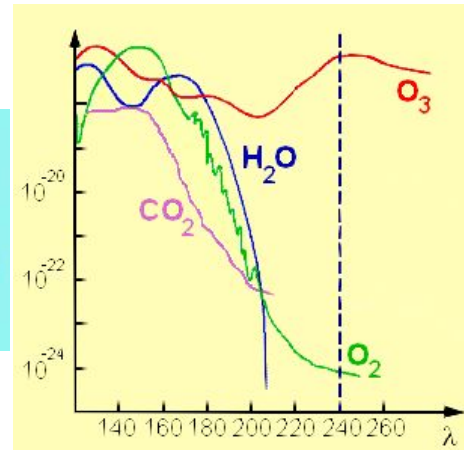
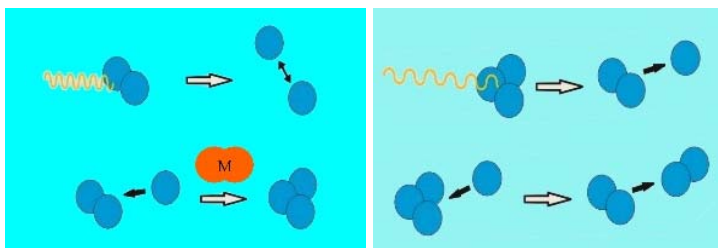
A különböző gázok által elnyelt sugárzási tartomány.

### Az ózonkoncentráció alakulása

Az ózon az oxigén háromatomos formája, amikor három oxigénatom kapcsolódik egymáshoz. A kétatomos állapothoz képest kevésbé stabil és reaktívabb, más szóval agresszív gáz. Szerepe ellentmondásos. Míg talajközelen nem kívánatos, káros, addig a magas légkörben kifejezetten hasznos. Ott, a sztratoszférában ugyanis elnyelik a nagy energiájú UV sugárzást, megakadályozva ezzel annak lejutását a Föld felszínére. A sugárzás felbontja az oxigén molekulában a két oxigén atom közötti O-O kötést. Az O atom reakcióba lép egy másik, molekuláris oxigénnel (és egy harmadik M molekulával) és ózont hoz létre. Ezt nevezzük ózon fotoszintézisnek. Hasonló módon, fotólízis révén az ózon szétbomlik, ha az ózon molekula O-O kötését felbontja a napfény. Ebben az esetben az oxigén atom másik ózon molekulával lép reakcióba, és két oxigén molekulát hoz létre.



Az oxigén három formája és stabilitása. A nyíl a növekvő reakcióképeséget mutatja.



Ózon fotoszintézis - a napfény felbontja az oxigén molekulákat, ami ózon kialakulásához vezet

Ózon fotolízis - bomlás napfény hatására

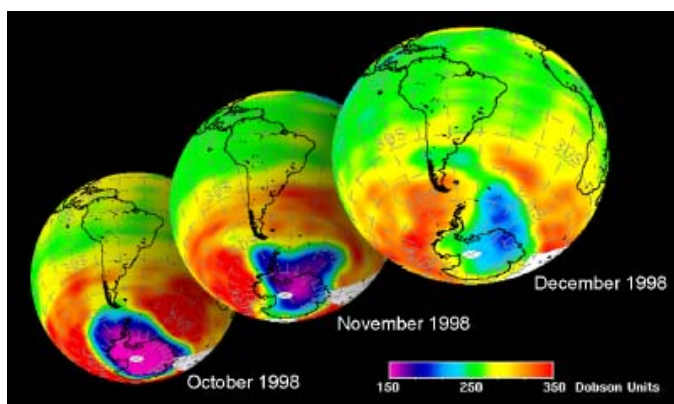
Az ózon abszorpciója összehasonlítva más légköri összetevők abszorpciójával a napsugárzás UV tartományában. (forrás: átvéve: Chemie Didaktik Duisburgi Egyetemtől)

Ezzel szemben a felszín közelében az ózon egy reagens és ingerlő hatású gáz, ami károsítja az élő szöveteket. A sejtekben található molekulák kettős kötéseit oxidálja el. Ez főleg az élőlények tüdejében mutatkozik meg, hiszen a légcsere során a tüdő nagy felülete érintkezhet ózondús levegővel. Az ózommérgezés következménye tüdőgyulladás, a tüdőkapacitás csökkenése, gyenge légzés. Ezért soha nem szabad sportolni, vagy kemény munkát végezni, ha az ózonszint magas.

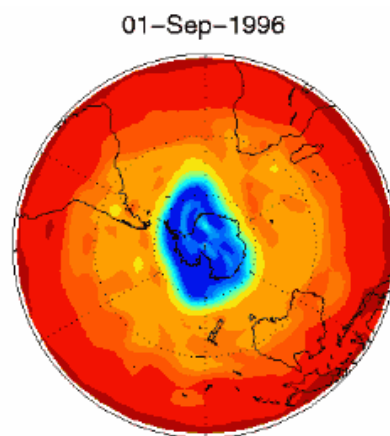


Tartós kár, tipikus példa az ózon levelekre való negatív hatására. Itt: Madárcseresznye *Prunus serotina* (őszi cseresznye) 0%, 4,4%, 7,8%, 12,3% és 24,5% károsodott.  
Forrás: Innes, Skelly, Schaub - Ozon, Laubholz- und Krautpflanzen, ISBN 3-258-06384-2, Copyright by Haupt Verlag AG / Switzerland

A 70-es években a Brit Antarktisi Vizsgáló Állomás kutatói már észlelték a felettük elterülő ózonpajzs vékonyodását. Állítólag, a mérések 1985-ben olyan alacsony értéket mutattak, hogy a tudósok nem hittek a műszereknek, és nem publikálták a drámai fejleményt, mielőtt az újrakalibrált eszközök ezt meg nem erősítették. Ekkor intenzív kutatás kezdődött az előidéző okok után és rájöttek, hogy az ózonlyukat a halogénezett szénhidrogének (CFC-k) okozzák, melyeket széles körben alkalmaztak hűtőközegként, oldószerként és aeroszol hatóanyagként. Ezek a gázok napsugárzás hatására felbomlanak, két szabad klorid gyököt létrehozva. Az így keletkezett gyökök azután katalizátorszerepet vállalnak az ózon elbontásában, miközben ők folyamatosan újratermelődnek. Ennek a reakciónak fontos feltétele, hogy csak alacsony (-80 °C) hőmérséklet és viszonylag erős sugárzás szükséges hozzá. Az Antarktisz fölött, ahol ez a jelenség a leginkább megfigyelhető, a tavaszi időszak (szeptember és október) alkalmas a kialakulására. A napsugarak ekkor már megvilágítják az Antarktist, elindítva az ózonbontó láncreakciót, amely egészen addig tart, amíg a jégben jelenlévő egyéb reagensek fel nem olvadnak és a klorid gyököket el nem távolítják.



Az ózonlyuk fejlődése az antarktisi tavaszon 1998-ban.  
adatok: GOME



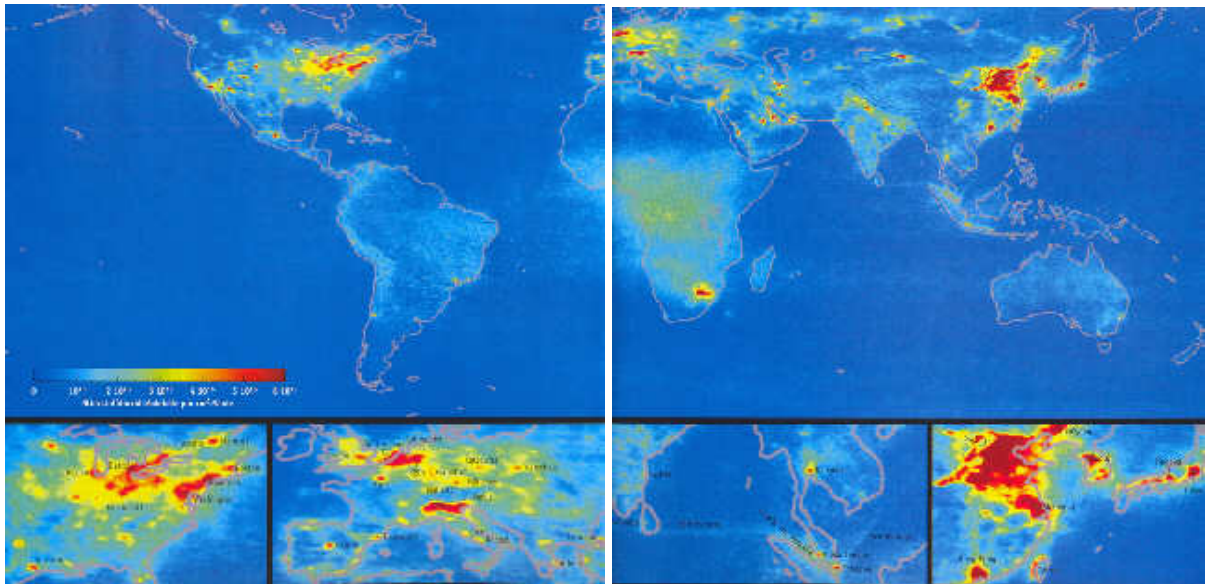
Az ózonlyuk a poláris örvényben az Antarktisz fölött, 1996 szeptember/október.  
átvéve: UKMO adataiból, publikálta: Brown University

### A nitrogén-oxidok koncentrációja

A légkörben található nitrogén igen stabil, nem könnyű reakcióba vinni. Ehhez speciális körülmények kellene, mint például néhány baktérium képes felbontani a kötéseit, vagy,

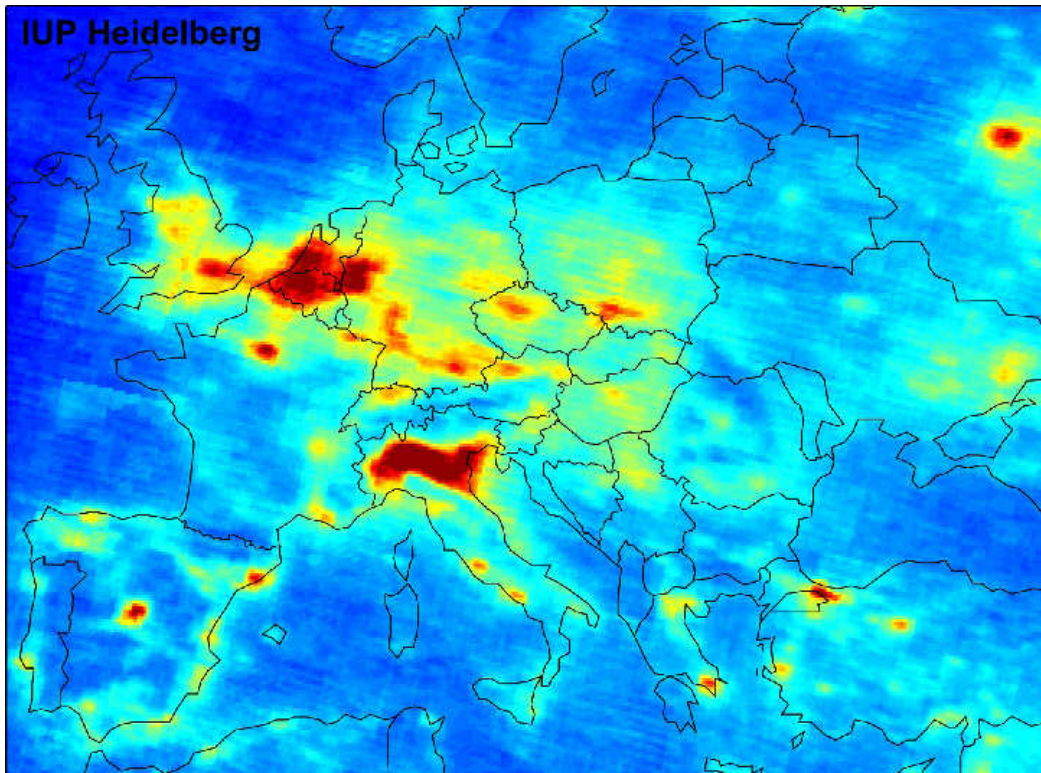


ami lényegesebb, a hármas kötés hő hatására is felszakad. Ilyen magas hőmérséklet villámláskor keletkezhet, esetleg az égő biomassza legmelegebb lángjaiban, valamint például az autók motorjában. Jelentős még az ipar által okozott szennyezés is. A nitrogén-oxid (NO) és nitrogén-dioxid (NO<sub>2</sub>) azután nitrát gyökké (NO<sub>3</sub>) alakulnak, ami pedig a levegő nedvességtartalmával reakcióba lépve salétromsavvá (HNO<sub>3</sub>) alakul. Hasonlóan, a légkörbe került ammónia (NH<sub>3</sub>) is könnyen át tud alakulni salétromsavvá. Ez pedig a savas esők egyik fő alkotórésze. A savas eső megváltoztatják a talaj és a felszíni vizek kémhatását, azáltal kipusztulnak a halak a túl savassá váló vízben, elpusztítják a fákat, valamint rongálják a szobrokat és az épületeket. A savas eső és a savas hó (amely még károsabb lehet, mivel a teljes télen hullott savas csapadék rövid idő alatt olvad el, ráadásul épp tavasszal, amikor a növényzet kezd újjáéledni, és így érzékenyebb) főleg az iparosodott országok problémája.

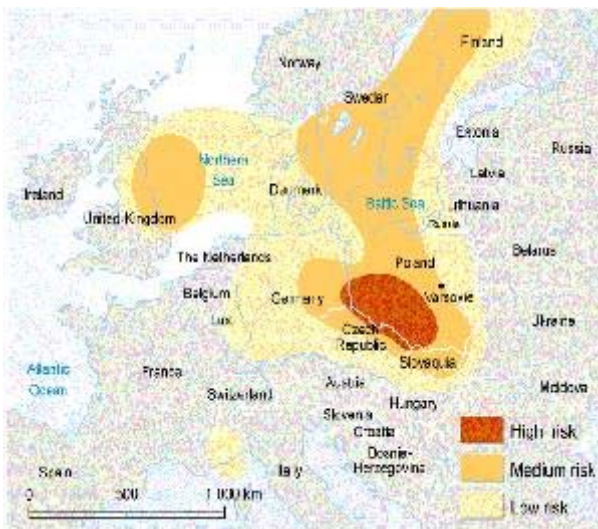


Amerika és Európa nitrogén-dioxid kibocsátása.

Ázsia és Afrika nitrogén-dioxid kibocsátása.



Európa nitrogén-dioxid kibocsátási térképe (1,9 MB)  
Envisat felvételek



1993-ban a savas eső kockázata Európában.  
(Vörös szín a nagy, okker a közepes és  
citromsárga az alacsony kockázat.)  
forrás: UNEP GRID-Arendal

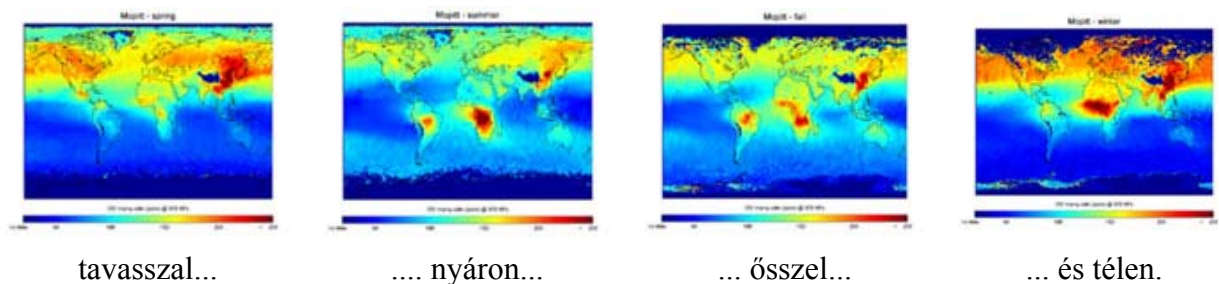


Elhalt erdő a nyugat karkonoszei területen  
(Szudéták)

### A levegő szén-monoxid, a metán és aeroszol koncentrációjának megfigyelése

Az emberiség technológiai fejlődése és mezőgazdasági tevékenysége világszerte egyre növekvő mértékű szennyezőanyag kibocsátást eredményez. Egyes szennyezőanyagok, mint például a lebegő aeroszolok az ember egészségét veszélyeztetik,

míg például a szén-monoxidnak, az egészségkárosító hatásán túl, nagy szerepe van az üvegházhatás befolyásolásában. A lebegő hidrogén-oxid gyököket (OH) tartalmaz, melyek az üvegházhatást okozó gázokkal reagálva csökkentik azok számát (például a metán mennyisége csökkenne ily módon) A metán üvegházhatása 21-szer nagyobb, mint a szén-dioxidé. A szén-monoxid azonban reakcióba lépve a levegőben található szabad OH gyökökkel, szén-dioxiddá alakul, s ezáltal felhasználja azokat. Így kevesebb OH gyök jut az üvegházgázok lebontására. Ezen anyagok koncentráció-változásának szemmel tartása tehát nagy jelentőségű.



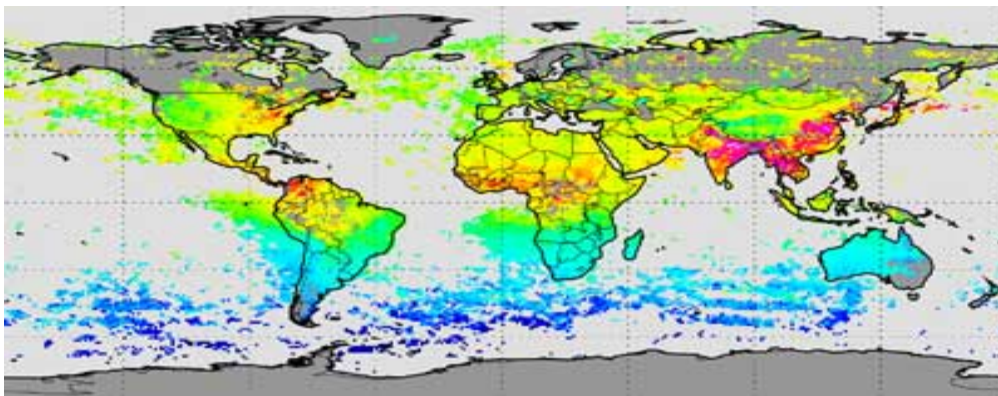
tavasszal...

.... nyáron...

... ősszel...

... és télen.

A Terra felvételei a Föld légkörének CO koncentrációjáról 2000 és 2004 között



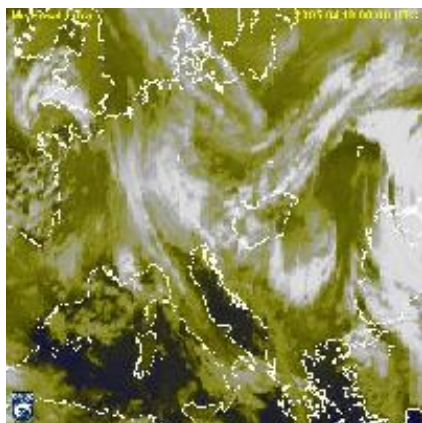
A Terra felvétele a levegőben szálló finom részecskékről és a CO koncentrációról 2003 májusában. A Csendes-óceán feletti nagy szén-aeroszol koncentráció okai a Szibériai erdőtüzek voltak.

### 5.3.2. Meteorológiai előrejelzés

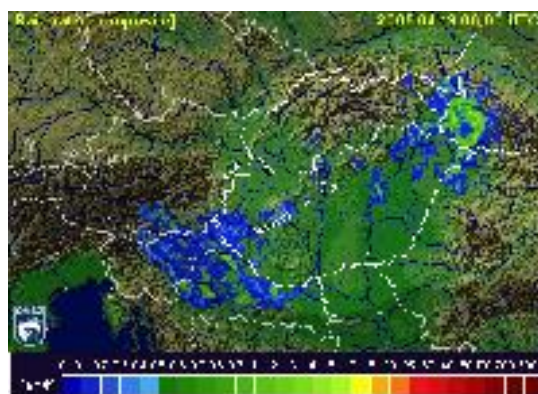
Az időjárás előrejelzésének a jelentősége az mezőgazdasági termelés és az állattenyésztés kialakulásával nőtt meg. A földművesek, a pásztorok, valamint a halászok képesek voltak előre jelezni a másnap várható időjárást, úgy, hogy összefüggéseket találtak a természeti jelenségek között. Ilyen népi megfigyelés például, hogy ha Medárd napján (június 8.) esik, akkor még negyven napon keresztül esni fog. Ez az esetek mintegy 70%-ában helyesnek bizonyul.

A technika fejlődésével megnőtt az igény a pontosabb, tudományosan megalapozott időjárás-előrejelzésre. Rendszeres meteorológiai észlelést a történelmi Magyarország területén 1753-tól regisztráltak: A Nagyszombati Érseki Egyetemen Weiss Ferenc készített időjárás feljegyzéseket. 1863-ban már 40 meteorológiai állomást tartottak nyilván. A fejlődés a huszadik században felgyorsult, nem kis mértékben a technika fejlődésének következtében. A földi mérőállomások által közvetített adatok gyakran nem voltak elégségesek az időjárás gyors előrejelzéséhez, szükségessé vált a felső légkör vizsgálata is. Erre a feladatra a meteorológiai ballonok, majd pedig a műholdképek váltak igazán alkalmassá.

A műholdak érzékelik a felhőborítottságot, a levegő páratartalmát, a légmozgásokat, valamint a felszíni hőmérsékletet. Az így nyert adatok az épp aktuális állapotát jellemzik a Földnek, melyeket azonban fel lehet használni az időjárás előrejelzéséhez is. Így nyomon lehet követni a kialakult légköri képződmények, hurrikánok, ciklonok, anticiklonok mozgását, vagy meg lehet becsülni kialakulásuk valószínűségét. Az előrejelzések mindenki számára elérhetőek és a pontosságuk pár napos időtartamra kielégítő.



2005. április 19-én infravörös kép Magyarországról. (Meteosat felvétel)



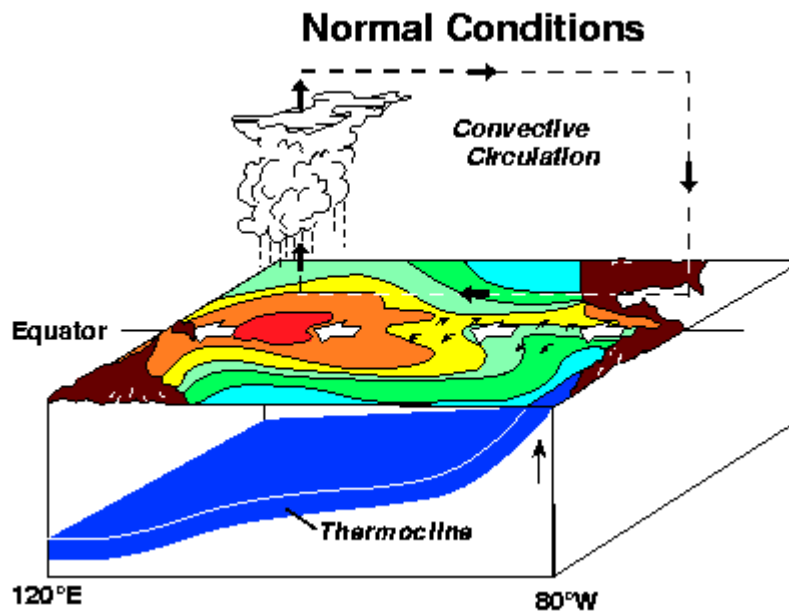
Ugyanaznap reggel hat órakor készült radarfelvétel a lehullott csapadék mennyiségéről. (földi radarállomások felvételeinek összegzése)

### Az El Niño és az La Niña

Az utóbbi években sokat lehetett hallani az El Niño-ról és hatásairól. Bár ezt a jelenséget már évszázadok óta ismerték, a XX. század közepéig csak nagyon keveset tudtak róla. Ez a jelenség főleg a Csendes-óceán térségében okoz jelentős változásokat, bár hatásai gyakran világméretben is érzékelhetőek. Az 1997-98-as El Niño például 34 millió US dollár kárt, és 24 ezer ember halálát okozta a hozzá kapcsolódó áradásokkal,

aszályokkal és erdőtüzekkel.

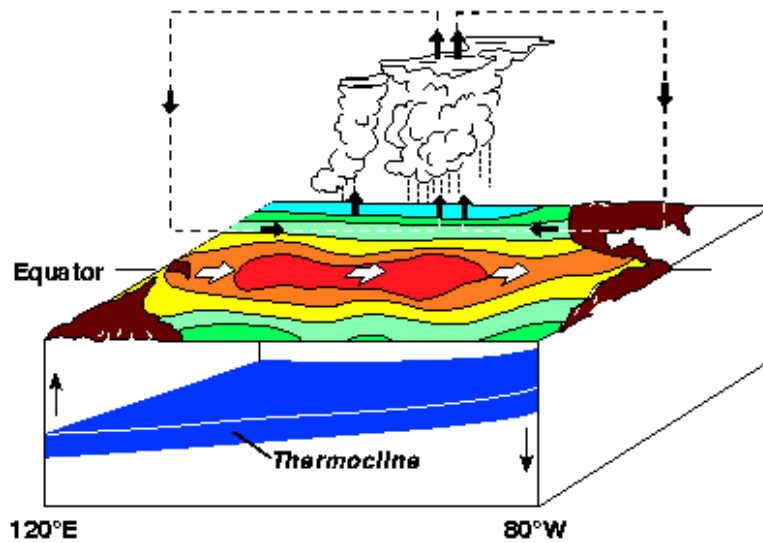
De mi is ez a jelenség tulajdonképpen? A szó jelentése fiúgyermek, amelyet azért kapott, mert mindig karácsony tájékán jelenik meg a Dél-Amerikai partoknál. Alapesetben a szél ezen a területen nyugat felé fúj, s ezáltal a tengerszint magassága mintegy fél méterrel magasabb Indonéziánál, mint Ecuadornál. Emiatt a magasságkülönbség miatt a keleti részen a mélyebb szintekről hideg víz áramlik fel. Ez a tápanyagban gazdag víz nagyon fontos a halászat és az éghajlat szempontjából.



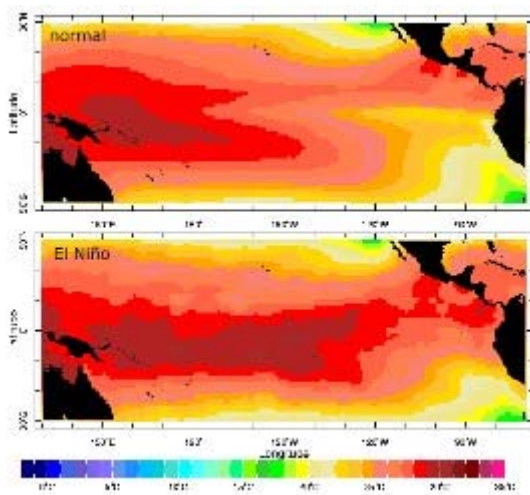
A Csendes-óceán normális viszonyok között

El Niño-s években azonban a gyenge szelek miatt a meleg víz elfoglalja a Csendes-óceán teljes trópusi területét. Így, a feláramló hidegebb víz hiányában, radikálisan csökken a halállomány és a légkör instabillá válik, nagy változásokat okozva a Föld nagy térségeinek időjárásában. Ilyen El Niño-s időszakok, átlagosan 2-7 évente fordulnak elő.

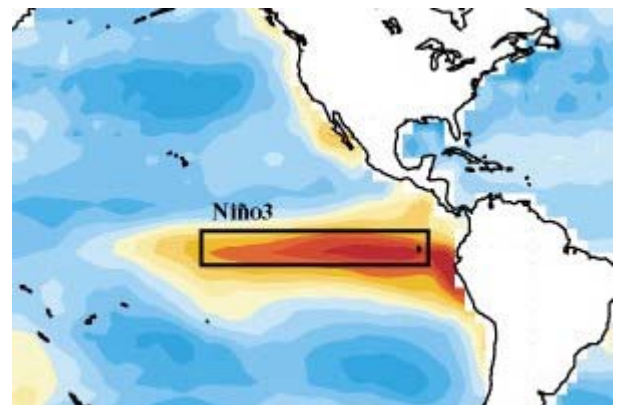
## El Niño Conditions



A Csendes-óceán El Niño időszakban.

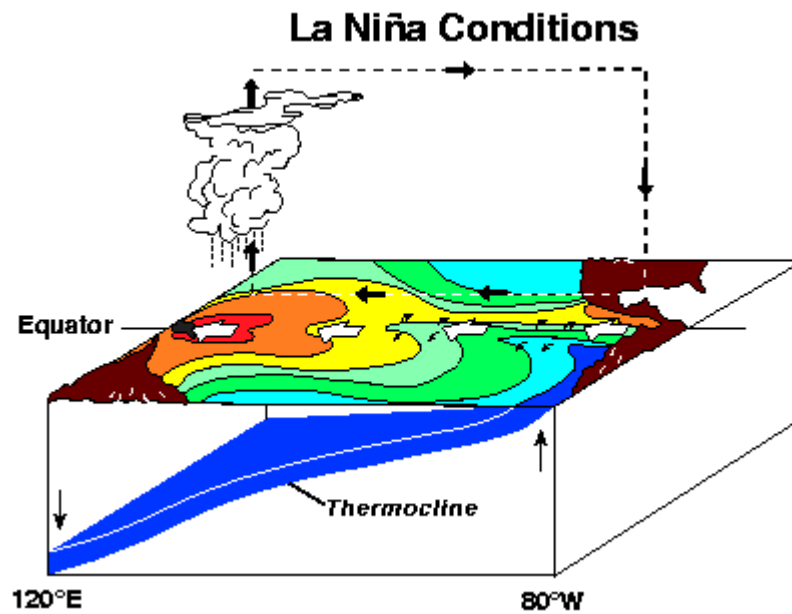


A tengerfelszín hőmérséklete normál esetben és El Niño idején, 1982-ben.  
Forrás: Columbiái Egyetem



A tengerfelszín hőmérséklete az 1997-98-as El Niño telén.

A La Niña ezzel szemben sokkal szelídebb jelenség. Neve leánygyermeket jelent és a Csendes-óceán trópusi területeinek középső és keleti részén előforduló, a normálisnál hidegebb tengerfelszín hozza magával. Ekkor a keleti szelek megerősödnek és a hidegebb tengervíz feláramlása intenzívebbé válik. Ezáltal pozitív hatással van a halászatra és nagyon stabillá teszi a légkört. Éppen ezért később is vált ismertté, mint testvére, az El Niño.



A Csendes-óceán La Niña időszakban.

### 5.3.3. Hurrikán-megfigyelés

A hurrikánok a természet egyik olyan jelenségei, melyeket csak műholdakkal lehet teljesen megfigyelni. A földön bevárni és vizsgálni egy hurrikánt öngyilkos vállalkozássá válhat, míg az űrben nem leselkedik ránk veszély. Így meg tudjuk jósolni, hogy melyek a veszélyeztetett területek és hogy nagyjából milyen erős lesz az ereje. A legújabb műszerek pedig a hurrikánok kialakulásáról is információval tudnak szolgálni.



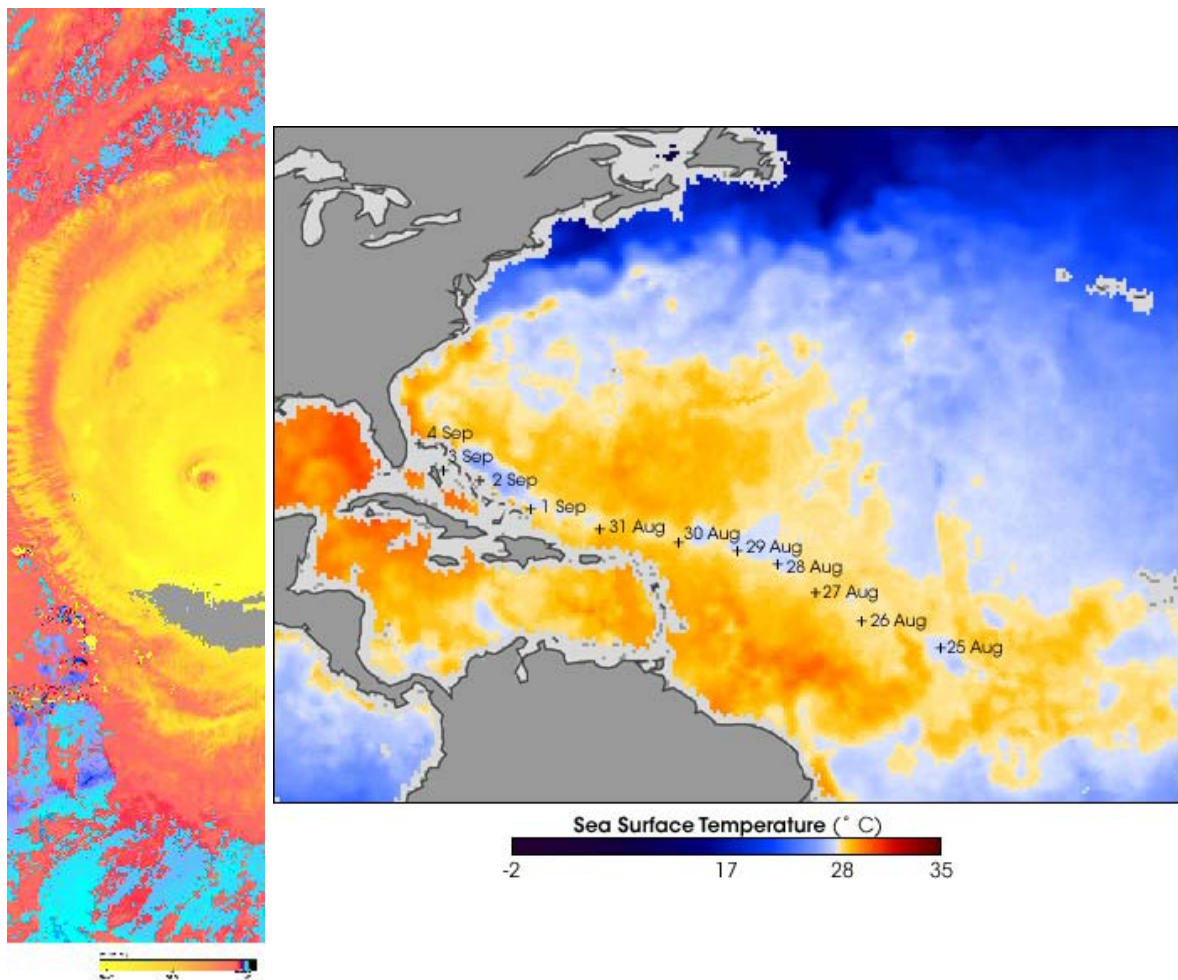
Az Andrew-hurrikán 1992. augusztus 23-án, 24-én és 25-én.



Az Iván-hurrikán 2004.09.15-én

Az Atlanti-óceán egy meteorológiai "boszorkánykonyhává" válik minden évben júniustól novemberig, ahol egy hurrikán minden fontos alkotóeleme megtalálható. A leginkább hurrikánveszélyes időszak augusztus végétől szeptember közepéig tart. Ekkor a legnagyobb az esély, hogy egy trópusi ciklon hurrikánná nő.

Az első fontos feltétel, hogy a tenger felszíne legalább 26°C-os legyen és így megfelelő mennyiségű hőenergiát tudjon átadni a ciklonnak. Fontos, hogy ne csak a felszín legyen meleg, mivel a ciklon felkeveri az óceán vizét. Ha azonban például egy melegáramlat is megtalálható ott, akkor az megfelelően tudja táplálni a ciklont. Ilyen nagy tömegű melegvizek akár a tengerfelszín 30 cm-es emelkedését is okozhatják. Ezt az eltérést pedig észlelni lehet műholdakkal és így megállapítható, mely területek rendelkeznek elegendő hőenergiával.



Az óceánfelszín és a felhőzet hőmérséklete a Frances-hurrikán alatt

A tenger felszínének magasság-eltéréséből meghatározott hőtartaléka



Fontos tényezők továbbá az óceán felett forgó, köröző szelek, valamint a levegő hőmérséklete és páratartalma, melyek tovább erősíthetik a kialakuló hurrikánt. Végül fontos információval szolgálhat a fiatal képződmény esőintenzitása, vagyis hogy adott idő alatt mennyi csapadék hullik a ciklon belsejében. Így már korán meg lehet jósolni a kialakuló hurrikán viselkedését.

A Frances-hurrikán 2004. szeptember 8-án végigsepert a floridai Kennedy Űrközponton. Szerencsére már előre jelezték az érkezését, és meg tudták becsülni a várható erejét, így volt idő felkészülni rá. Komoly kárt csak egy épületben, a hatalmas szerelőcsarnokban (Vehicle Assembly Building-VAB) okozott, amely az űrrepülőgéprendszer függőleges állapotban végzett előkészítésének helyszíne. A sérülékeny alkatrészeket már napokkal korábban biztonságba helyezték, vagy becsomagolták.

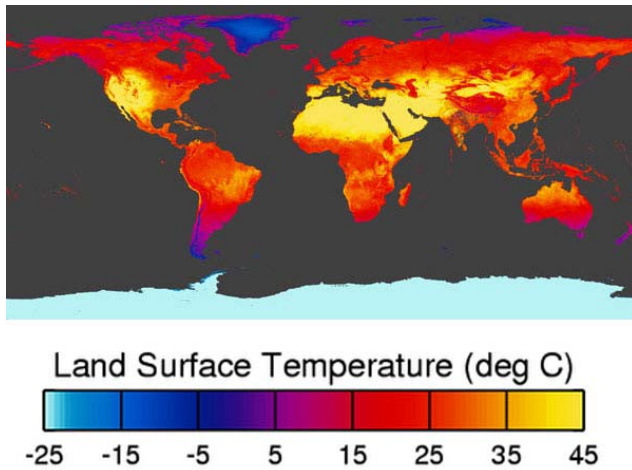
## **5.4. A Föld egészének vizsgálata**

### **5.4.1. A hőmérséklet-eloszlás megfigyelése**

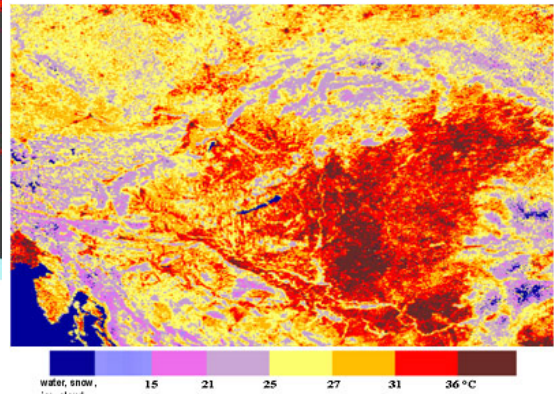
A Föld felszínének a hőmérséklete nem állandó, időben és területileg egyaránt változik. Változik az évszakok és a napszakok váltakozásával, de még az emberi tevékenység is hatással van rá. A hőmérsékletnek és annak változásainak a nyomonkövetése két módon lehetséges. A klasszikus megoldás, hogy hőmérőket helyezünk ki és jegyezzük fel a hőmérséklet ingadozásait. A hőmérők minden meteorológiai mérőházikó felszereléséhez hozzátartoznak, s ezeket a házikókat szerte az országban látni lehet. Ezek azonban csak a felszín feletti másfél-két méteres magasságban lévő levegő hőmérsékletét mérik.

A másik mérési lehetőség a műholdas hőmérséklet mérés. Ekkor a felszín infravörös hősugarait érzékelik a műholdak műszerei, s így készítik el egy terület hőtérképét. Ezek az adatok közvetlenül a talajfelszínre vonatkoznak s így jól kiegészítik a földi állomások értékeit.

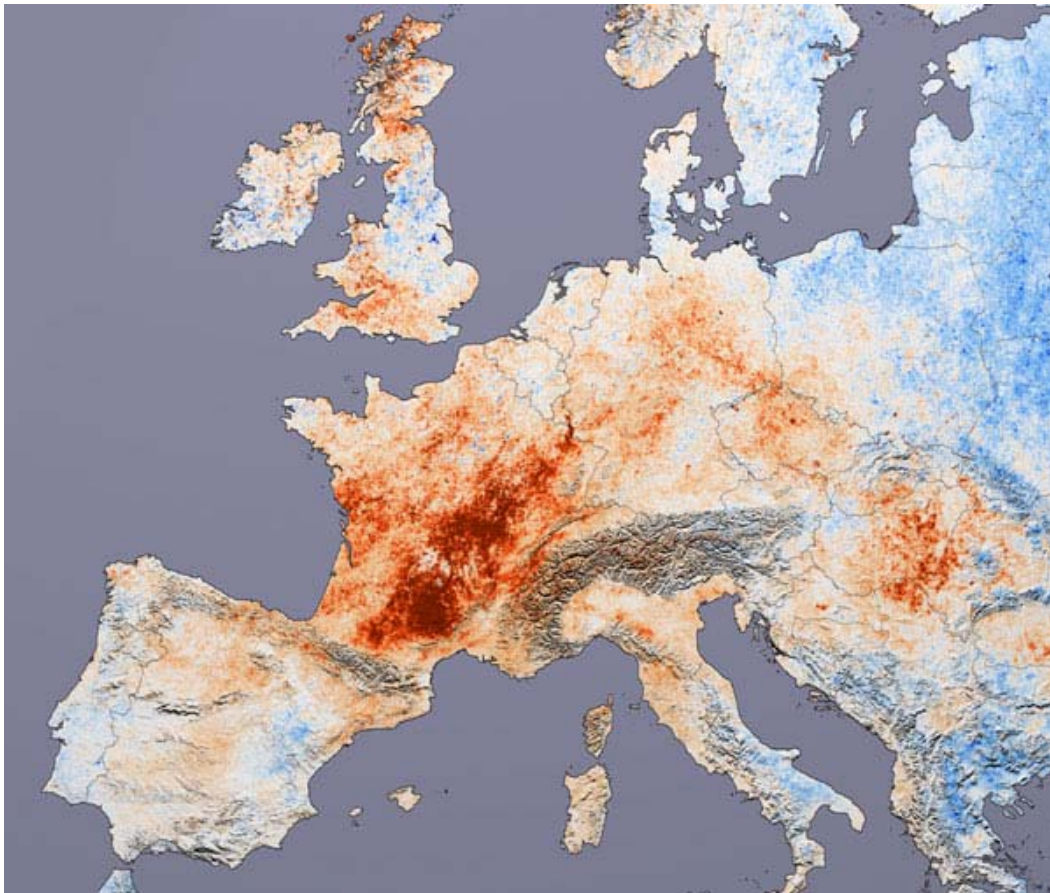
A felszín hőmérsékletének megfigyelésével információkat szerezhetünk az időjárás változásáról, a globális felmelegedés folyamatáról és a városok hatásáról a környezetükre.



2003 júliusi felszíni hőmérsékleti térkép.



Magyarország felszíni hőmérsékleti térképe 1996 júniusában. (NOAA/AVHRR felvétel)



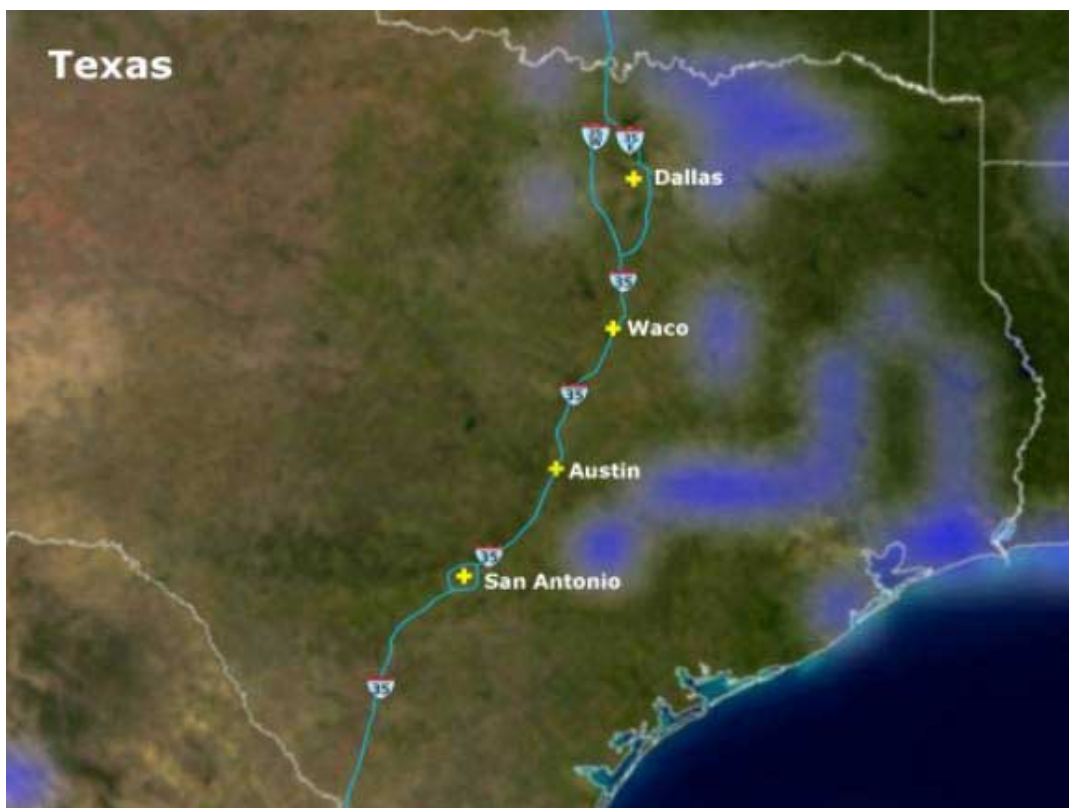
A 2001 és 2003 júliusi nappali felszíni hőmérséklet összehasonlítása. A piros terület Franciaország déli és keleti részén azt mutatja, hogy ott 10°C-kal melegebb volt 2003-ban, mint 2001-ben. A fehér részeken ugyanakkora volt a hőmérséklet, míg a kékkel jelzett területeken hidegebb volt

A NASA kutatói a TRMM műhold adatait vizsgálva arra figyeltek fel, hogy a nagyvárosok szél alatti oldalán, 30 - 60 kilométeres távolságban, átlagosan 28 %-kal több eső esik nyáron, mint a szél felőli részeken. Ennek az lehet a magyarázata, hogy a városok

felett hősziget alakul ki, ahol felfelé irányuló légáramlat uralkodik. A gyorsan felemelkedő levegő viszont elősegítheti a zivatarfelhők kialakulását, amelyeket az uralkodó széljárás kisöpör a környező területekre. Így azokon a helyeken több csapadék esik, mint egyébként esne.



A Landsat felvétele Szegedről és környékéről. A hőmérséklet kézzel van jelezve, ahol élénkebb, ott magasabb a hőmérséklet. Láthatóan jól kirajzolódnak Szeged utcái.



A nagyobb városok által okozott csapadéktöbblet (kézzel jelölve) elhelyezkedését szemléltető ábra. A szél délnek és keletnek szállította az esőfelhőket. (A TRMM radarmérései alapján.)

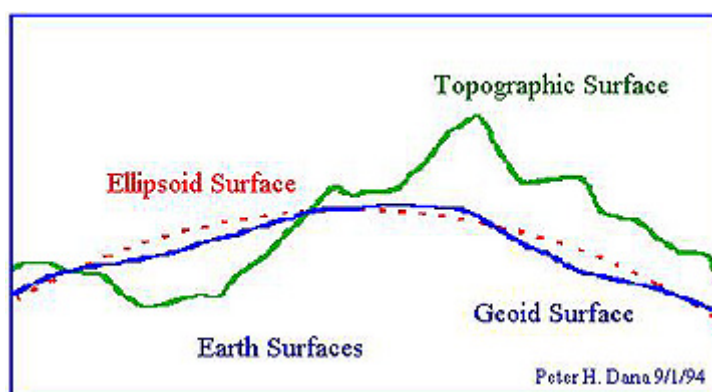
### 5.4.2. A Föld alakjának, forgásának meghatározása

Az embereket évezredek óta érdekli a Föld alakja. Bár kezdetben lapos Földet képzeltek el, amelyet tengerek vesznek körül, Püthagórasz (kr. e . kb. 580 - 500) már gömb alakúnak tekintette. Ez az elképzelés azután az egész ókorban elfogadottá vált, s Eratoszthenész mérése alapján a Föld sugarát is meg tudták becsülni. Az középkorban a Föld alakjával kapcsolatos tudományos elképzelések háttérbe szorultak, s csak a 15-16. században kezdtek el ismét foglalkozni velük.

A 16. és a 17. századi tudományos felfedezések és mérések arra utaltak, hogy a Föld alakjának el kell térnie a gömbtől. Az elméleti vizsgálatok alapján a Föld alakjának a forgási ellipszoidot tekintették.

A mérési eljárások pontosságának növekedése következtében a 19. század második felében egyre világosabbá vált, hogy a forgási ellipszoid mint elméleti Földalak nem minden célra megfelelő. Ez viszonylag könnyen belátható, hiszen a forgási ellipszoid mint egyensúlyi Földalak bevezetésekor nem számoltak a Föld belsejének tömegegyenetlenségeivel.

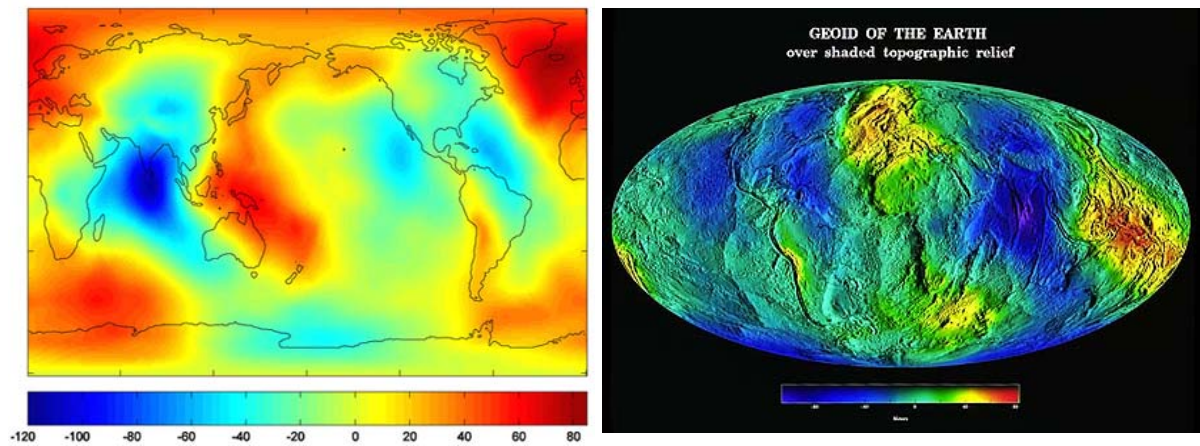
Fizikai elven alapuló Földalakat Listing határozott meg 1878-ban. Ennek az elméleti földaloknak a neve geoid. A geoid a nehézségi erővel kapcsolatos alakzat, a nehézségi erő potenciáljának egy bizonyos szintfelülete. Ezt a szintfelületet úgy képzelhetjük el, mint ha a nyugalomban lévő, homogén, kiterjedésében nem gátolt tengervíz szintjét képzeletben meghosszabbítanánk a kontinensek alatt is.



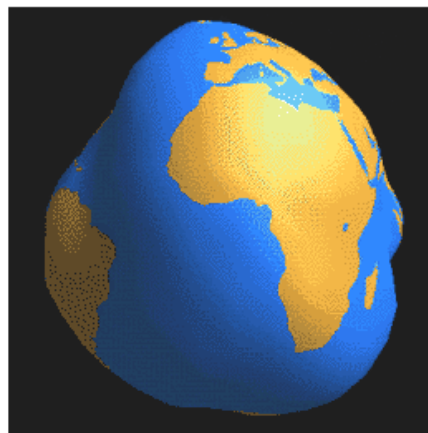
A különböző felszínmodellek összehasonlítása: a Föld valódi felszíne (topografikus), a geoid és az ellipszoid alak.

A Föld alakjában fellépő egyenetlenségek következményeképpen megváltozik az adott hely gravitációs mezeje is. Ennek hatására a mesterséges holdak kicsit feljebb emelkednek vagy lejjebb ereszkednek a pályájukon. Ezt az apró változást mérni lehet és így felállítható

a Föld geoidikus felszíne. Látható a felvételekről, hogy a felszín valamivel magasabb a számított átlagnál a kontinensek területén és relatíve alacsonyabb az óceánoknál.



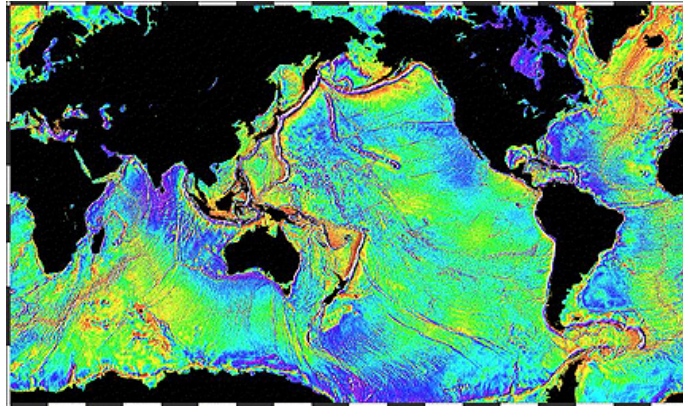
A Föld geoid alakjai.



A Geoid „körte” alakja

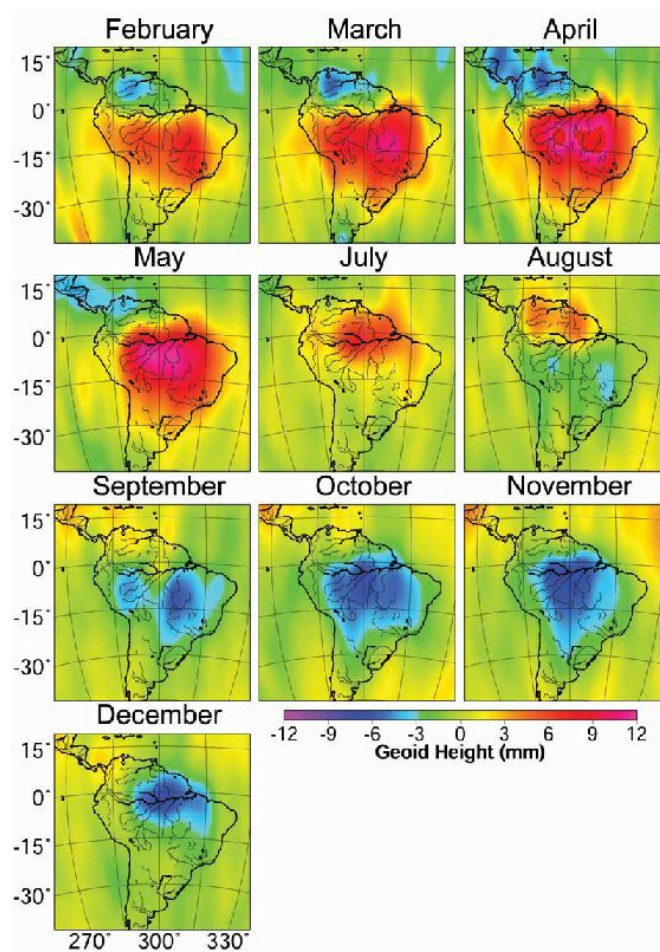
A geoidmagasságok értékét erősen felnagyítva a Föld egy körte alakot formáz, melynek északi pólusa kidudorodik, a déli pedig behorpad.

A legfontosabb felhasználási lehetősége az így szerzett adatoknak az óceánok és egyéb nagy kiterjedésű vízfelületek aljának feltérképezése, de alkalmas a mélytengeri áramlatok mozgásának és bolygónk belső szerkezetének pontosabb megismerésére is.



A tengerfenék gravitációs anomáliái.

Az időjárás is befolyásolhatja a Föld gravitációs mezőjét. A Grace műszerei akár már száz milliméternyi trópusi eső hatását is ki tudják mutatni. Például, ha egy kontinens nagy részét jégtakaró borítja, akkor az alatta lévő kéreg meg fog süllyedni a súly alatt. Ha pedig a jég eltűnik, a kéreg felemelkedik. Ez a mozgás is részt vesz a földköpeny áramlásának szabályozásában.

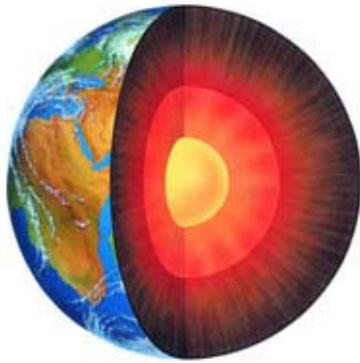


Az esős évszak hatása a gravitációs mezőre Dél-Amerikában.

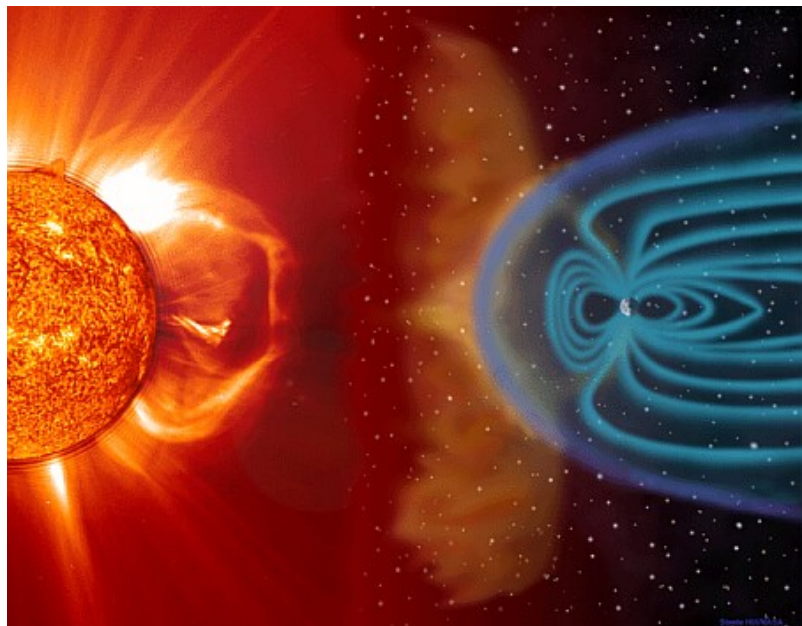
Ismeretes, hogy a Föld lapultsága lassan, de folyamatosan csökken. Ugyanis az utolsó jégkorszak csak 10 ezer éve fejeződött be, amikor eltűnt a közepes szélességekre nehezedő jégtakaró, s a Föld azóta még nem nyerte vissza eredeti alakját. Ám az utóbbi pár évben ez a folyamat megfordult és a lapultság újra növekedni kezdett! A szokatlan jelenségre még nem találtak magyarázatot a kutatók, s a Grace műholdaktól várják, hogy megfejtsék a talányt.

### 5.4.3. A Föld mágneses terének felmérése

A mai elképzelés szerint a Föld mágneses terét az olvadt vasötvözetből álló külső mag mozgása, örvénylése kelti. A mozgás, örvénylés forrása a szilárd belső mag forgása és hőátadása. Az így keletkezett mágneses tér megfeleltethető egy, a Föld belsejében elhelyezkedő dipól mágnesnek. Ez a "mágnes" nagy mértékben befolyásolja az életünket: hatására a világűrben és főleg a Napból érkező töltött részecskék nem érik el a felszínt, a mágneses mező eltéríti őket. Az így eltérített, vagy befogott részecskék alkotják Földünk Van-Allen övezetét, amelynek Nap felőli oldala össze van nyomva a napszél miatt, míg a túlsó oldal messzire elnyúlik.



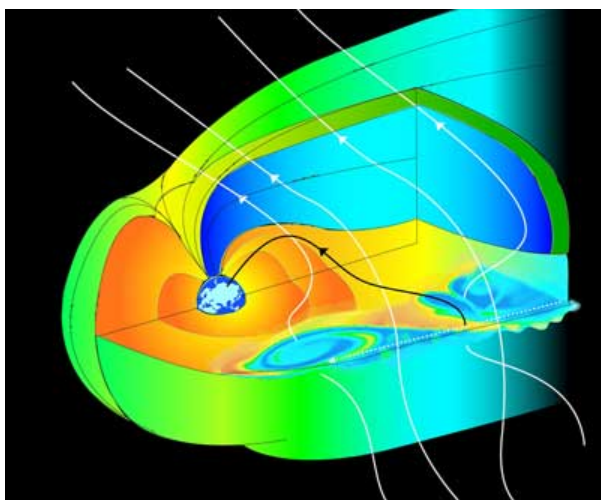
A Föld belső szerkezete.



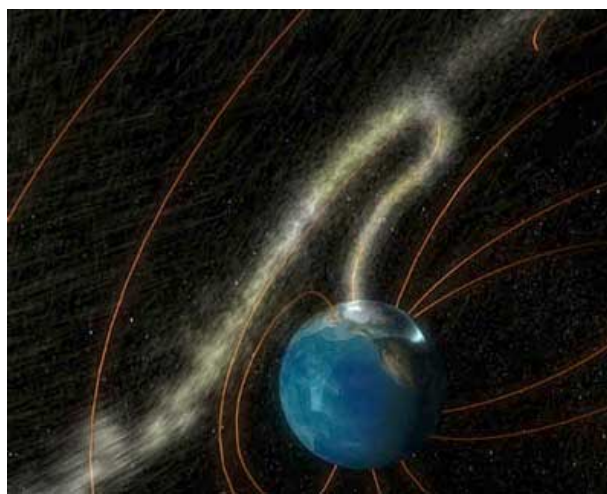
A Föld Van-Allen mezeje.

Ha a töltött részecskék akadály nélkül elérhetnék Földünket, problémát okoznának a távközlésben és az elektromos hálózat működésében, mint ahogy azt egy-egy nagyobb Napkitörés alkalmával tapasztalhatjuk, amikor a részecskék számának sokszorososa bombázza a Földet.

Ha azonban a mágneses tér eltéríti a töltött részecskéket, hogy képesek azok mégis elérni a légkört és sarki fényt, vagy éppen problémákat okozni? A válasz a mágneses tér felépítésében rejlik. Időnként ugyanis a mágneses pajzsban gigantikus rések alakulnak ki, amelyek hosszú órákon keresztül fennmaradhatnak. Ezen repedések kialakulásának lehetőségét már 1961-ben felvetették, de először csak 1979-ben észlelték. Akkor alakulhatnak ki, amikor a napszél a Föld mágneses terével ellentétes irányultságú mágneses komponenset hordoz. A mágneses terek találkozásukkor mintegy kioltják egymást, így hozva létre a rést. Méretükben akár a hat földugrányi nagyságot is elérhetik kialakulásukkor. Ez a méret azután a felszín felé haladva folyamatosan szűkül.



Három dimenziós ábrázoló metszet egy rés kialakulásáról. A fehér nyíl a Cluster űrszonda útját jelzi.



A napszél és a Föld mágneses mezőjének kölcsönhatása

A Föld mágneses tere még nyugodt körülmények között sem homogén. A Földet körülölelő Van Allen valójában két részből áll, és ezen két rész között egy viszonylag biztonságos, sugárzásmentes zóna kerül el. Ez nagy jelentőséggel bír a műholdak szempontjából, amik nem viselik az erős sugárzást. A sok milliárd dolláros GPS rendszer épp sűrűsíti ennek a területnek a szélét. A tudósok még vitatkoznak az előidéző okokon, de a legújabb megfigyelések arra engednek következtetni, hogy a sugárzásmentes zóna kialakulásának a föld felszínén lezajló villámlások lehetnek az előidézői. Ez az elmélet gyökeresen szakít az eddigi elképzeléssel, amely szerint a Naptól érkező rádióhullámok turbulenciát okoznak és így tisztul ki a terület. Az új feltételezés szerint azonban a Földön lezajló villámlások rádiósugárzást bocsátanak ki, amely azután kölcsönhatásba lépve a sugárzási zóna részecskéivel, csökkenti egy kicsit azok energiáját. Így a részecskék,



csökkenő energiájuk miatt, egyre közelebb kerülnek az atmoszférához, majd végül beleütköznek, egy viszonylag sugárzásmentes zónát hagyva maguk mögött.

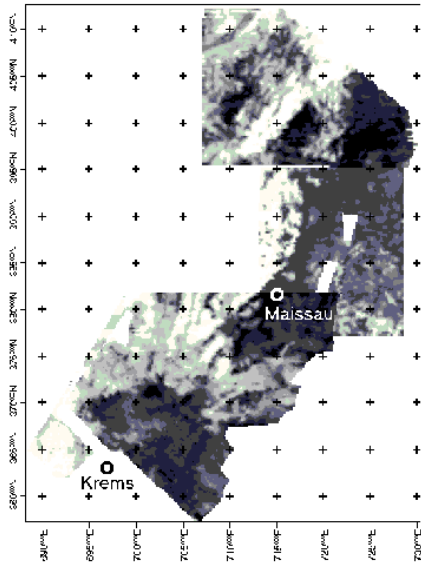


A Földet körülölelő két sugárzási terület fogja közbe a biztonságos zónát. A sugárzási zónák alakja egy-egy fánkhoz hasonlít.

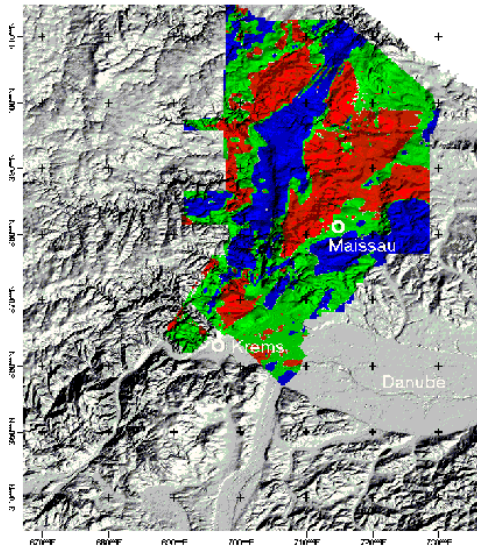
A Föld mágneses terének megfigyelését jelenleg a Cluster műholdak végzik. Az általuk közvetített adatokból kiderült, hogy a felszín mágneses intenzitása nem homogén. erősebb és gyengébb mágnesességű helyek váltják egymást. Ennek jelentősége a Föld belső szerkezetének meghatározásában van. Segítségével még a mélyebb rétegek is felderíthetőek, főleg a mágneses tulajdonságú kőzetek, mint például a magnetit. Ezáltal pedig közelebb kerülhetünk a geológiai folyamatok megértéséhez, előre jelezhetjük a természeti katasztrófákat és új ásványi lelőhelyeket kutathatunk fel.



Ausztria elhelyezkedése, bekeretezve a vizsgált terület.

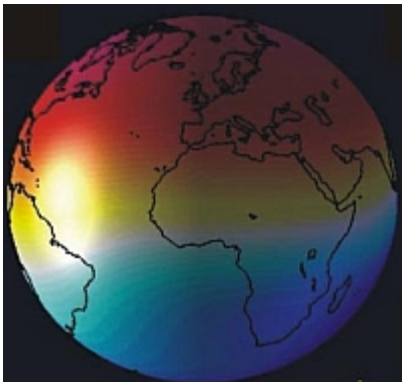


A felszín látszólagos ellenállása, amit a 900 Hz-en mért elektromágneses adatokból számítottak ki. Az alap szikla nagyobb elektromos ellenállást mutat (világos színnel jelölve) és így kontrasztban áll az üledékes kőzetekkel (sötéttel ábrázolva)

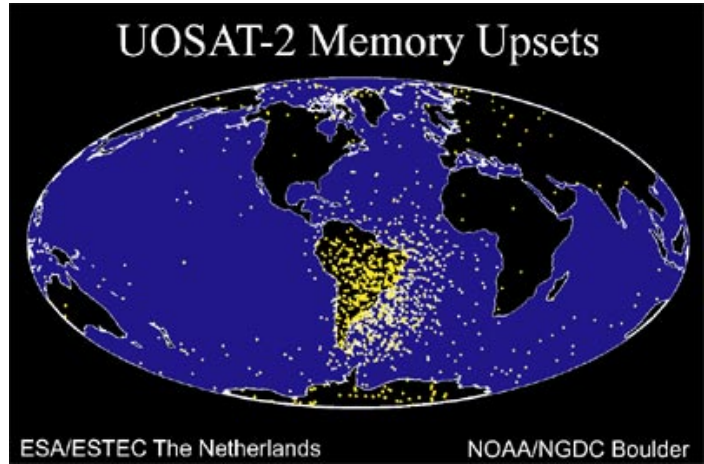


Teljes mágneses aktivitás egy árnyékolt digitális magasságmodellen ábrázolva. Felismerhető a délnyugat-északkeleti irányú diendorfi tórvonal.

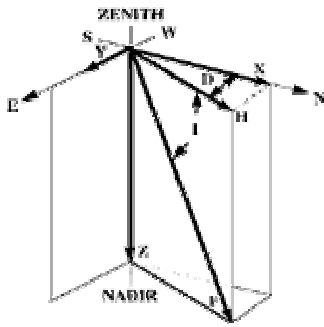
A legújabb kutatási eredmények azt mutatják, hogy Földünk mágneses mezőjének erőssége, nem is kis mértékben, gyengül. A tudósok szerint egy újabb pólusváltásnak nézünk elébe, amikor felcserélődik a Föld északi és a déli pólusa. Póluscseré átlagosan 200 ezer évente történik bolygónkon, ám ez az idő széles intervallumban mozoghat. Geológiai bizonyítékok szerint a legutolsó 780 ezer éve volt. A váltás alatt, ami több ezer évig is eltarthat, a mágneses védőmező akár századrésze is legyengülhet, s így a felszínre több kozmikus sugárzás fog jutni. Ez tönkretetheti az elektromos hálózatokat, a műholdakat, növelheti az ózonlyukakat, összezavarhatja az állatok tájékozódását és sarki fények jelenhetnek meg az Egyenlítő környékén. Az életre viszont valószínűleg nem lesz ártalmas: a folyamat olyan lassan fog végbemenni, hogy lesz időnk alkalmazkodni hozzá. Ennek a változásnak a megfigyelésére az ESA három új Swarm műholdat tervez 2009-ben felbocsátani, melyek minden eddiginél átfogóbban vizsgálják a problémát.



Szemléltető ábra a Föld mágneses erősségének eltéréseiről.

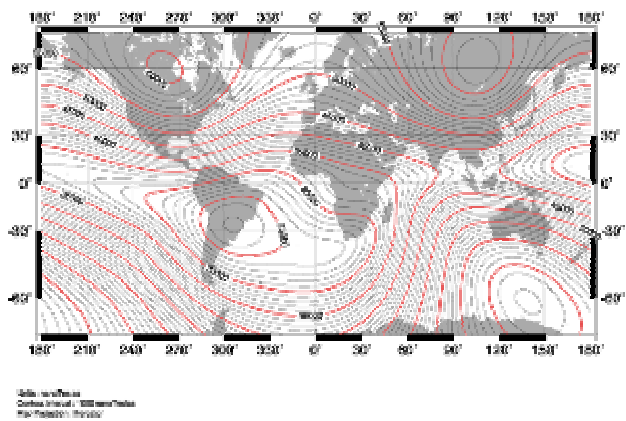


A legkisebb mágneses térerősséggel rendelkező és így a műholdaknak legnagyobb problémákat okozó terület elhelyezkedése.



A mágneses tér jellemzésénél használatos koordináták: a deklináció (D) mutatja az észak-déli iránytól való eltérést, az inklináció (I) pedig a vízszintestől való.

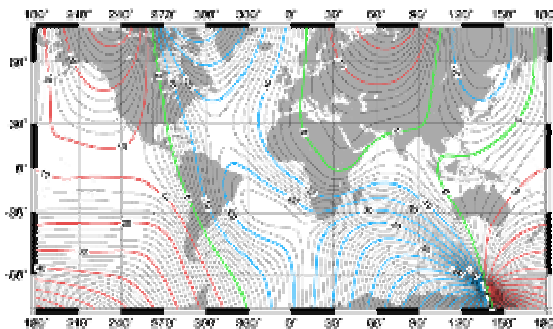
US/UK World Magnetic Chart -- Epoch 2000  
Total Intensity - Main Field (F)



Scale: 1 Gauss = 10<sup>-4</sup> Tesla  
Contour Interval: 1000 nT (0.1 Gauss)  
Map Projection: Mercator

A mágneses tér erőssége. Észrevehető a Dél-Amerika feletti kis mágneses térerejű terület.

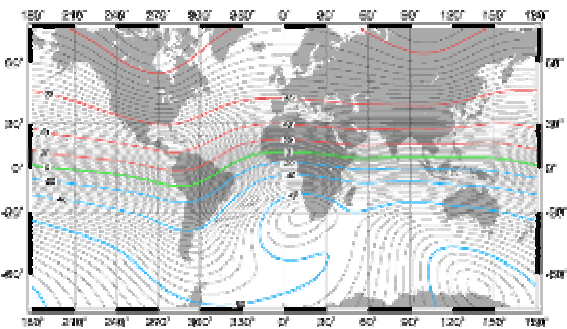
US/UK World Magnetic Chart -- Epoch 2000  
Declination - Main Field (D)



Scale: 1 degree  
Contour Interval: 1 degree  
Map Projection: Mercator

A Föld mágneses mezejének deklinációs...

US/UK World Magnetic Chart -- Epoch 2000  
Inclination - Main Field (I)



Scale: 1 degree  
Contour Interval: 1 degree  
Map Projection: Mercator

...és inklinációs eltérései.

#### 5.4.4. Földrajzi helymeghatározás, a GPS

##### **Történeti összefoglaló**

Az ember már a kezdetek óta érdeklődött a helye, helyzete iránt a Földön. A nagy ősi civilizációk igen sok csillagászati ismerettel rendelkeztek, amiket a térképészet szolgálatába állítottak. Időszámításunk előtt 201-ben Eratoszthenész például már képes volt arra, hogy a földrajzi helyek szélességi adatai közötti különbséget közelítőleg meghatározza a delelő nap helyzetének megfigyelésével. Erre alapozva még a Föld sugarát is képes volt megmérni.

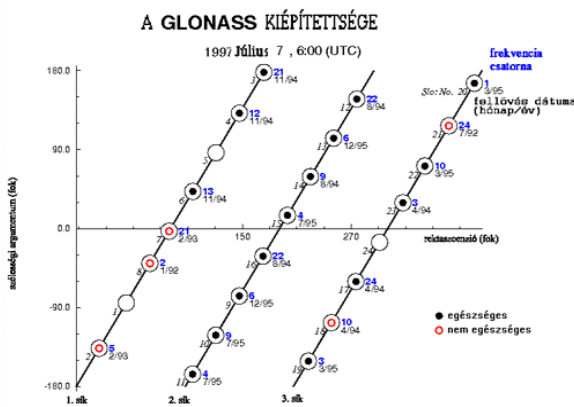
A tengeri kereskedelmet és a távoli földrészek meghódítását igen erőteljesen támogatta a kínai eredetű mágneses iránytű európai elterjedése. A középkorban az északi féltekén a földrajzi szélességet már igen pontosan meg tudták határozni a sarkcsillag helyzetének a mérésével. A földrajzi hosszúság meghatározásához a Nap delelési idejét mérték. Ez nagy pontosságú kronométert igényelt, amelynek az elkészítésére az angol kormány 1707-ben pályázatot írt ki. Ezt a pályázatot John Harris nyerte meg bravúros mérnöki alkotásával. Ezek a helymeghatározási módszerek azonban a 20. század igényeinek már kevésbé feleltek meg.

Az 1920-as években vetődött fel az ötlete egy rádió navigációs rendszer kifejlesztésének, amelynek segítségével a hajók navigátorai meghatározhatták a helyzetüket partközelségben. Ezt a rendszert, amelyet LORAN-nak hívtak (Long Range Aid to Navigation = Távoli navigációs segítség) az amerikai hadsereg a második világháború elejére már rendszeresítette. A LORAN hálózat elérhető volt a világ legtöbb helyéről, főleg Európából és Amerikából, azonban csak kétdimenziós rendszer volt, s ezáltal nem volt alkalmas repülőgépek helymeghatározására.

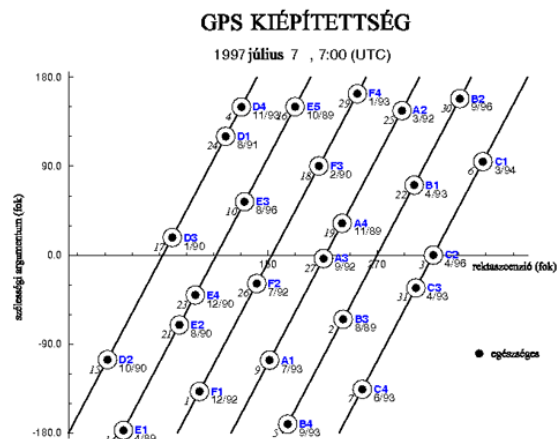
1960-as években az USA Haditengerészete számára elkezdték kiépíteni a TRANSIT műholdas navigációs rendszert, elsősorban a hadihajók és a katonai repülőgépek navigációja céljából. Ennek hét darab műholdja közel kör alakú pályán keringett 1100 km magasan. 1967-től polgári célokra is felhasználhatóvá tették és még az 1990-es években is több felhasználója volt a kisebb hajók és repülőgépek navigátorai között. A rendszert azonban sok kritika is érte: mivel a viszonylag kis számú műhold naponta csak szűk észlelési ablakot biztosított (15-20 perc/átvonulás) így hosszú volt a várakozási idő a következő mérésre. Továbbá egy-egy helymeghatározás pontossága 50 méter volt, így pontos helyzethez csak több mérés átlagából lehetett hozzájutni. Ezen okok miatt a rendszer gyorsan mozgó objektumok navigációjára nem volt alkalmas. Ráadásul az

alacsony pályamagasságuk miatt a műholdak pályája egyáltalán nem volt stabil. Ezekhez járult még, hogy a műholdak alacsony frekvenciájú jeleit az ionoszférában lejátszódó jelenségek nagy mértékben torzították.

Az egyre növekvő igények egy új helymeghatározó rendszer kifejlesztését tették szükségessé. Követelmény volt vele szemben, hogy képes legyen rakéták és más harci járművek gyors és pontos helymeghatározására a nap 24 órájában az időjárástól függetlenül. A csúcstechnológia alkalmazása lehetővé tette egy ilyen rendszer kiépítését lényegében párhuzamosan az USA-ban és az akkori Szovjetunióban. Amerikában 1973 december 17-én mutatták be a NAVSTAR GPS (Navigation System with Timing and Ranging = navigációs műholdas idő- és távolság-meghatározás) 24 műholdból álló rendszerét. A szovjetek hasonló rendszere a GLONASS (Globalnaja Navigacionnaja Szputnyikovaja Szisztjema) nevet kapta. Ez a Szovjetunió bukása miatt soha nem érte el a teljes kiépítettséget, ellentétben a GPS-szel, amely 1994-ben eljutott idáig.



A GLONASS...



...és a GPS rendszer kiépítettsége 1997-ben. (az ábrák Dr. Sárközy Ferenc honlapjáról származnak)

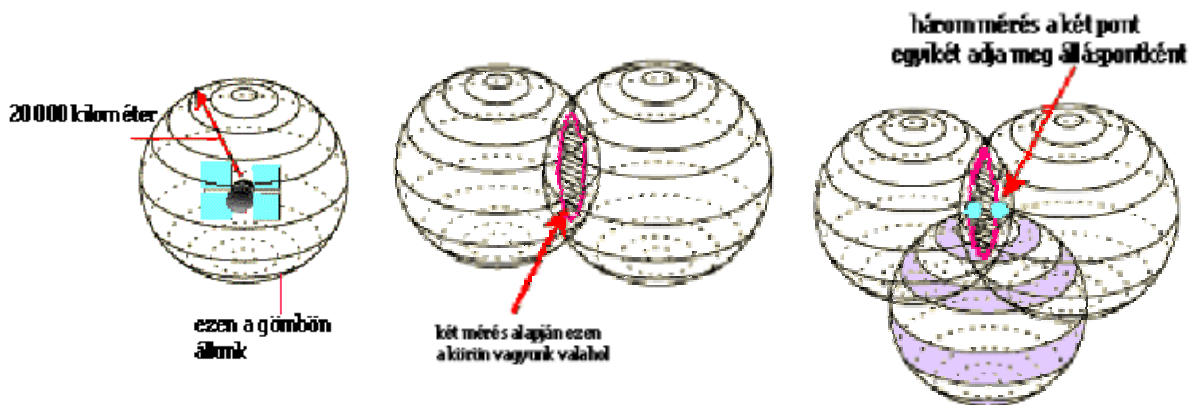
## A műholdas helymeghatározás geometriai alapelve

Feladatunk, hogy határozzuk meg a térben elfoglalt helyzetünket néhány körülöttünk keringő szatellita segítségével. Először egy adott pillanatban megmérjük az álláspontunk és az első műhold távolságát. Legyen ez a távolság 20000 km. Egy mérés alapján a helyzetünkről csak azt mondhatjuk, hogy valahol azon a gömbön van, amit a műholdra mint középpontra 20000 km-es sugárral szerkesztettünk.

Ugyanebben az időpontban mérjük meg a távolságunkat egy másik műholdtól is. Legyen ez a távolság 21800 km. Világos tehát, hogy mi rajta vagyunk azon a gömbön is, amelyet a második műhold, mint középpont körül 21800 km-es sugárral szerkesztettünk.

Vagyis álláspontunk rajta van a két gömb metszésvonalaként létrejött körön.

Mérjük meg ugyanebben a pillanatban a távolságunkat egy harmadik műholdtól is, és ez legyen mondjuk 23600 km. Ez a harmadik gömb két pontban fogja metszeni az első két gömb metszésvonalát, mi tehát a két pont valamelyikében állunk.



Egy távolság mértani helye a gömb.

Két gömb metszésvonala kör.

Három gömb két pontban metszi egymást  
(ábra: Dr.Sárközy Ferenc)

Sikerült tehát két pontra szűkíteni a lehetséges helyzeteink számát. Természetesen nekünk ezek közül csak az egyik adhatja meg a valós pozíciókat, a másikat ki kell ejtenünk. Ezt kétféleképpen tehetjük meg: ha tudjuk, hogy a Föld felszínén állunk, akkor az a keresett pontunk, amelyik közelebb van a Földhöz. Vagyis itt a Földet, mint egy negyedik gömbfelületet vesszük számításba, amelynek a pozícióját ismerjük. Ha azonban nem tudjuk biztosan meghatározni, hogy melyik pont írhatja le a pontos helyzetünket, akkor szükségünk lesz egy negyedik műhold távolságának a meghatározására is, és így jutunk hozzá a negyedik gömbhöz.

### A GPS működése és felépítése

Névlegesen a rendszer 24 műholdból áll (21 aktív és 3 tartalék) amelyek 20200 km magasságban a nap minden 12 órában megkerülik a Földet. A műholdak a 6 pályasíkon egymáshoz képest 60 fokkal el vannak forgatva, az egyenlítőhöz viszonyított pályaelhajlásuk 55 fok. Az egyes műholdak mindig azonos pályán keringenek oly módon, hogy egy pontot minden nap négy perccel korábban érnek el. A műholdak száma, helyzete és a pályasíkok azt a célt szolgálják, hogy a földfelszín bármely pontján adott időpillanatban a látóhatár síkja fölött 15°-kal legalább négy szatellit látható legyen.

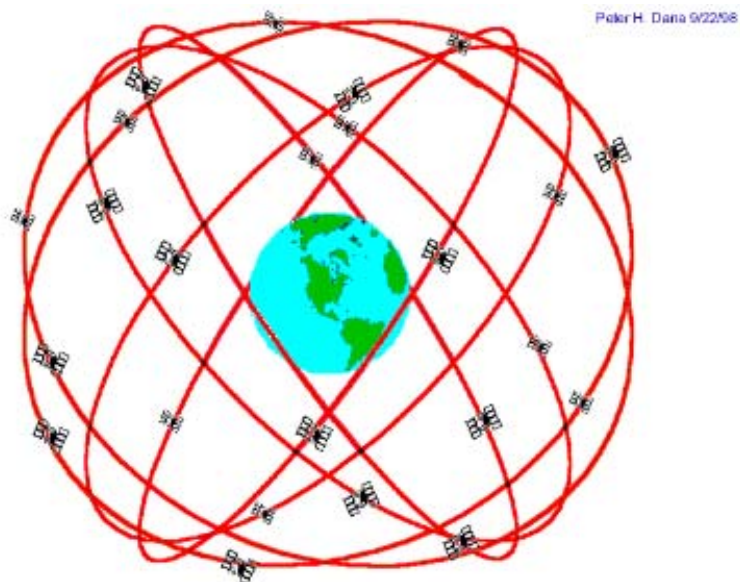
Általában azonban ennél több műhold is látható egy időben, mivel az előregedőket folyamatosan cserélik le újabbakra.

Egy-egy műhold súlya két tonnát nyom, napelemeinek mérete 18 méter, teljesítményfelvétele 2 kW, tervezett élettartama pedig 15 év.



A GPS műholdat ábrázoló rajz.

Egy GPS műhold a szerelőüzemben.

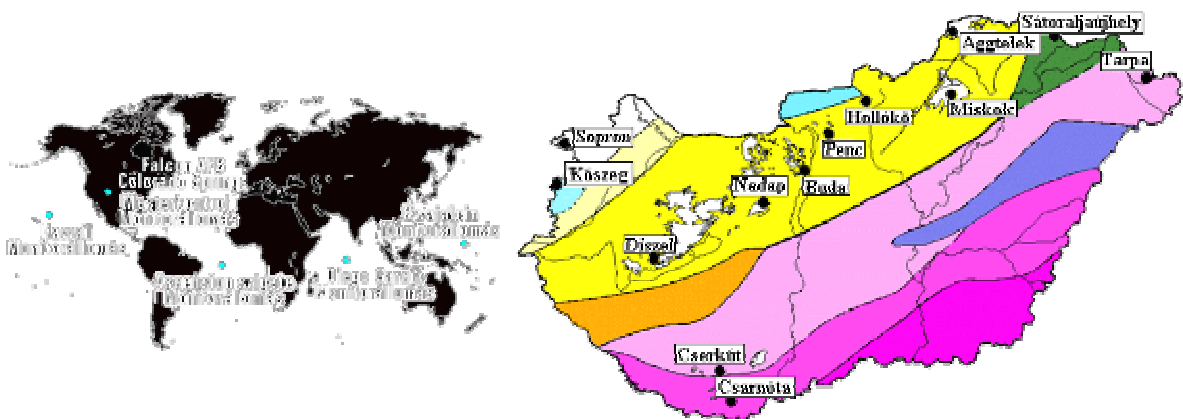


**GPS Nominal Constellation**  
**24 Satellites in 6 Orbital Planes**  
**4 Satellites in each Plane**  
**20,200 km Altitudes, 55 Degree Inclination**

A GPS műholdak pályái a Föld körül.

A műholdak szabályos időközönként jeleket bocsátanak ki, amelyben küldött adatok tartalmazzák a műhold aktuális helyzetét, és a rajta mérhető pontos időt. Minden műholdon található egy cézium, vagy rubidium atomóra, amellyel nagy pontossággal mérhető az idő, ami az egész rendszer működésének az alapja. A rendszer minden műholdja szinkronizáltan működik, azaz az óráik pontosan össze vannak hangolva és jeleiket is egy időben küldik a megfigyelő felé.

A rendszer másik fontos feltétele a műholdak helyzetének pontos ismerete. A nagy keringési magasság miatt a földi atmoszféra már nem befolyásolja a szatellitok pályáit, így az nagy pontossággal előre meghatározható. De a precizitás növelése érdekében az USA védelmi minisztériuma (DoD = Department of Defence) létrehozta a földi figyelő és követő hálózatát, amely feladata a GPS műholdak követése, napi vizsgálata, aktuális pozícióik és sebességük mérése, az esetleges pálya- és egyéb korrekciók végrehajtása és a pontosított adatoknak a műholdra történő eljuttatása.



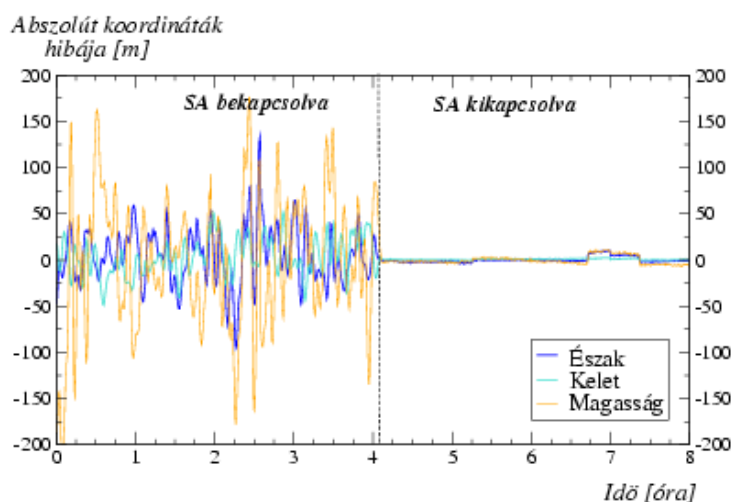
A monitorállomások elhelyezkedése a Földön.

A magyarországi referenciapontok. A fő központ Pécsen található.

A GPS műholdakat az amerikai katonaság fejlesztette ki és állította pályára. Polgári felhasználásuk csak 1978-ban indult meg. Ezért katonai indokok miatt a műholdak kétféle kódot sugároznak: a civil szféra által elérhető és körülbelül 15 méteres pontosságot biztosító C/A (coarse/acquisition - durva/elérés) kódot, valamint a katonai vevők által értelmezhető, úgynevezett P kódot (P a precision - szabatos rövidítése), amelynek a pontossága 1 cm. Ezen felül a polgári felhasználású kódot még mesterségesen tovább rontották, tartva attól, hogy a GPS jeleit ellenséges szervezetek is felhasználják. A védekezésre az ún. Selective Availability (SA) nevű technikát alkalmazták, ami használatával a GPS civil vevők pontosságát körülbelül 150-300 méterre csökkentették.



Clinton elnök döntésére 2000. május 2-án hajnalban megszüntették a pontosság mesterséges rontását. Ezáltal a valós idejű helymeghatározás pontossága tízszeresére nőtt, vagyis a vízszintes hibája mintegy tíz méterre csökkent. A gyakorlatban azonban sok esetben néhány méteres pontosság is elérhető.



A penci permanens állomás méréseiből számított abszolút pozíciók hibája május 2-án hajnalban. (az ábra Takács Bencétől származik)

A GPS rendszer harmadik (az első kettő a műholdak és a földi állomások voltak) egysége a felhasználók vevőkészülékei. Ezek szintén tartalmaznak egy nagy pontosságú kvarcórát. Amikor a műhold kisugározza a pillanatnyi helyzetét és a fedélzeti időt, a rádiójelek némi késéssel érkeznek a vevőkészülékbe (20000 kilométeres magasságban ez a késleltetés 0,06 másodperces) A késésből így a készülék ki tudja számítani a műhold tőle mért távolságát. Négy műhold adataiból pedig megkaphatjuk a pontos helyzetünket.

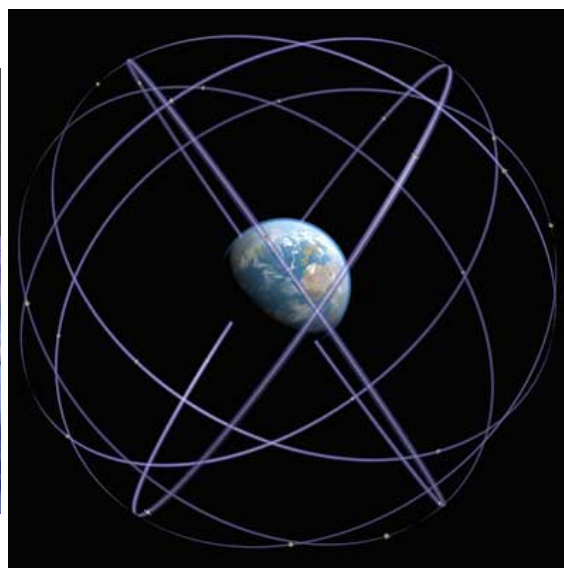
### A Galileo rendszer

Európa sem akar lemaradni az amerikaiak mögött. 2002 márciusában az EU elfogadta egy sok milliárd dolláros navigációs rendszer támogatását, ami az autósoktól a hajósokig bezáróan bárkinek segítséget nyújt a tájékozódásban a világ bármely pontján. A rendszert Galileo-nak hívják, nem titkolt célja az amerikai GPS uralmát megtörni, bár a két rendszer kompatibilis lesz egymással. A Galileo a GPS rendszerrel ellentétben minden fegyveres testülettől független lesz. Ez, és még az a tény, hogy Kína is segítséget nyújt a rendszer kiépítésében, szálka lett az Egyesült Államok szemében. Ők ugyanis a GPS polgári hozzáférhetőségét egy vélt, vagy valós konfliktus esetén csökkenthetik, vagy akár meg is szüntethetik, míg a Galileo tőlük függetlenül tovább üzemelne. Így azt az ellenfél is felhasználhatná navigációs célokra. Ez a monopólium volt az egyik fő oka a Galileo

projekt megszületésének: a Pentagon ugyanis nem vállalt semmiféle garanciát a szolgáltatás biztosítására. Egy esetleges leállítása a GPS rendszernek pedig katasztrófához vezethet, itt gondolhatunk akár egy tankhajó zátonyra futására is.



A leendő Galileo műholdak.



A Galileo műholdak pályái.

A Galileo rendszer 27 működő és 3 tartalék műholdból fog állni, amelyek 23 600 kilométeres magasságban keringenek majd a Föld körül. A rendszer 2008-ban kezdi meg a működését. Mivel a műholdak a legmodernebb technikával fognak készülni, a pontosságuk egy méteren belül lesz, ami tízszeres javulás a GPS-hez képest.

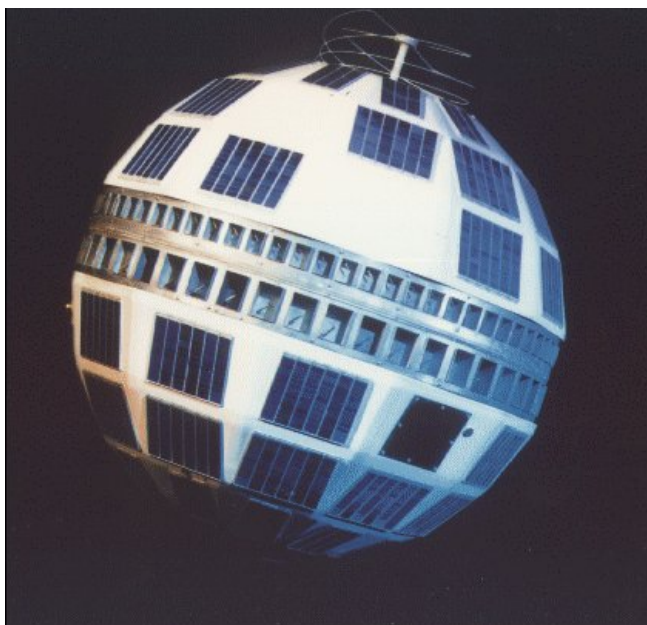
#### 5.4.5. Távközlés, mősorszórás

Mára legrimitívebb emberi közösségekben szükség volt arra, hogy az információkat nagyobb távolságokba tudják eljuttatni. Erre a célra hosszú évezredekig két információhordozó, a hang és a fény állt az emberiség rendelkezésére. Az utóbbi gyorsabban és messzebbre terjed, az előbbinek viszont kevésbé állnak útjába a különböző akadályok. Az őserdőben a bennszülöttek dobszóval üzennek egymásnak, míg fátlan síkságokon, hegycsúcsok között a fényjelek nyújtják a jobb megoldást.

A technika fejlődésével párhuzamosan a távközlés lehetőségei is kiszélesedtek. Az elektromosság és annak mágneses hatásának felismerése után sokan próbáltak valamilyen elektromos távközlési rendszert kidolgozni. Az első sikeres ilyen találmány Morse távirója volt, amelyet 1937. szeptember 4-én mutattak be a New York-i egyetemen. A találmány olyan sikeres lett, hogy 1849-re csak az Egyesült Államokban 18000 km volt a

távíróvonalak hossza. Hamarosan megszerkesztette Bell az első működőképes telefont, majd pedig a szikratávíró és a rádió feltalálásával a távközlés függetlenítette magát a vezetékektől.

A mai műholdas távközlés és műsorsugárzás tökéletes előképét írta le Arthur C. Clarke "The Future of the World Communication" című tanulmányában. Az első űrhírközlési kísérlet sikeres rádiós műsorszórási demonstráció volt a Score műholdról 1958 karácsonyán. 1962-ben a Telstar-1 sikeres TV-átvitelt biztosított Európa és Amerika között, 1965-ben pedig pályára állt az Atlanti-óceán fölött az első (kereskedelmi) távközlési szolgáltató műhold, az Intersat-1.



A Telstar-1 távközlési műhold

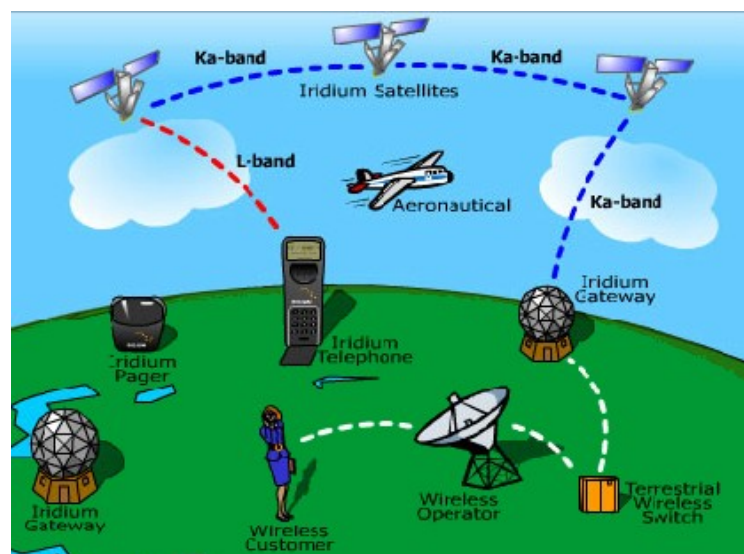
A műholdas kommunikáció és műsorterjesztés több előnnyel is rendelkezik a földi hálózathoz képest. A felszínen ugyanis a domborzat befolyásolja az adótornyok láthatóságát, csak viszonylag kis területet fednek le, valamint erősen korlátozott a felhasználható sugárzási frekvenciák száma. Magyarországnak például három frekvenciát osztottak ki a felszíni televíziós sugárzás számára. Ennek eredményeképpen az M1, a tv2 és az RTL Klub mellett már nem maradt frekvencia az M2 számára, így az műholdra került. Ezzel szemben a műholdak nagy területeket tudnak besugározni, szinte mindenhol láthatóak, fogható a jelük, és sokkal több a felhasználható frekvencia. Ráadásul a digitális jelsűrités már lehetővé teszi, hogy egy televíziós csatorna sáv szélességén akár hat programot is lehessen egyidejűleg továbbítani.

A távközlési műholdak nagy része geostacionárius pályán, a Föld felszínétől 36 ezer kilométeres magasságban kering. Ennek a pályának a jelentősége az, hogy itt a

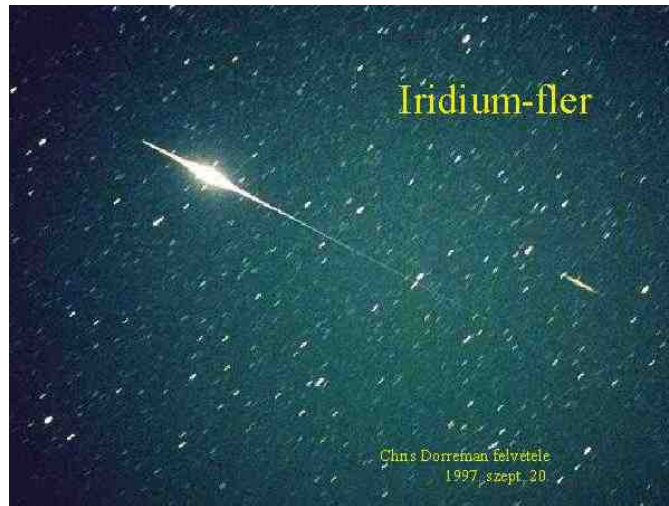
műholdak együtt keringenek a Földdel, vagyis mindig a felszín ugyanazon pontja felett állnak. Ezt nevezzük geo-szinkron pályának. Innen a sarkok kivételével a Föld teljes területét le lehet fedni. Mivel a vezérlésük igen összetett feladat, ezért a mai technológia mellett 90 műhold helyezhető el ezen a pályán.

A geostacionárius pályán keringő műholdak egyik nagy hátránya, hogy a Földtől való nagy távolságuk a nem teszi lehetővé a mobiltelefonos távközlésben való alkalmazásukat. Ehhez közelebb kell hozni a műholdakat a felhasználóhoz, vagyis alacsony pályára kell őket állítani. Ekkor azonban elveszítjük a geostacionárius holdak nagy előnyét, a geo-szinkron pályát. Az alacsony magasság miatt egy darab műhold kisebb ellátottsági területtel rendelkezik, ezért több, különböző pályasíkon keringő mesterséges holdat kell alkalmazni a Föld teljes területének a lefedéséhez.

1997-ben megalakult az Iridium konzorcium, egy globális mobil távközlési eszközök közötti kommunikáció megvalósítására. Ezt a rendszert nem, vagy alig befolyásolnák a felszíni terepviszonyok, az elérhetőség nem függne a hálózati térről. Mivel a műholdak alacsony Föld körüli pályán keringenek (LEO - Low Earth Orbit = alacsony Föld körüli pálya) ezért a földfelszín teljes lefedéséhez 66 darab műholdra van szükség. Kisebb pénzügyi problémák után (1999-ben a cég csődeljárást kért maga ellen, mivel olyan drága volt a szolgáltatása, hogy nagyon kevesen vették igénybe) mára a rendszer teljesen kiépült és teljes kapacitással működik. Ha valaki úgy dönt, hogy vesz egy Iridium telefont, jelenleg havi 21 \$ előfizetési díjat kell fizetnie, a percenkénti díj pedig 1,40 \$ hálózaton kívüli, illetve 68 cent hálózaton belüli hívások esetén. Sok esetben tehát az Iridium olcsóbb, mint a GSM roaming két ország között.



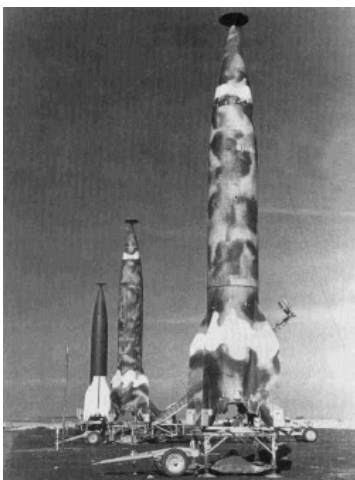
Az Iridium rendszer felépítése.



Egy Iridium műhold. Az egyik Iridium műhold földről látható felvillanása.

#### 5.4.6. Katonai felderítés, ellenőrzés

A világűr katonai felhasználása már a hatvanas években az érdeklődés előterébe került. De a katonai vezetők már korábban is igyekeztek kiaknázni az űreszközöket. A második világháború folyamán a németek kiemelkedő eredményeket értek el a rakétakutatás terén. A V2 rakéták komoly pánikot okoztak a Brit lakosság körében, és mivel nagy magasságban haladtak, a kor eszközeivel nem lehetett ellenük védekezni. A háború befejeztével a német tudósok és amerikai és orosz fennhatóság alá kerültek, ahol tovább folytatták kutatásaikat. Ezzel jócskán előre lendítették e két ország űrkutatási lehetőségeit, munkájuk nélkül legalább 5-10 évet késett volna az amerikai Holdra szállás is.



V2-es rakéták bevetésre készen.

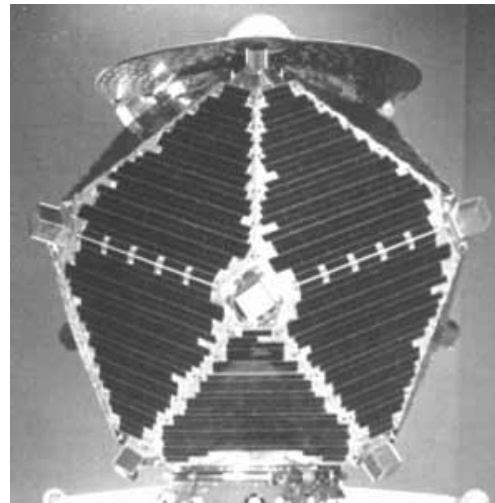
Forrás: [Schuminszky Nándor honlapjáról](#) származik

Amerika legnagyobb meglepetésére Oroszország 1957. október 4-én a világon elsőként sikeresen földkörüli pályára állította az első mesterséges holdat, a Szputnyik - 1-et. Eddig az időpontig az amerikai űr- és rakétakutatások viszonylag kényelmes tempóban haladtak előre, és inkább az egymás közti versengés jellemezte őket, nem pedig az együttműködés. Ám a szovjet sikerek ráébresztették az Egyesült Államokat, hogy a Szovjetunió képessé vált nukleáris csapásmérésre a világűrön keresztül. Ennek hatására az USA is kiszélesítette a rakéta- és világűr-kutatási programját.

Bár az első műholdakat még tudományos céllal építették (az első amerikai műhold, az Explorer 1 fedezte fel a Van-Allen sugárzási övezeteket) nagyon hamar a katonai célok váltak a legfontosabbá. Az 1960-as évek végére az éves katonai célú felbocsátások száma mindig 100 fölött volt. Ekkor már mindkét szuperhatalom felhasználta a mesterséges holdakat felderítésre, navigálásra, távközlésre és a ballisztikus rakéták korai érzékelésére.



Az első katonai távközlési műholdak egyike, a Courier-1. 1960-ban állították pályára.

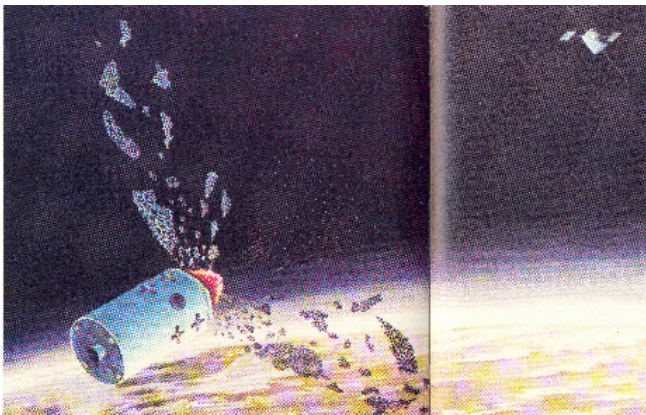


A Vela-1 korai riasztó műhold, amely a nukleáris robbantásokat és az atomcsendegyezmény megsértését figyelte.

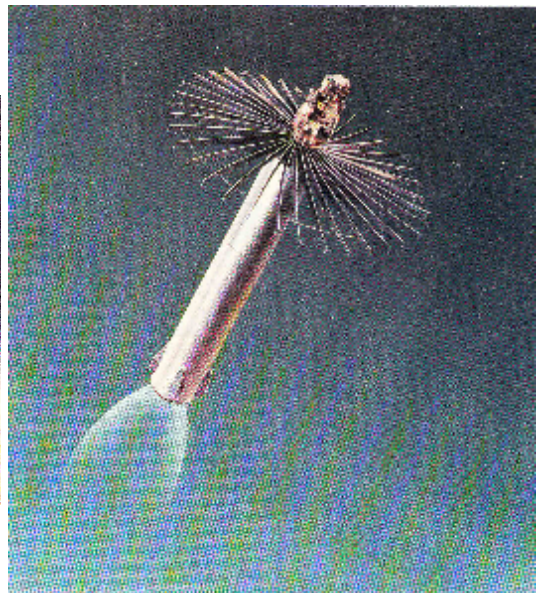


A Milstar katonai távközlési mesterséges hold.

Minél jobban függ egy hadvezetés a műholdas információktól, annál inkább előtérbe kerül ezeknek az eszközöknek a sérülékenysége. Ezért minden jelentősebb űrtechnikával rendelkező ország igyekezett kifejleszteni a saját műhold elhárító rendszerét. Megsemmisítésükre többféle módon is megvalósítható. Az egyik a közvetlen fizikai elfogás, vagyis, ha egy rakéta, vagy egy másik műhold a célpontot fizikailag is megsemmisíti. Ez meglehetősen bonyolult feladat, tekintettel a mesterséges hold űrpályájának nagy magasságára és a hold nagy sebességére. Az elfogó halálos sugara azonban megnövelhető, például robbantás alkalmazásával. Persze ilyenkor az atomrobbanás a leghatásosabb, amikor a robbanás által keltett elektromágneses impulzusok is pusztító erővel bírnak. Azonban, mivel a sugárzás nem válogatós, ez a módszer magában hordozza néhány saját mesterséges hold megbénításának kockázatát is. Másik lehetőség, hogy földi telepítésű, illetve űrpályán keringő lézerekkel vakítjuk el, esetleg semmisítjük meg az ellenséges szatelliteket. Földi lézernél az atmoszféra zavaró hatású lehet, valamint a lézersugár irányítása nehézkes. Az űrbe telepített lézereknek pedig az energiájuk korlátozott.



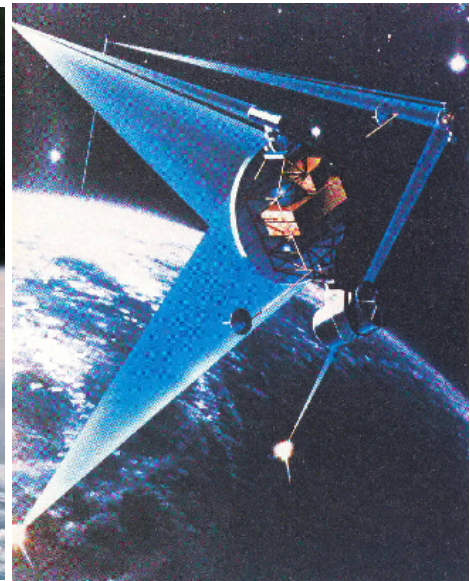
Festőművész ábrázolása, amint egy szovjet elfogó repeszek tömegére robban szét.



Amerikai önvezérlő romboló (HOE) Az 1984-ben végzett kísérlet olyan pontos volt, hogy a szerkezet tengelye találta el a célt, így elmaradt a súlyos küllők hatásosságának ellenőrzése.



Űrbe telepített lézeres elhárító műhold.



Földi lézersugár irányítása űrbéli tükrökkel.

A műhold-elhárítás felvet viszont egy jelentős problémát: a megsemmisített holdak darabkái hatalmas területen beterítenék az alacsony Föld körüli pályákat, veszélyesen megnövelve a keringő űrszemét mennyiségét. Márpedig rengeteg fontos mesterséges hold kering ilyen magasságban, nagyjából 300 km-től 2000 km-ig. A legnagyobb felbontású felderítő és térképező holdak, a meteorológiai műholdak, a Hubble űrteleszkóp, valamint a nemzetközi űrállomás működése is lehetetlenné válna. De még a jóval magasabb pályán mozgó kommunikáció és GPS műholdak is veszélybe kerülnének. Éppen ezért mindenképpen el kellene kerülni egy űrbéli konfliktust, hogy ne zárjuk be magunkat a Földre.



## **Köszönetnyilvánítás**

Ez úton is szeretném köszönetemet kifejezni szakvezetőmnek, Dr. Szatmáry Károly habil. egyetemi docensnek, a dolgozat elkészítéséhez nyújtott hasznos tanácsaiért és hogy a nagy fáradtsággal összegyűjtött képanyagát rendelkezésemre bocsátotta.

Valamint köszönöm szobatársaimnak a türelmüket és támogatásukat, amit a dolgozat írása közben tanúsítottak.

## **Nyilatkozat**

Alulírott Végi András, fizika szakos hallgató, kijelentem, hogy a diplomadolgozatban foglaltak saját munkám eredményei, és csak a hivatkozott forrásokat (szakirodalom, eszközök, stb.) használtam fel.

Tudomásul veszem azt, hogy szakdolgozatomat a Szegedi Tudományegyetem könyvtárában, a kölcsönözhető könyvek között helyezik el.

Szeged, 2005. 05. 09.