

**Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem
Természettudományi és Művészeti Kar - Kolozsvár**

Humánökológia

Egyetemi jegyzet

Nyomtatóbarát változat – az előadások diáinak szövegével

Belső használatra

Urák István

Kolozsvár, 2007

Humánökológia

Bevezetés

Park és Burgess, a „chicagai iskola” alapítói használta először a humánökológia kifejezést a 20-as években. Ezzel elkezdődött az ökológizáció folyamata. Az egyes szaktudományok (szociológia, pszichológia, antropológia, közgazdaságtan stb.) a növényökológiából átvett fogalmakkal kísérelték meg leírni, értelmezni az emberi lét bizonyos összefüggéseit. Keresték azokat a társadalmi egységeket, amelyek elemzésében az ökológiai szemlélet érvényesíthető.

A humánökológia a globális problémák létrejöttének közvetlen és közvetett okait vizsgálja. Középpontba állítja a természet és az emberi lét szupraindividuális és individuális szintjén megnyilvánuló totális interakcióját.

A XIX. században és a XX. század első évtizedeiben felismerik, hogy a geoszféra-bioszféra alapvető folyamatai globálisak. Ezek a következők:

1. az életfolyamatok,
2. az éghajlat mint rendszer,
3. az elemek biogeokémiai körforgása,
4. a víz körforgása,

Ezek a folyamatok ma még kevésbé ismert, rendkívül bonyolult rendszert alkotnak, amelyben valamelyik tényező változása maga után vonja a többi elem módosulását.

A globális problémák megértéséhez szükséges:

- természettudományi ismeretek,
- társadalomtudományi ismeretek,
- embertudományi ismeretek integrálása.
- természetet, embert és kulturális örökséget tisztelő, környezetkímélő magatartásforma.

Fontos szerep: kutatás, oktatás, nevelés.

→ személyes részvétel a globális problémák enyhítésében, megoldásában.

A XX. században az ötödik globális folyamat az emberi tevékenység, ami az ipari társadalom kialakulásával kezdődött.

A folyamat markánsa a XVIII. századtól vált, amikor elkezdődött a modern nagyipar szerveződése, növekedett a nemzetközi kereskedelem szerepe. A XX. századra az ember közvetlen, illetve közvetett természetátalakító tevékenységét kiterjesztette a Föld egészére. A folyamat utolsó mozzanata a kommunikáció globálissá válása (műholdas távközlés, internet).

Az alapvető globális probléma a népességnövekedés, amely a mezőgazdasági, ipari tevékenységen, energiatermelésen keresztül közvetve hat a természeti folyamatokra.

A globális problémák középpontjában az élővilág áll, mert:

- az ember okozta károsodások, szennyezések legérzékenyebb indikátora az élővilág (beleértve az embert is),
- a bioszféra hozza létre, tartja fenn az atmoszféra, a hidroszféra és a pedoszféra jelenlegi összetételét, meghatározó szerepet játszik az éghajlat alakulásában, a globális víz és elemkörforgalomban.

Antropizált ökoszisztémák jellemzése:

- antropizáltság foka (antropikus hatás intenzitása),
- energiaigény,
- biodiverzitás, fajok közötti kölcsönhatások → stabilitás,
- környezetre gyakorolt hatás (szennyezés),
- trofikus láncok leegyszerűsödése → csúcsragadozó az ember,
- biocönózis elszegényedése.

A humánökológia elvei és értékszempontjai:

- az ember része a természetnek,
- a természetes folyamatok prioritása,
- az emberi tevékenységek limitáltak,
- az emberi tevékenység értékszempontjai
(gazdasági haszon ↔ önértékek).

A természet és az ember viszonyának történetisége, fordulópontok a természet rendjében

Az ökológiai krízis létrejöttének okait keresve, a következő alapvető összefüggéseket kell szem előtt tartani:

- az életmód, az emberek természetátalakító tevékenysége, a gazdálkodás,
- a gazdálkodással is összefüggő szemlélet és az értékrend, ezek visszahatása a létmódra,
- a természet és az ember megismerése, az ismeretek alkalmazása, ezek visszahatása a létmódra.

A természet és az ember viszonyában nyomon követhető egy tendencia, amely kimutatható az életmódban, a szemléletben, az értékrendben és a megismerésben egyaránt. Ez a természet és az ember elkülönülése, fokozatos polarizációja.

Az ókori keleti kultúrákban a természet és az ember még egészet alkottak, az ember egy volt a természeti létezők között. A polarizálódás az ókori görög kultúrában kezdődött el, de itt a hangsúly még az egységen, az összetartozáson volt. A teljes polarizálódás és a pólusok egymással való szembeállítás (természet-ember, test-lélek) a zsidó-keresztény-izlám kultúrkörben zajlott le a szemlélet és az értékrend szintjén. Gyakorlattá pedig az ipari társadalomban vált a természeti kötelékek felbomlásával.

1. Intuitív humánökológiai szemlélet az ókori keleti kultúrákban

A keleti társadalmakban az ősi társadalom nemzetségi viszonyai az államilag szervezett közösségi földtulajdonon nyugvó mezőgazdálkodás keretein belül alakultak ki. A társadalmi szervezet az ősi faluközösségekre épült. Ezekben a közösségekben az embernek mint egyénnek alárendelt a szerepe, a közösség tartozéka.

A **japán sinto** legjellegzetesebb eleme a bensőséges találkozás a legegyszerűbb megnyilvánulásaiban is szép és fenséges természettel. A természet iránt érzett hála és adományainak méltányolása a japánok természethez való viszonyának alapmozzanata. A sintoizmusban a boldog élet az evilági, a jelenvaló élet, melynek feltétele az élethez szükséges **elégséges** eszközök léte.

A hindu a dharma (világtörvény) uralta rendezett egész részének tekinti magát. A lét alapvető eleme a hit a lélekvándorlásban, a világ folyamatainak ciklikus voltában, az önmagát szüntelenül megújító világ örökkévalóságában. Ez az egyik összetevője az élőlények tiszteletének. A természettisztelet kifejeződik abban is, hogy a megváltás kiterjed az emberen kívül a növényekre és az állatokra is.

A föld viszonylag kevés munkát igénylő termékenysége, az éghajlati viszonyok csekély változása, a kasztrendszer maradandósága hozzájárul ahhoz, hogy a hindu ember alapvetően meditáló, befelé forduló, passzív. Intellektualizmusa meditatív, nem törekszik az európai ember „vas logikájára”. Meghatározó az összefüggésekbe való betekintés: „Figyelj, ismerd fel tetteid következményit!”, s ez a következményekért való felelősségvállalás alapvető motívumok a hindu mindennapi életében.

A buddhizmus egyik erkölcsi alaptétele, hogy „Ne bántsunk senkit: sem másokat, se önmagunkat!”. A „nem ártás” elve, a többi hindu valláshoz hasonlóan, kiterjed a természeti folyamatokra is. Az ember része a természetnek, de magasabb rendű a többi élőlényhez képest, és ez természettiszteletre, természetmegőrzésre kötelez. A négy nem bocsátható bűn közé tartozik az állatok megölése és az ember szerénységének hiánya: „Egyetlen élőlényt, egy férget vagy hangyát sem szabad megölni. Emberfeletti tökéletességgel nem szabad kérkedni!” (Fromm-Suzuki 1989). A tisztességes megélhetés, az egyszerűség és az erőszakmentesség lehetővé teszi az erőforrások ésszerű felhasználását, a természet megőrzését.

A kínai taoista világszemlélet és mentalitás mutat hasonlóságokat a hinduval, de különbségeket is. A kínai ember nem befelé forduló, hanem gyakorlati érzékű, így fontos számára a mindennapi élet rendjének biztonsága. A kínai élet kollektív jellegű, melyben meghatározó szerepet játszik a faluközösség a hagyományaival, az ősök nagyfokú tiszteletével.

A kínai világszemlélet szerint a világmindenség hatalmas eleven organizmus, a földi és a túlvilági élet egyetlen nagy szerves egységet alkot, melynek alapja az egyetlen világtörvény, a tao. Az ember, a többi létezőhöz hasonlóan, szerves része a világrendnek, mely egyben erkölcsi rend is. A világfolyamat ciklikus, a jin és a jang, a két egymással egységet alkotó kozmikus erő hozza létre a tapasztalható világot. A boldogság feltétele a természet rendjéhez való igazodás.

A természetközelség ellenére a mezőgazdálkodó társadalmak szerveződése fordulópont volt a természet rendjében. A mezőgazdálkodásra áttért ember beavatkozott a természet rendjébe, saját szükségleteinek megfelelően alakította azt. Legszenvedélyesebb és esetenként maradandó beavatkozás a természet rendjébe a házasítás (diverzitáscsökkenés és sérülékeny monokultúra) és az öntözés (talajdegradáció, telejerózió). A mezőgazdálkodásra való áttéréssel elkezdődött a Föld arculatának átalakítása, igaz, a maradandó károsodások még csak lokálisak.

2. Intuitív humánökológiai világszemlélet az ókori görög kultúrában

Hasadás a harmóniaeszményen belül, a természet leértékelésének kezdete

Az ókori görög intuitív humánökológiai szemlélet egyaránt mutat hasonlóságot és különbséget az ókori keleti látásmóddal. Ennek hátterében az életmód különbségei és hasonlóságai húzódnak. A görög poliszok életében alapvető szerepet játszott a földművelés, de mellette a kézművesség és a kereskedelem is jelentős volt. A közös földtulajdon mellett létezett parcella magántulajdon, amely hozzájárult a gazdaságilag és erkölcsileg szabad görög autonóm személyiséggé formálódásához. Ez az individualizáció azonban még nem volt túlsúlyban a közösséghez tartozással szemben. A görög városállamok fejlődésének csúcán egyfajta társadalmi harmónia alakult ki egyén és közösség között.

A görög benne élt a természetben, magát a természet szerves részének tekintette, ezért még nem is tevődött fel a kérdés, hogy mi az ember helye a természetben. Alapvetőnek tartották a harmónia érvényesülését, hiszen az antik görögség értékrendjében a legfőbb érték a harmóniaeszmény: harmónia a világmindenségben, a test és a lélek harmóniája az emberben.

Püthagorasz úgy gondolta, hogy az élőlények, beleértve az embert is, lelkileg végtelen egységet alkotnak és ebből a szempontból emberek és állatok összetartoznak.

Hérodotosz földrajzi és természetföldrajzi leírásainak a középpontjában az ember és a természet egysége, az élőlények egymásrataltsága áll. Az egyes élőlényeket egy nagyobb egység egymással szoros kölcsönhatásban lévő részeiként tárgyalja.

Arisztotelész szerint az ember nem természetén kívüli, nem áll a természeti folyamatok fölött, hanem épp olyan önorganizáló lény, mint a növények és az állatok, azzal a különbséggel, hogy tevékenysége révén külső célt képes „bevinni” a természeti anyagba. Korának azon természetbúvárai közé tartozott, akik vizsgálódásaikban szem előtt tartották a földrajzi környezet, a klimatikus viszonyok és az élővilág kapcsolatát.

Theophrasztosz, Arisztotelész leghíresebb tanítványa, botanikai vizsgálataival járul hozzá az intuitív ökológiai szemlélet körvonalazásához: az élőlényeket a rájuk mindenkor ható környezetükkel együtt vizsgálta.

De mindezzel ellentétben, az antik görög kultúrában elkezdődött egy, a felvázolt tendenciától eltérő folyamat: a természet leértékelődése, ami egyben a *Homo sapiens* önértékelési zavarának kezdete.

Parmenidésznél olyannyira leértékelődik a természet, hogy valójában nem is létezik („az érzékelhető világ, a keletkezés, a pusztulás, a sokféleség világa csak fennáll, a halandók hiedelme”).

Platón világszemléletével a világmindenség és az emberi lét polarizációja teljessé vált. Áthidalhatatlan szakadékot húzott a szellem és az anyag közé, kiszakítva az ember lelkét (gondolkodását) a természetből. Teljes a hasadás az ember teste és lelke között, a lélek a test börtönébe kerül. Útjára indul az európai intellektualizmus és az ember önimádata, önelégültsége.

Szofoklész: „Sok van, mi csodálatos, de az embernél nincs semmi csodálatosabb”.

Prothagorasz: „Minden dolognak mértéke az ember, a létezők létének, a nemlétezők nemlétének”.

A természet leértékelődése a görög kultúrában sajátos színezetet öltött, nem csupán azért, hogy még a harmóniaeszményen belül maradt, hanem azért is, mert a görög, aki leértékelte a természetet, nem uralkodni akart azon, hanem attól elfordulni, attól függetlenedni.

3. A középkori keresztény szemlélet uniformizáló holizmusa

A zsidó-keresztény kultúrában mutatható ki az, hogy a leértékelés egyben a természet feletti uralom igénye is. Az emberért teremtett természet és a természet feletti uralomra teremtett ember eszméje általánosan elfogadottá vált. Külön hangsúlyt kapott az ember természettől való különállósága. Az ember a természet mindenható, korlátlan urának hiszi magát.

„És mondá Isten: Teremtsünk embert a mi képünkre és hasonlatosságunkra, és uralkodjék a tenger halain, az ég madarain, a barmokon, mind az egész földön, és a földön csúszó-mászó mindenféle állatokon ... és mondá Isten: Imé néktek adok minden maghozó füvet az egész föld színén, és minden fát, melyen maghozó gyümölcs van, az légyen néktek eledelül.”

A bibliai szövegek többféleképpen értelmezhetők. A természet-ember viszony szemszögéből alapvető a természet feletti uralom értelmezése. Jelentheti a megművelést, a megőrzést, de jelentheti a rablógazdálkodást. Minden attól függ, ki hogyan értelmezte, értelmezi ezeket a szövegeket és ennek milyen hatása van az ember tevékenységére. A rosszul értelmezett természet feletti uralom átmentődött az újkor XVII. századtól napjainkig tartó racionalizmusába, intellektualizmusába, voluntarizmusába az ipari társadalmakban, és folytatódott a marxizmus, leninizmus, sztálinizmus ideológiájába, a „szocializmus”-nak nevezett gyakorlatban.

Léteztek azért ezzel ellentétes törekvések is.

Darwin a „Fajok eredete” (1859) és az „Ember származása” (1871) című műveiben az embert visszahelyezte az őt származása szerint megillető helyre, a természet evolúciós rendjébe.

A középkori paraszti kultúrákban fellelhető az intuitív ökológiai szemlélet, létezett az „élő Földanya” képzete, így vita folyt például arról, hogy szabad-e bányászni.

4. A természet és az ember felértékelődése a reneszánsz kultúrában

A reneszánsz viszonylag rövid, de az általa hordozott értékek miatt fontos korszaka volt az emberiség történetének. A vizsgálódás, az élet középpontjába állította az alkotó, sokoldalú autonóm személyiséget és az esztétikai értékeket is hordozó, sokszínű természetet, a test és a lélek harmóniáját, az ember és a természet harmóniáját.

A reneszánsz elsősorban kulturális tény volt, a középkortól eltérő felfogás az életről, mely a művészetekben, az irodalomban, a tudományokban hatott, de az ember és a természet újfajta viszonyát, a természet és az alkotó ember felé fordulás igényét és az ezzel összefüggő nevelési eszményt nem tudta általánosan érvényesíteni, egy olyan valósággal szemben, mely tagadta ezeket az értékeket. A vallási harctól gyötört és a török veszélytől fenyegetett világban évszázadokig kellett várni, míg ezek az értékek általánosan megtűrtté, majd elfogadottá váltak.

5. A középkori gazdaság átalakulása

A XV. és a XVIII. sz. között az emberek 80-90%-a a földből élt, a gazdaság legfontosabb ága mindenütt a mezőgazdaság volt. A mezőgazdálkodást kiegészítette a céhes keretek között működő kézműves tevékenység.

A céhek felbomlási folyamata a középkor végétől követhető nyomon. Szerveződtek a manufaktúrák, elveszett a munkafolyamatok teljessége, az egyes részfolyamatokat specialisták végezték. A kereskedelmi és az ipari tevékenység a városokban összpontosult. Az urbanizációval felbomlottak a középkori természetadta kapcsolatok. A munkatevékenység differenciálódott, az egyének egy-egy munkafajtaára specializálódtak. Megváltozott a család gazdasági funkciója, elsősorban fogyasztó közösséggé vált.

Ez a korszak a modern természettudományok körvonalazódásának, intézményesülésének időszaka.

6. A modern természettudomány és az ökológiai látásmód

A kialakuló természettudományos gondolkodás egyik alapvető jellegzetessége a matematizálás volt, a matematika alkalmazása a természetkutatásban. A modern tudomány kialakulásának másik alapvető jellegzetessége a pontos, jól eltervezett, rendszeres kísérletezés volt. Az ellenőrzött körülmények között folyó, megismételhető kísérletek a természeti folyamatok analízisei, amelyek szükségessé tették a redukció módszerének alkalmazását.

A redukció módszerének az élőlényekre való alkalmazása a modern természettudományok kialakulásának időszakában pozitív és negatív következményekkel járt.

Harvey rendkívüli sikeres redukciót hajtott végre a vérkeringés vizsgálatában. Amikor élő emlősöket boncolva nem tudta kibogozni a vérkeringés mechanizmusát, annak viszonylagos bonyolultsága és a véráramlás sebessége miatt, egyszerűbb és lassabban működő modellt keresett, haldokló kígyót boncolt. Elemzései sikeresnek bizonyultak, felfedezte a két vérkört.

A redukció azonban túllépheti a megengedhető határt.

Descartes szerint az emberi test egy mechanikai szerkezet (gép).

Lavoisier kísérletileg igazolta, hogy mind a gyertya égéséhez, mind az egér életben maradásához oxigénre van szükség és az oxigénfogyasztás mindkét esetben hőtermeléssel jár. Az égés folyamatát megértve, gőzgépnek tekintette az élőlényeket.

Linné, illeszkedve a kor mechanikus szemléletéhez és módszeréhez, külső, jól definiálható bélyegek alapján rendszerezte a növényeket és az állatokat. Rendszere mesterséges: a növényeket az ivarszervek alapján, az állatokat külső jegyek alapján rendszerezte. Kidolgozta az élőlények kettős nevezéktanát abból kiindulva, „ha nem tudod a nevét, a dolgot nem ismered”. Megteremtette a biológia tudományos nyelvét. De tisztában volt rendszerének elavult voltával: „én még nem tudom megadni természetes rendszereim alapját, de azok, akik nyomomba lépnek, megtalálják ezt az alapot”.

7. Az ész és a nevelés mindenhatósága

A modern természettudományok kialakulásával együtt járt az egyedi lét szerepének az eltűlése. Megmaradt a teljességigény, de nem a természet tényleges rendjének teljessége volt a fontos, hanem az ember által elgondolt ésszerű természeti rendé. Az újkori racionalizmus megalapozta a megismerés korlátlan erejébe vetett hitet. Az ész lett a legfelső fórum, minden emberi tett igaz és értékes voltának kritériuma, a legmagasabb ítélőszék, amely legfelső fokon és fellebbezés nélkül dönt mindenről.

A szerveződő ipari társadalomban az áruviszonyok uralkodóvá válásával a személyi viszonyok helyébe a dolgok által közvetített viszonyok léptek. Rendkívül fontosnak tartották az ipari társadalom szükségleteinek megfelelő egyének kialakítását. Ebben döntő szerepe volt a nevelésnek.

Locke szerint a nevelés mindenható, születéskor minden ember egyenlő, elméje tiszta lap, melyre a tapasztalat ír. „Az ember képességei és lelke közötti különbség inkább tulajdonítható a nevelésnek, mint bármi másnak. Nincsenek a természettől fogva az elmébe vésett elvek, mert a gyerekek és a bolondok nem ismernek ilyeneket.”

8. Nyereséges gazdálkodás, korlátlan gazdasági növekedés

A XVIII. század utolsó harmadától fokozatosan általánossá vált a gépi termelés. A technikai találmányok lehetővé tették a termelés növekedését, a népességnövekedést, ami bővült felvevőpiacot jelentett. A természet és az ember viszonya szempontjából a folyamat nagyon lényeges mozzanata volt a bányászat, az ipar, az építőipar előretörése.

A XIX. századi gazdasági fejlődés legjellemzőbb fokmérője a városok, az ipari munkásság létszámának és a jövedelmeknek a növekedése.

A. Smith és **D. Ricardo**: az áruk (termékek) értékét a bennük rejlő munka adja, a természeti erőforrások nem játszanak ebben szerepet. A görög kultúrában elkezdődött természetleértékelődés gazdasági tartalommal bővül.

A XIX. század gazdasági fejlődésének fontos mozzanata volt az iskolai oktatás elterjedése.

Paradox helyzet áll elő a XIX. sz. második felében és a XX. században. Miközben a filozófiában és a pszichológiában egyre több a racionalitást megkérdőjelező, elvető elképzelés született. Valamint körvonalazódott a tudományos igényű ökológiai látásmód is, a gyakorlatban kulminál a korlátlannak hitt racionalitás következménye, a globálissá terebélyesedett természetpusztítás.

Malthus a populációk törvényszerűségeit tanulmányozva arra a következtetésre jut, hogy minden élőlényt (a növényeket, az állatokat és az embert is) ösztöne korlátlan szaporodásra készíti (túlnépesedésre való hajlam). A korlátlan szaporodásnak azonban határt szab a tér és az élelem hiánya. A népesség mértani haladvány szerint növekszik, az élelem mennyisége viszont csak számtani haladvány szerint. A „feleslegnek” szükségszerűen el kell pusztulnia. Ez a természetes fék. Az ember értelmes lény, képes felismerni ezeket a természeti törvényeket, mesterséges fékeket alkalmazhat a túlszaporodás megakadályozására (késői házasság, a szexuális élettől való tartózkodás). Az ember azonban nem korlátozza a szaporodást. Így az éhínség, a nyomor, a járványok, a háborúk állítják helyre az egyensúlyt a népesség és a rendelkezésre álló élelem között.

Malthus felismerte, hogy az emberi tevékenységnek vannak korlátai: a természet nem kimeríthetetlen erőforrás, nem áll rendelkezésre korlátlan nagyságú megművelhető terület és a mindenkori technika színvonala is korlátozó tényező. A Homo sapiens nem viselkedik sapiensként, az ész nem mindenható.

9. A globális problémák felismerése, a megoldások keresése

Humboldt gazdasági célú dél-amerikai útján szerzett tapasztalataiból kiindulva felhívta a figyelmet arra, hogy az őserdők irtása globális klímaváltozást von maga után.

Arrhenius (1896) rájön arra, hogy a légkör szén-dioxid-koncentrációjának növekedése klímaváltozással jár.

Carson (1962) „Néma tavasz” című könyvében figyelmezteti az emberiséget a növényvédő szerek alkalmazásának veszélyeire.

Hardin (1968) cikkében az ökoszisztémák modern használatáról ír, melyet rablógazdálkodásnak nevez, és melynek végeredménye a közelgő pusztulás.

Római Klub (1968) megalakulása 10 ország 30 tudósából és vezető szakemberéből. Az emberiség veszélyeztetett helyzetének, a világproblematikának a felvázolását és tanulmányozását tűzték ki és 1972-ben „A növekedés határai” címen közzétették zárójelentésüket. A vizsgálat 1900-1970-2100 közötti időszakot ölelte fel. Fel kívánták hívni a figyelmet az emberiséget fenyegető veszélyekre: a túlnépesedésre, az elégtelen élelmiszer-ellátásra, a természeti erőforrások gyors ütemű csökkenésére, az ipari termelés aránytalan növekedésére és a környezetszennyezés okozta ártalmakra.

Növekedik azoknak a nemzetközi kutatási programoknak a száma, amelyek az ökológiai krízis különböző aspektusait elemzik (Globális Léggörkutató Program, Éghajlati Világprogram, Nemzetközi Geoszféra-Bioszféra Kutatás, Ember és Bioszféra stb.). A 70-es évektől a természet- és környezetvédelem politikai mozgalommá szerveződött. Megjelentek a politikai élet palettáján az első zöld pártok.

1983-ban az ENSZ főtitkár felkérésére létrejött a Környezet és Fejlesztés Világbizottság azzal a céllal, hogy áttekintse az emberiség globális problémáit, és keresse a megoldási lehetőségeket.

1992-ben Rio de Janeiróban volt „Az ENSZ Környezet és Fejlődés Konferenciája”. Megnyitották hivatalos aláírásra a Biológiai Sokféleségről szóló egyezményt, amelynek a legalapvetőbb célkitűzései a következők: „a biológiai diverzitás megőrzése, a genetikai erőforrások hasznosításából származó előnyök igazságos és méltányos megosztása...”. Sajnos, megmaradt a sokévszázados antropocentrikus felfogás, a biológiai diverzitás mint hasznosítható erőforrás, nem mint a bioszféra fennmaradását biztosító önérték. Ugyancsak megnyitották aláírásra a Keretegyezményt az éghajlatváltozásról, melynek alapvető célkitűzései: „az üvegházgázok légköri koncentrációjának stabilizálása olyan szinten, hogy megelőzhető legyen az emberi tevékenységből eredő veszélyes mértékű éghajlatváltozás kialakulása”.

1994-ben, Kairóban, a Népeségi és Fejlődési Világkonferencián 179 ország képviselői megállapodtak egy tervben, amelynek célja a világ népességének stabilizálása. Figyelembe véve a természet korlátait, a fenntartható társadalom egyik alapfeltételeként állapítják meg az emberiség létszámának stabilizálását 8 vagy 9 milliárdon.

A humánökológia megjelenése

Korunk egyik tudományelméleti problémája a szaktudományokban való partikuláris gondolkodás. Az embert vizsgáló tudományok egy részét ma is a természettudományok, más részét pedig a társadalomtudományok közé sorolják.

A XX. században az emberiségnek szembe kellett néznie az általa okozott globális problémákkal. Nyilvánvalóvá vált, hogy a hagyományos szaktudományos keretek között mozgó partikuláris szemlélet nem elégséges sem a globális problémák megértéséhez, még kevésbé ezek kezeléséhez.

Olyan szemléletre van szükség, amely túllépi a természettudományok, társadalomtudományok, embertudományok, filozófia határait. Az emberi lét sajátos jellege, hogy egyszerre tartozik a bioszférához mint biológiai struktúrához és az általa létrehozott társadalmi/kulturális struktúrához.

Mindez elvezetett egy új, transzdiszciplináris tudomány megjelenéséhez, s ez a humánökológia. Megalapítói **Park** és **Burgess**, ők hozták létre a chicagói iskolát, a „szociológiai humánökológiát”.

A humánökológia új típusú, ma még útkereső tudomány, a természettudományi, társadalomtudományi, embertudományi ismeretek egy laza konglomerátuma, három, viszonylag önállósággal rendelkező pólus: a **természet** (a geoszféra-bioszféra folyamatai), a **kultúra** (az ember által létrehozott közvetítő rendszerek) és az **ember** (a bioszociális személyiség) különböző szinteken érvénysülő interakciója.

A humánökológia vizsgálati objektuma a természet-ember interakciója, a természet, a kultúra és az ember kölcsönhatásrendszere.

A vizsgált objektum humánökológiai megközelítése:

- az embert nem csupán formálisan, hanem ténylegesen is a természet részének tekinti,
- a geoszféra-bioszféra folyamatai és az emberi biológikum korlátokat jelentenek az emberi tevékenység számára,
- az embernek lehetőségei csak a természeti korlátokon belül léteznek,

A természet, társadalom, ember kölcsönhatásrendszerben a *Homo sapiens*nek le kell mondania arról a tévhitről, hogy intellektuális képességeire való tekintettel őt illeti meg az ontológiai prioritás. Intellektuális képességei felelősségvállalásra és nem ontológiai prioritásra jogosítják fel.

Alapvető földtani folyamatok

A Föld szerkezete

A Föld arculatát jelentősen befolyásoló folyamatok lehetnek:

- belső erők által előidézett folyamatok, melyeket a Föld belső energiája mozgat és amelyek a földkéreg és földköpeny, valamint annak rétegei közötti kölcsönhatások,
- külső erők által előidézett folyamatok, amelyek a földkéreg és a rajta elhelyezkedő hidroszféra és az atmoszféra között zajlanak le.

A gömbhéjas felépítésű Föld magját (2900-6378 km között) két részre tagolhatjuk:

- szilárd külső mag,
- részben folyékony belső mag.

A földköpeny szintén két rétegű:

- alsó köpeny (1000-2900 km között),
- felső köpeny (30-1000 km), melynek 700-70 km közötti részét asztenoszférának nevezzük.

A felső köpenyben helyezkedik el egy szeizmikusan kis sebességű öv (70-250 km között), amely leginkább egy nagy viszkozitású folyadékhoz hasonló halmazállapotban található.

A szilárd halmazállapotú földkérget és a felső köpeny szilárd felső részét együttesen litoszférának nevezzük.

A földkéreg szerkezete az óceánok és kontinensek alatt alapvetően különböző:

- az óceáni kérget a hidroszféra és a vékony üledékréteg alatt mintegy 5-8 km vastag, bázikus kémiai összetételű kőzettömeg alkotja,
- a kontinenseket a gránit kémiai összetételének megfelelő kémiai összetételű kőzettömeg alkotja.

Magmás folyamatok

A magma részlegesen vagy teljesen megolvadt szilikátokból és oldott gázokból álló nagy hőmérsékletű folyadék, amely az asztenoszférában vagy a litoszféra alsó részében jön létre, helyi megolvadás következtében. Az olvadt anyagot és környezetét magmakamrának nevezzük.

A megolvadt magma a felszín irányába mozog. Ha a földkéreg mélyebb rétegeiben megreked, mélységi magmás testek (intrúziók) keletkeznek. Ha a magma nagy mennyiségű illóanyagot (gázt) tartalmaz, és ha a földkéreg szerkezete lehetővé teszi, akkor lávaként a felszínre tör: ez a vulkán. A néhány 100, esetleg 1000-2000 m mélységben megrekedt magmás testek a szubvulkáni képződmények. Ezek közül a vulkánok befolyásolják legjelentősebben a földi ökoszisztémákat.

1. Vulkanizmus

A vulkánokat kitörési morfológiájuk szerint három nagy csoportra osztjuk:

- areális vulkánok,
- lineáris (hasadék-) vulkánok,
- centrális (csatornás-) vulkánok.

Földtani felépítésük szerint megkülönböztetünk pajzsvulkánokat és rétegvulkánokat.

A pajzsvulkánok nevüket széles elterült, viszonylag lapos alakjukról kapták. A lapos jelző megtévesztő lehet, mivel az óceán aljzatától számítva ezek a Föld legmagasabb hegyei. Forró pontok fölött és óceáni hátságokon helyezkednek el. A forró pontok olyan helyek, ahol hosszabb időtartamon keresztül jelentős pontszerű magmafeláramlás folyik. A magas hőmérsékletű anyag szinte „átégeti” a földkérget ezeken a helyeken (pl. Hawaii-szigetek). A hátságok mentén a földköpeny anyaga vonalszerűen a felszín közelében áramlik (pl. Izland szigete). A pajzsvulkánok lávái bázikusak (leggyakrabban tholeiites bazaltok).

A rétegvulkánok nevüket réteges felépítésükről kapták. Ezek a vulkánok csak a szárazföldeken működhetnek, mivel a víz alatti vulkanizmus esetében a szórt vulkáni anyag mennyisége jelentéktelen. Tipikusan kontinentális kérgen vagy szubdukciós övezetek fölött alakulnak ki (Fuji Japánban, Vezuv Olaszországban). A rétegvulkánok anyaga általában neutrális vagy savanyú (andezitek, riolitok stb.).

1.1. A vulkanizmus hatása a földi atmoszférára és klímára

A vulkánok a felszínre hozott megszilárduló kőzetanyag mellett igen jelentős mennyiségű vulkáni gázt bocsátanak ki (vízgőzt, szén-dioxidot, kén-dioxidot, nitrogént stb.). Ezeknek a légkörbe kerülő gázoknak kettős hatása van. A savanhidridek (pl. CO_2 , SO_2) az esővízzel, párával gyenge savakat képeznek, melyek a kőzetek mállását idézik elő. A nagy mennyiségű szén-dioxid növeli az üvegházhatást és jelentősen befolyásolhatja a földfelszín hőháztartását.

A vulkanizmus révén levegőbe került aeroszolok (igen finom eloszlású vulkáni hamu) hatása a szén-dioxidéval ellentétes: növeli a felhőképződés mértékét és a Föld légkörénél nagyobb mértékben veri vissza a napsugárzást.

Hosszabb geológiai időn keresztül tartó intenzív vulkáni kitöréskor a felmelegedést gerjesztő hatások mértéke meghaladja a globális hőmérsékletet csökkentő hatásokét.

2. Lemeztektonika

Alfred Wegener (XX. sz. eleje) ismeri fel, hogy a kontinensek és az óceánok földrajzi helyüket és alakjukat a földtörténeti idők során változtatták.

2.1. Az óceánfenék szétterülése

A tudomány mai állása szerint az óceánok keletkezési helyei azok a kontinenseken keresztül húzódó mély árkok (pl. a Kelet-afrikai-árokrendszer), amely alatt a felső köpeny konvekciós áramlásai zajlanak.

Ezek a rendkívül erős hőcserével járó konvekciós áramlások leolvasztják a litoszféra alsó részét, kivékonyítva azt, ami nagy mélytörések mentén árkok kialakulásához vezet. Az árkok alatti kéregbe bázikus köpenyanyag nyomul be, a felszínen bazaltos rétegvulkánok jelennek meg.

A litoszférában fellépő húzóerők tovább tágítják az árkot, miközben a kontinentális típusú kéreg óceáni jellegűvé válik és az így kialakult mélymedencébe beömlik a világtengerek vize (pl. Vörös-tenger).

Az így létrejött kisméretű óceán középvonalában, a köpenyfeláramlás helyén alakul ki az óceáni hátság, amely a tőle jobbra és balra elhelyezkedő óceáni medencék kérgét gyarapítja („tágul az óceán”).

2.2. Szubdukció

Az óceáni hátságrendszer által „termelt” óceáni kéreg folyamatosan növeli a földkéreg felületét. Ahhoz, hogy egyensúly jöhessen létre, az idősebb óceáni kéreg egy részének folyamatosan el kell tűnnie. Az óceáni kéregben vagy az óceáni és kontinentális kéreg találkozásánál a földfelszínnel párhuzamos, egymással ellentétes irányú, kompressziós erők lépnek fel. Ilyen helyzetben az óceáni kéreg az ellentétes irányba mozgó lemez alá bukva a szubdukciós zónában folyamatosan elnyelődik, az alábukó lemez és a rajta szállított üledék fokozatosan megolvad. A két típusú kéreg között fennálló sűrűségkülönbség miatt minden esetben az óceáni kéreg bukik a kontinentális lemez alá (pl. Andok). Más esetekben, ha a törés az óceáni kérgen belül jön létre, az óceáni lemez bukik óceáni lemez alá (pl. Kermadec- és Tonga-szigetek).

A Földön termelődő és elnyelődő óceáni kéreg mennyisége és területe egymással egyensúlyban van.

2.3. Kontinensvándorlás

Az óceáni kéreg horizontális mozgása ugyancsak horizontálisan mozgatja a hozzá ízesülő kontinentális lemezeket. Az Atlanti-hátság pl. nyugati irányba tolja a dél-amerikai és keleti irányba az afrikai kőzetlemezt.

A kontinensvándorlás tényét támasztja alá, hogy számos kontinentális lemez határa több-kevesebb biztonsággal jól összeilleszthető egymással.

Az egyes kontinentális lemezek mozgása magától értetődően befolyásolja azok lassú éghajlatváltozásait, mivel azok az egyes klímaövek között változtatják helyzetüket.

2.4. Hegységképződés (orogenezis)

Földtani értelemben azokat a gyűrt kőzettömegeket tekintjük hegységnek, amelyek rétegtani értelemben véve hasonló felépítésűek és tektonikai történetük megegyező. A hegységrendszerek többnyire aktív lemezszegélyeken alakulnak ki.

Az orogenezis két lehetséges módja:

- Kordillera típusú orogén övezet:

- a gyűrt zónával párhuzamosan vulkáni szigetív alakul ki,

- Himalája típusú (kollíziós) orogén övezet:

- a két kontinentális lemez ütközési zónájába került kőzettömeg meggyűrődik és kiemelkedik.

A hegységképződési folyamatok igen jelentős mértékben befolyásolják a földi bioszférát. A kiemelkedő hegyláncok jelentősen megváltoztatják a lokális klímaöveget. A vulkanizmus folyamatosan növeli a légkör szén-dioxid-tartalmát, és ezáltal a Föld légkörének átlaghőmérsékletét. A hegységeket felépítő kőzetek oldódása során jelentősen megnövekszik a tengerbe érkező tápanyag mennyisége, elősegítve ezzel a tengeri biomassza növekedését.

2.5. Üledékképződés

A Föld felszínén folyamatosan zajló intenzív mállási és denudációs folyamatok két irányban is befolyásolják a földi bioszférát.

Rövidebb távon ezek a folyamatok elengedhetetlenek a talajosodás szempontjából. Csapadékos mérsékelt vagy trópusi éghajlati övben a talajosodás akár néhány száz év alatt végbemehet. Ezzel szemben csapadékmentes vagy extrém hideg égövön a talajképződésben szerepet játszó kémiai mállási folyamatok lelassulnak vagy egyáltalán nem következnek be. Hosszabb távon a mállási-denudációs folyamatok jelentősen megváltoztatják a táj és a földfelszín arculatát, néhány tízmillió év alatt akár hegységeket tüntethetnek el.

A kontinenseken kialakult és onnan elszállított málladék az üledékgyűjtőkbe, elsősorban a világtengerekbe kerül, és ott tartósan leülepedik.

Az üledékanyag mennyisége jelentősen befolyásolja a világtengerek morfológiáját: növelheti a partvonalat és a szárazföld területét, amint azt számos ókori kikötőváros mai szárazföld-belseji helyzete példázza.

Ennél jelentősebb az üledékképződés hatása a globális klíma alakulására. Míg a szárazföldi növénytakaró által lekötött szén-dioxid igen rövid idő alatt (akár évek vagy hónapok után) visszakerül a földi körforgásba, addig a tengeri biomassza által lekötött szén-dioxid egy jelentős része meszes és szerves anyagú üledékekbe temetődik be. Az így lekötött szén-dioxid csak nagyon hosszú rezidenciaidő után szabadul fel, akkor, ha a tektonikai mozgások kiemelik az üledékösszletet a felszínre és megindulhat a mállás, vagy ha szubdukciós folyamatok révén az óceáni kéreggel együtt elnyelődik és újraolvad az üledék, és a vulkanizmus révén a CO₂ visszakerül a légkörbe. Az üledékképződés tehát az üvegházhatás „ellen dolgozik”.

3. Globális eusztatikus tengerszintváltozások

Már több mint száz éve felfigyeltek arra, hogy mintegy fél tucat olyan nagy tengerelöryomulás (transzgresszió) s ugyanannyi tengervisszahúzóadás (regresszió) volt a földtörténet során, amelyek hatásukat szinte az egész Földön, egy időben érvényesítették.

A világóceánokban található vízkészlet mennyisége nem állandó és ezek a szintváltozások a globális víztömeg jelentős változásával nem magyarázhatók.

A világtengerek szintjét erősen befolyásolják a sarki jégsapkák tömegének növekedése vagy csökkenése. A glaciális periódusokban a tengervíz egy része „kifagy”, csökken a világtenger szintje, interglaciális periódusokban pedig megolvad, növelve a globális tengerszintet. Ezekkel a folyamatokkal viszonylag jól magyarázhatók a rövid periódusidejű (100-10 000 év nagyságrendű) tengerszintváltozások. Viszont ezekkel a folyamatokkal sem magyarázhatók a hosszabb periódusidejű (10-100 millió év nagyságrendű) tengerszintváltozások, nem beszélve arról a tényről, hogy a Föld történetében viszonylag ritkák az eljegesedési időszakok (jégkorszakok) és 100-200 millió éves periódusok során egyáltalán nem létezett a maival összemérhető sarki jégtakaró.

A nagyléptékű globális eusztatikus tengerszintváltozások fő okai a hátságok működésbeli intenzitásaiban megnyilvánuló különbségek. Amennyiben a földtörténet során az óceáni hátságok aktivitása, az óceáni kéreg képződési sebessége megnő, a globális eusztatikus tengerszint megemelkedik, megnő a tengerfelszín/szárazföld arány, a Föld albedója csökken, a globális klímaváltozás a melegedés irányába tolódik el. Ha az óceáni kéreg képződési sebessége csökken, a világtengerek szintje is csökkenni fog, csökken a tengerfelszín/szárazföld arány, nő az albedó, hűvösebb lesz a globális klíma.

A folyamatrendszer bonyolultságát jól szemlélteti az a tény, hogyha általánosan felgyorsul az óceáni kéreg képződési sebessége, akkor felgyorsul az óceáni kéreg szubdukciója is. A szubdukcióhoz kötődő vulkanizmus pedig – a levegőbe kerülő CO₂ révén – növeli a felmelegedést, ugyanakkor az aeroszol révén növeli az albedót, azaz „fűt”.

4. Földtörténet és globális klímaváltozás

Alfred G. Fischer ismerte fel, hogy a Föld, mint rendszer, története során oszcillációs mozgást végez. A mozgás két végpontját „icehouse” (hűtőház) és „greenhouse” (üvegház) néven különítette el.

A hűtőház állapot globálisan hűvösebb, kevésbé kiegyenlített, szárazabb klímát jelent: a földfelszínhez képest az óceánok felületének aránya csökken, a sarkokon jégsapka figyelhető meg, a sarkok és az Egyenlítő közötti hőgradiens jelentős.

Ez utóbbi teszi lehetővé az óceán intenzív cirkulációját, amely a tengerfenékre jutott üledék szerves anyagának nagy részét oxidálja és ezáltal nagy mennyiségű CO₂-ot szabadít fel a légkör számára.

Az üvegház állapot globálisan melegebb, kiegyenlített, csapadékosabb klímát jelent: az óceán területe növekszik, nincsenek sarki jégsapkák, ezért a sarkok és az Egyenlítő közötti hőgradiens is kicsi, a hidroszféra cirkulációja lelassul, ilyen módon az óceánfenék rosszul szellőzött lesz.

Napjainkban jelei mutatkoznak annak, hogy az emberi tevékenység az ipari CO₂-termelés, valamint a szárazföldi és óceáni fotoszintetizáló növények elpusztítása révén jelentősen bele tud szólni a földi klímarendszer működésébe (egy esetleges nukleáris háborúról nem is beszélve!). Rajtunk múlik tehát, hogy civilizációnkat formálva tudatosan, átgondolva cselekedjünk.

Az élet mint globális folyamat

A bioszféra evolúciója, a biodiverzitás

Az élet tudományát, a biológiát sokféle szinten lehet művelni. E különféle szintek mindegyike mint rendszer vizsgálható. Központi helyzetben az egyed (individuum) van.

Az összes élőlényt és azok élőhelyeit is magába foglaló szint a bioszféra. A bioszféra a geoszféra, hidroszféra és atmoszféra érintkezési területein jön létre.

Minden szerveződési szintnek van emergens tulajdonsága.

REDUKCIONISTA > HOLISTA

- kutatók száma
- megbecsülés
- Nobel-díjak

Az egyén számára egészséget, anyagi javakat ígér.

Az egész bioszféra lassú romlását igyekezik megfékezni.

Pl. Gaia elmélet (Lovelock)

DNS-hasító enzim

A Föld a Naprendszer szilárd anyagainak gravitációs tömörülésével keletkezett.

A nagyobb méretű anyagok becsapódása jelentős felmelegedéssel járt.

A mélyebb rétegekben megolvadt Föld anyagainak rétegződése vezetett a mag és köpeny elkülönüléséhez, s a tömörülés során a korábban abszorbeált gázok felszínre kerüléséhez.

A hőtermelő becsapódások ritkulásával a gőz-atmoszférából a felszínt borító óceánként csapódott ki a víz.

Üvegházhatás, 85C-fokos hőmérséklet.

Az élet első biztos nyomai 3,5 milliárd évesek. 2 milliárd évig nem volt jelentős fejlődés.

Továbbfejlődésre csak a bioszféra átalakulásával volt mód.

Ózonpajzs kialakulása.

Az élet keletkezését kémiai evolúció előzte meg.

2-2,5 milliárd évvel ezelőtt kialakult a fotoszintézis.

1,6 milliárd évvel ezelőtt a tengeri algák mennyisége növekedni kezdett.

600-700 millió éve: medúzák, gyűrűs férgek és ízeltlábúak is

500 millió évvel ezelőtt hatékony ózonpajzs

400-450 millió éve: első hajtásos növények

350-400 millió éve: tömeges előfordulás

280-350 millió éve: dzsungelszerű erdőségek

kontinentális lemezmozgás megélénkülése

intenzív vulkáni tevékenység

CO₂ szint megemelkedése + meleg klíma

Föld kőszénkészletének fele

szén kivonása intenzív fotoszintézissel

A diverzitás növekedésében fontos szerepe van a geoszféra lemeztektonikai folyamatainak.

230-285 millió éve (perm): szárazabb klíma

67-230 millió éve (triász, jura, kréta): meleg, őshüllők

67 millió évvel ezelőtt kezdődött a földtörténeti újkor

A bioszféra mai „antropogén gyérítése” gyorsabb változás.

Bioszféránk jelenleg a perm és kréta időszak végén bekövetkezett nagy kipusztulásokhoz hasonlítható krízisen megy keresztül.

Biodiverzitás (biológiai diverzitás) – élővilági változatosság.

Fajdiverzitás

Genetikai diverzitás

Diverzitás kiszámítása:

Shannon-index:

Simpson-formula:

A biodiverzitás dinamikája

Egyedszámváltozás

Genetikai diverzitás – új faj kialakulása

Kompetíció ↔ együttműködés

Gazda-parazita interakció – koevolúcióval szimbiózissá alakulhat

Kiszorítás helyett osztozkodás

A biodiverzitás fenntartása minden szinten eredményes stratégiának bizonyult a bioszféra hosszú evolúciója során.

Környezet: az a valós, topográfiai tér, amely az élőlényeket körülveszi.

Ökológiai környezet: adott szupraindividuális objektumra ténylegesen ható tényezők összessége, amelyek megszabják azt, hogy térben hol, időben mikor és milyen mennyiségben, milyen élőlények élhetnek együtt.

Ökológiai tűrőképesség: az élőlények válasza az ökológiai környezeti tényezők hatására.

Euriöcikus vagy generalista fajok

Sztenöcikus vagy specialista fajok

Pl. talajsavanyúságot jelző növények: tőzegmohák, korpafüvek, áfonyák, harmatfüvek

Magas kalciumtartalom jelzése: kőtörőfű

Liebig (1840): limitációs elv

A populációk sajátosságai

- véletlenszerű (random) eloszlás,
- szabályos eloszlás,
- csoportos (aggregált) eloszlás.

Életközösségek

Minden élőhelyen populációk sokasága fordul elő együtt térben és időben.

A közöttük ható kölcsönhatások közösséggé (társulás vagy cönózis) formálják őket.

- növénytársulások (fitocönózisok)
- állattársulások (zoocönózisok)
- biocönózisok

A társulások szerkezete:

- térszerkezet,
- időszerkezet,
- kapcsolatszerkezet.

Az élőlényközösségek anyagforgalma és energiaáramlása

Az élőlényközösségekben az anyagforgalom és az energiaáramlás főbb állomásai:

- növények,
- növényevő állatok,
- ragadozó állatok,
- lebontó szervezetek.

Elsődleges (primer) produkció

Másodlagos (szekunder) produkció

Az ásványi anyagokat a növények fotoszintézissel szerves vegyületekké alakítják.

A szerves anyagok egy részét a növényevők állati szerves anyaggá alakítják.

A növényevő állatok a ragadozók táplálékául szolgálnak.

Az elpusztult szervezeteket a lebontók ásványi anyagokká alakítják át.

Biogeokémiai ciklusok

1. Vizsgálódási kritériumok

A Földnek, mint ökológiai rendszernek van egy természetes „anyagcseréje”, egy folyamatos anyag-, és energia körforgalma, amely millió évek óta fennáll és amelynek legfontosabb mozgatórugója a nap sugárzó energiája.

Az élőlényekhez kötött biológiai folyamatok (pl. cellulózbontás), geológiai történések (pl. vulkánkitörés, erózió) és kémia reakciók (pl. ásványok oldódása, fotokémiai események) sokasága folyamatos körforgásban tartja az elemeket Földünkön a litoszféra, a pedoszféra, a hidroszféra, a bioszféra és az atmoszféra között. Ezeket az anyagkörforgalmakat *biogeokémiai ciklusoknak* is nevezzük. Az anyagforgalommal párhuzamosan energiaáramlás is zajlik, amelyet a Föld belső erői, energiatartalékai, és mindenekelőtt a nap sugárzó energiája tart fenn.

Az anyag- és energiaáramlások nagy része már jóval az ember létezése előtt végbement. Így pl. az óceánok párolgása által a légkörbe vízgőz, vulkáni működés hatására szilárd részecskék, különböző gázok kerültek, amelyek aztán leülepedtek a talajra vagy a nyers kőzetfelszínre, vagy a talaj részecskéin adszorbeálódtak (lekötődtek). Innen a lehulló csapadékkal a talajvízbe vagy a felszíni vizekbe kerültek, s a folyóvizeken át a tengerekbe és óceánokba jutottak. A növények és állatok is szerepet játszottak az anyag- és energiacyklusok létrejöttében, főként a fotoszintézis és légzés révén. Mindezeket, az embertől függetlenül létrejött, már az ember előtt is létező anyagmozgásokat és energiaáramlásokat *természetes* (természeti) *eredetűnek* tartjuk.

Az ember megjelenésével, majd világméretű elszaporodásával – az egyre hatékonyabb termelési és fogyasztási tevékenységei révén – módosította a természetes anyag- és energiaáramlásokat. A legismertebb ilyen módosító hatások közé tartozik a *fosszilis tüzelőanyagok* (szén, kőolaj, földgáz) *elégetése*, amelynek során a légkörbe többlet-CO₂ kerül, és ez befolyásolja a szén-ciklust, *üvegházhatást*, *globális felmelegedést* idézve elő.

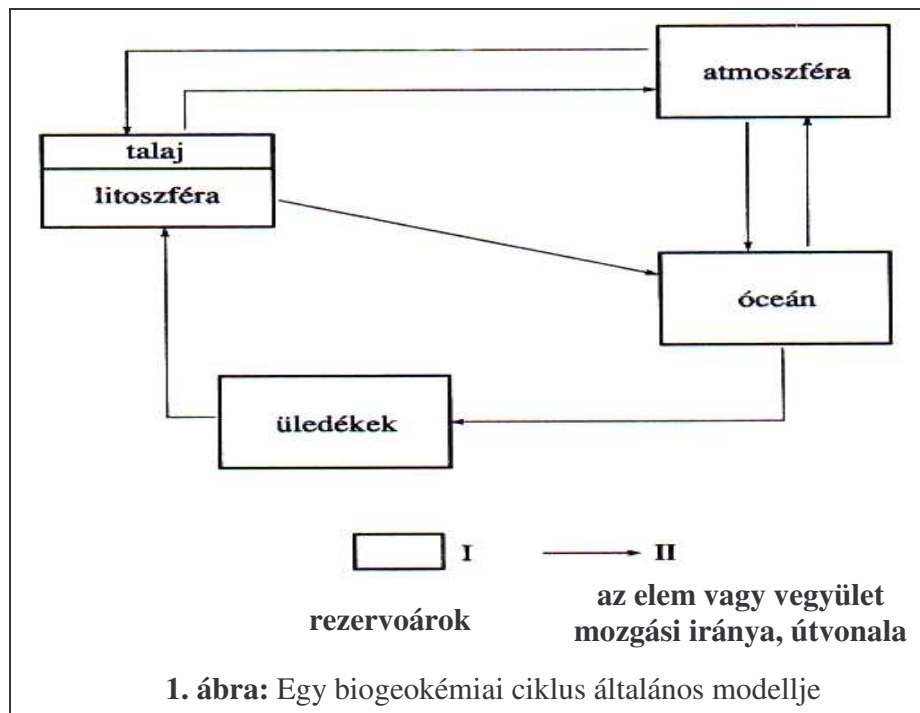
Kevésbé közismert, hogy az emberi tevékenység sokkal nagyobb arányban befolyásolja az *ólom geokémiai ciklusát*. A természetes úton mozgó ólom mennyiségének a többszörösét juttatjuk a környezetbe, ezzel az ember meghatározó tényezője lett az ólom-ciklusnak.

De teljesen új anyagokat is előállítottunk és bejuttatunk a földi rendszerbe. Ezek – elterjedve a Földön – új anyagciklusokat indíthatnak el, amelyeknek beláthatatlan következményei lehetnek. Ilyen pl. a **DDT** (**d**iklór-**d**ifenil-**t**riklóretán) nevű rovarölő szer, amelyet a második világháború után vetettek be, hogy megfékezzék a kártevő és betegségeket terjesztő rovarokat (így pl. burgonyabogár, maláriát és sárgalázt terjesztő szúnyogok, trópusi álomkórt kiváltó cecelég stb.). Kezdetben nagy sikereket értek el, de később kialakultak a méreggel szemben ellenálló (rezisztens) rovarfajok. A bevetett hatalmas mennyiségű DDT ma a Föld minden táján kimutatható az élőlények szervezetében, megtalálható a talajban és a hidroszférában egyaránt. A DDT az ember számára is légzési és táplálkozási mérgező, rákkeltő (mutagén) hatású. A hetvenes évektől kezdve a legtöbb iparilag fejlett országban betiltották a használatát.

Minden biogeokémiai ciklus leképezhető egy **modellel** (1. ábra), amely kémia elem (pl. szén - C) vagy vegyület (pl. CO₂) mozgását írja le oly módon, hogy megadja a mozgás irányait, útvonalait, azokat a környezeti objektumokat - ún. **rezervoárokat** - ahol az adott elem vagy vegyület hosszabb ideig tartózkodik, s ha rendelkezésre állnak, mindezek mennyiségi adatait.

A legfontosabb rezervoárok a bioszféra, atmoszféra, hidroszféra, litoszféra illetve ennek legfelső rétege a talaj vagy pedoszféra. A rezervoárok közötti anyag- és energia szállítás a felszíni- és felszín alatti vizek, a csapadék, a jég, a szél, a vízi és légköri áramlatok valamint a biológia folyamatok révén történik.

A biogeokémiai ciklus fontos jellemzője a **fluxus**, amely *azt az anyagmennyiséget jelenti, amely egy meghatározott időtartam, rendszerint egy év alatt egy adott szállítási útvonal mentén mozog.*



Ha egy elem/vegyület koncentrációja állandó marad a rezervoárban, ez azt jelenti, hogy a be- és kilépő elem/vegyület mennyisége megközelítőleg azonos. Ez *dinamikus egyensúlyi állapotra* utal. Az ember által legkevésbé befolyásolt ciklusok globális szinten ebben a dinamikus egyensúlyi állapotban vannak.

Ha tudjuk, hogy egy rendszer ilyen állapotban van, a következőképpen határozhatjuk meg az egyes elemek tartózkodási idejét az egyes rezervoárokból (O'Neill, 1985):

$$\text{Tartózkodási idő} = \frac{\text{elem mennyisége a rezervoárban}}{\text{az elem beérkező (vagy távozó) rátája (évi mennyiség)}}$$

Ha pl. az óceánban oldott *nátrium* tömege 15×10^{18} kg, és minden évben 1×10^{11} kg érkezik hozzá, akkor a tartózkodási idő 150 millió év. Ebből az adatból is láthatjuk, hogy az emberi élet léptékével mérve nagyon hosszú időtartamokról van szó. Az óceánban a legtöbb elem tartózkodási ideje millió éves nagyságrendű.

Léteznek azonban gyorsabban lezajló ciklusok is. Az anyagforgalmi mérések szerint a biogeokémiai ciklusok leggyorsabb reakciói a bioszférában, az élőlények közvetítésével zajlanak, még ha globális mértékkel mérve az anyagforgalom értéke olykor szerénynek is tűnik. Például a *CO₂ megkötése (fixációja)* a fotoszintetizáló élőlények által, a globális szénkészletek kevesebb, mint 1%-át érinti évente, mégis az atmoszféra széntömegének viszonylatában vizsgálva ez az érték már mintegy 25%, ami egyáltalán nem elhanyagolható.

Az egyes kémiai elemek biogeokémiai ciklusai szorosan összefüggnek egymással. A könnyebb vizsgálhatóság érdekében azonban külön-külön tekintjük át őket. Sorrendjüket általában az elemek „biológiai fontossága” határozza meg. Az élő szervezetek normális működésükhöz legalább 40 elemet igényelnek. A szén, hidrogén, oxigén, nitrogén, kén és foszfor körforgalmában különösen erőteljes a biológiai befolyás, lévén ezek az élőlények legfontosabb alkotóelemei. A hidrogén és oxigén ciklusát általában a vízkörforgalom keretében elemzik. A fémek, félfémek, és nemesfém elemek között azok biológiai fontossága (pl. vas) vagy természetbeni előfordulási gyakorisága (pl. szilícium), újabban környezetszennyező tulajdonsága (pl. higany, ólom) alapján válogatnak, hiszen mikrobák még olyan ritka fémek ionjait is redukálják, mint a tellúr vagy az eurórium.

Az elemek természetesen az egyes „földi szférákban” nem egyenletesen fordulnak elő. Ennek alapján megkülönböztetünk *atmoszférikus vagy gázciklusokat* (pl. a N, C, O körforgalma) és *üledék fázisú körforgalmakat* (pl. vas, mangán forgalom).

Az *üledékes (ásványi) ciklusok* során a kőzetekből és szárazföldi talajokból erózió, illetve kimosódás során a tengeri üledékbe kerülő anyagok egy időre kikerülnek a körforgásból. Így az illető elem hosszú időre (geológiai időtartamra) az élővilág számára használhatatlanná válik. A mezőgazdaságban az ilyen elemeket – pl. a P-t, a N-t, valamint a nyomelemeket – trágyázással pótolják.

A továbbiakban sorra vesszük és tanulmányozzuk a legfontosabb biogeokémiai ciklusokat, így a víz-, szén-, nitrogén, foszfor körforgását.

2.1. A víz (hidrogén) ciklus

A víz az élet szempontjából a legfontosabb vegyületek közé tartozik. Az élőlények testének nagy részét víz teszi ki, szerepe van a növények életműködéseiben, az éghajlat alakításában, nagyon sok fizikai és kémiai folyamat lejátészódásában.

Vízkészletek:

- a) *tengerek, óceánok:* a világ összesített vízkészletének több mint 97 %-a (ez sós víz)
- b) *sarki jégtakarók és gleccserek:* 2 %
- c) *talajvíz:* 0,6 %
- d) *folyókák, patakok, természetes és mesterséges tavak, mocsarak:* 0,02%
- e) *vízkörben levő vízpára:* 0,001% (ebből a készletből kapjuk az életadó esőt)

A víz a Földön körforgásban van. A globális vízkörforgalmat a Föld különböző pontjain eltérő erősségű energia-besugárzás, a víznek a szárazföldre képest kisebb hőkisugárzása és a Föld forgása tartja fenn.

A vizet mozgó folyamatok: a hőigényes **párolgás (evaporáció)**, a hőleadással járó **kicsapódás (kondenzáció)** és a **csapadékképződés**. A szárazföldön a vízforgalom kiegészítői a felszíni és felszín alatti vízfolyások, a víztartalékok képződése (talajnedvesség, jég, tavak) és a vizet felhasználó élőlények illetve ásványok. Ennek során a Föld légtere és felszíne között, illetve a felszín alatt és a felszíni medrekben lejátészódó jelenségek bonyolult összefüggése jön létre.

A víz körforgása teszi lehetővé, hogy a teljes vízkészlet körülbelül 1%-át kitevő édesvízi készlet folyamatosan megújuljon, ami az élővilág kialakulásának és fennmaradásának egyik alapvető fizikai feltétele. Az édesvízkészletek közel 70%-a gleccserekben, hó és jég formájában található.

A víz körforgása szabályozza a Föld energiaháztartását, a vízmolekulák a hőenergiát az intenzív sugárzást kapó területekről a magasabb földrajzi szélességek felé szállítják. A víz oldott anyagokat és szilárd testeket, valamint élőlényeket is szállít.

A globális vízkörforgalomban 3 nagy körforgási út létezik:

óceán – légkör – óceán

óceán – légkör – szárazföld – óceán

szárazföld – légkör – szárazföld

Az óceánok felszínéről - a napsugárzás hatására – a víz állandóan párolog. Ha a vízpárából kondenzálódó vízcseppek vagy jégkristályok elérnek egy bizonyos tömeget csapadék formájában az óceánokra vagy a szárazföldekre hullanak.

A szárazföldekről a lehullott csapadék jó részét a folyók visszajuttatják a világoceánba, míg egy részük elpárolog. A talajfelszín párologását nevezzük *evaporációnak*. A növények a gyökerek által a talajból felvett víz egy részét a leveleiken keresztül elpárologtatják, ez a *transpiráció*. A két folyamatot gyűjtőnéven *evapo-transpirációnak* nevezzük.

Az ember ivóvíz, ipari víz nyérése és öntözés céljából használja fel a legtöbb édesvizet. Tevékenysége révén a vízkörforgást befolyásolhatja kedvező vagy kedvezőtlen módon (pl. globális felmelegedés, negatív vízgazdálkodási mérleg).

A lehulló csapadék oldja az ipari szennyezés révén a légkörbe juttatott gázok (széndioxidot, nitrogén-oxidokat, kén-dioxidot stb.) egy részét, amelyek savassá teszik a csapadékvizet. A savaseső ártalmas a növényekre, felgyorsítja a mállási, korrodálódási folyamatokat.

2.2. A szén körforgása (karbon-ciklus)

A szén valamennyi szerves és élő anyag alapvető eleme. A 12-es tömegszámú szén a Föld tömegének csak mintegy 0,034%-át teszi ki, a 12. leggyakoribb elem. A bioszféra élőanyagában azonban a szén (az oxigénnel együttesen) már a 2. leggyakoribb elem.

A szén körforgalma túlnyomórészt CO₂ alakjában történik. Szoros kapcsolatban áll az oxigénciklussal, másrészt az energiaforgalommal, melynek egy része szénláncokból felépülő szerves molekulákon (főként zsírok és cukrok) alapszik.

A **körforgalom legfontosabb részfolyamatai:** az autotróf szervezetek CO₂-asszimilációja a *fotoszintézis* során, és a szénhidrátmolekulák (pl. cukrok) lebontása energianyerés céljából a *légzés* (respiráció) során, melynek eredményeképp a CO₂ visszakerül a környezetbe.

Szénrezervoárok:

A szén egyik nagy rezervoárja a **léggör** (atmoszféra), melyben CO₂ formájában kb. 700 milliárd tonna (700×10^9 t) szén van raktározva (lásd 3. ábra). A Föld légkörének jelenlegi CO₂-tartalma alacsonyabb, mint más Föld típusú bolygóé (Vénusz, Mars) mivel csak a földi rendszerek (hidroszféra, bioszféra) voltak képesek a széndioxidot megkötni.

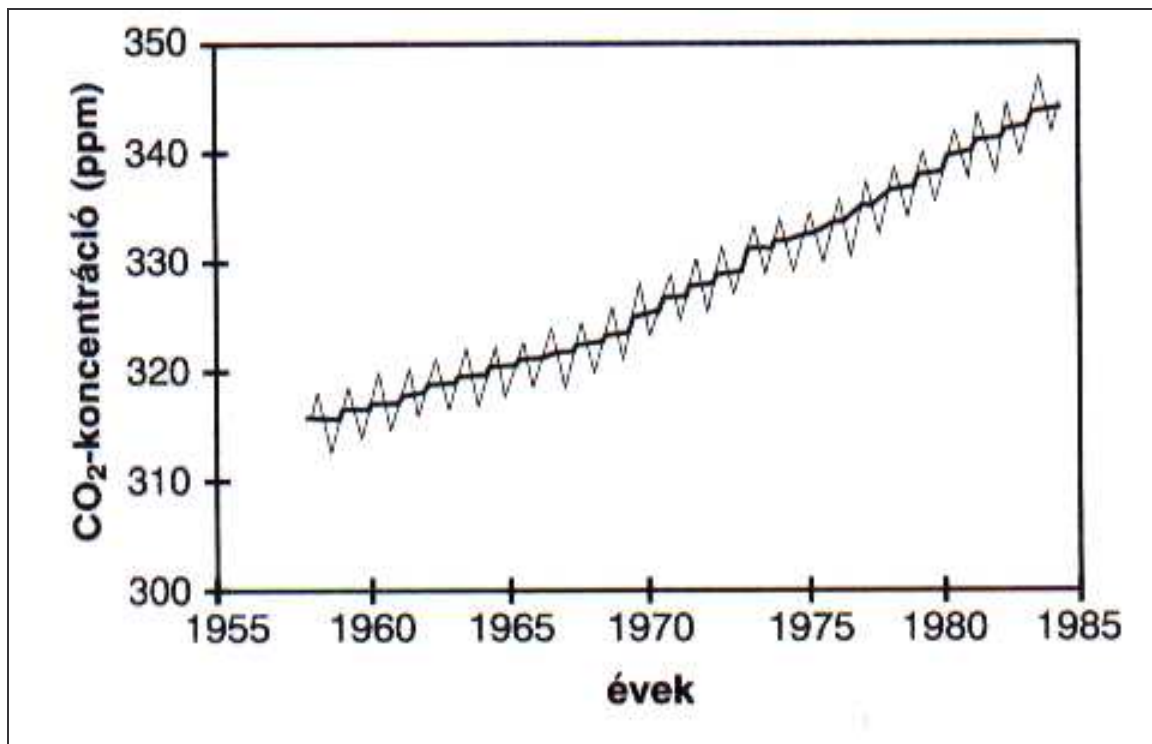
A légköri CO₂-t tekintjük ma az élet egyik forrásának, hiszen a zöld növények - *fotoszintézis* útján – élő anyagukba beépítik azt. A növényzet szervesanyag-termelését a CO₂-megkötés (*karbon fixáció*) mértékével is jellemezhetjük. Így pl. a trópusi esőerdő 1-2 kg/m²/év C-t köt meg, míg a tundrán ez az érték ennek egy százalékát sem éri el.

A szárazföldi fotoszintetizáló zöld növények a légkörből évente kb. 100 milliárd tonna szenet kötnek meg CO₂ formájában, míg a fotoszintetizáló vízi szervezetek (fitoplankton) évente kb. 40 milliárd tonna vízben oldott CO₂-t kötnek meg. A CO₂-t szerves anyagok formájában beépítik saját szervezetükbe. Ezt nevezzük *elsődleges termelésnek* vagy *primer produkciónak*.

Mivel az elődleges termelés során a szerves anyagok több mint 80%-a a szárazföldön termelődik, és a szárazföldek területének több mint 2/3-án évszakosság észlelhető, a légköri CO₂-szintek jellegzetes *éves ciklust* mutatnak: májustól októberig csökken, míg az év további részében nő a CO₂ koncentrációja az atmoszférában:

Az éves maximumok és minimumok között 6 ppm az ingadozás. 1995-ben a légkör szén-dioxid koncentrációját 350 ppm-re becsülték. (ppm – part per million – milliomod rész).

A növények testében megkötött szén két úton kerülhet vissza a légkörbe.



Légköri szén-dioxid-koncentrációk változása

A növényevő és - közvetve – húsevő állatok légzése útján, amely során oxigént vesznek fel és CO₂-t lélegzenek ki, ugyanakkor maguk a növények is rendelkeznek légzési aktivitással, amely során CO₂-ot bocsátanak ki.

A másik út: az elhalt élőlények a talajra illetve a talajba kerülnek, ott a lebontó szervezetek elfogyasztják ezeket, melynek során ugyancsak CO₂-t juttatnak a környezetbe. Földi méretekben mintegy 50 milliárd tonna szén keletkezik, amelyből 1 milliárd tonna kimosódás, lehordás révén a tengerekbe kerül, 1 milliárd tonna fosszilizálódik, a többi pedig a légkörbe jut.

A **szárazföldi élővilág** a szén másik nagy rezervoárjának tekinthető: teljes széntartalma kb. 550 milliárd tonna. Ez a rezervoár azonban évente 1 milliárd tonna szenet veszít, amelyben meghatározó szerepe van az ember bioszféra-pusztító tevékenységének, elsősorban a *tropusi esőerdők irtásának*.

Még nagyobb széntartalmúkat jelentenek a talajon és a talajban felhalmozódó szerves maradványok, amelyek az elhalt élő anyagból származnak, s a talajban bonyolult biokémiai átalakulási folyamat során **humusszá** formálódnak. Itt mintegy 1200-1400 milliárd tonna szén raktározódik. A karbon-ciklusnak ez a szárazföldi szakasza természetes állapotban egyensúlyban volt, az ember azonban az erdőirtással a labilitás felé tolja el. Kétségtelen, hogy az élővilág óriási tömege miatt az egyensúlyvesztés az egész rendszer szempontjából ma még kismértékű. A stabilitás irányába hat az a folyamat is, melynek során a kiirtott erdők helyére legtöbbször ugyancsak élő anyag kerül: az ember mezőgazdasági termelést folytat, vagy az irtott terület növényzete természetes úton regenerálódik.

Nagyobb hatású a karbon-ciklus szempontjából a **fosszilis tüzelőanyagok elégetése**. A 10.000 milliárd tonnára becsült rezervoárból ugyanis a 1980-as évek közepén évi 5 milliárd tonna szén jutott a légkörbe ezen az úton. Ha ennek az üteme tovább fokozódik, komoly éghajlati következményei lehetnek.

A tengeri szakasz abban tér el a szárazfölditől, hogy a CO₂ vízben oldható, és ezt a felszíni vízrétegekben oldott kb. 500 milliárd tonna CO₂-t használja fel a **fitoplankton** (vízben lebegő kék-, zöld- és kovamoszatok) a fotoszintézishez. A fitoplankton szervezeteit a **zooplankton** (vízben lebegő állatok) és a többi tengeri állat táplálékként fogyasztja, így a szén ezek testébe vándorol. Mind a növényi, mind az állati szervezetek nagy tömege pusztul el, s ezzel évente 40 milliárd tonnát juttat az élettelen szerves maradványok rezervoárjába. Kevesebb mint 1 milliárd tonna az a mennyiség, amely évente a fosszilis szénraktárakba kerül. 45 milliárd tonna szerves és szervetlen szén a tengervíz feláramlásai által a felszíni rétegbe jut, 40 milliárd tonna pedig a mélytengeri vízrétegekbe. A **keveredési idő** a felszíni és a mélységi vízrétegek között ezer év körül van.

Mivel a tengeri szén-ciklus egy önálló zárt körnek tekinthető, az emberi tevékenységek (pl. ipar, mezőgazdaság) során a légkörbe jutó szén a szárazföldi ciklust terheli - az óceán és légkör közötti csere nem tudja ezt a többletet felemészteni. (Az óceán nettó bevétele 3 milliárd tonna.) Ez a magyarázata annak, hogy a **légköri széndioxid-koncentráció** 290 ppm-ről 350 ppm-re emelkedett az utolsó száz év alatt (ppm = part per million = milliomod rész).

A víz CO₂-oldó képessége függ a hőmérséklettől: magasabb hőmérsékletű víz kevesebb CO₂-t tud oldani. A mesterségesen légkörbe juttatott CO₂, fokozza az üvegházhatást, amely vízhőmérséklet-emelkedéssel is jár, ami viszont a víz CO₂ felvevő képességét csökkenti, így hozzájárul a légkör CO₂-koncentrációjának növekedéséhez - vagyis ezen a téren *pozitív* (labilizáló) *visszacsatolás* veszélyével kell számolni.

A karbon-ciklus geológiai szakaszára jellemző a *karbonátos üledékes kőzetek* (elsősorban CaCO₃, MgCO₃, Na₂CO₃) a Föld legnagyobb szénraktárai. Túlnyomó részük a földtörténet során élt CaCO₃-vázás élőlények elpusztult tetemeinek maradványa, azaz a mészvázak felhalmozódásából keletkezett nagy nyomás alatt. A CO₂, ezekből a kőzetekből mállás útján kerülhet a légkörbe. Ez lassú folyamat, s a mennyiségi viszonyokról nagyon eltérő becslések láttak napvilágot. Ugyanez a helyzet a *vulkánkitörésekkel* is, amelyek során alkalmanként valószínűleg jelentős mennyiségű CO₂, kerülhet a légkörbe, de globális évi átlagmennyiségéről nincsenek megbízható adataink.

Bizonytalanok a becslések a recens tőzegképződés formájában a „gyors” karbon-ciklusból kikapcsolódó, időlegesen elraktározódó szén mennyiségére vonatkozóan is.

Emberi tevékenység

Az egyre növekvő humán populáció ellátására és fenntartására a mezőgazdasági és ipari termelés fokozásával megfordította a szénkörforgalom egyenlegét. A mezőgazdaság céljaira erdőket irtanak, nedves területeket (lápokat) csapolnak le, de egyre csekélyebb a művelésbe vont talajok szervesanyag-utánpótlása is. Az ipar anyag- és energiaéhségét a fosszilis tüzelőanyagok (szén, lignit, kőolaj, földgáz) égetésével elégítik ki.

Mára így az atmoszféra szénkészlete évente 2-3 Gt-val növekedik CO₂ formájában, ami a globális felmelegedés révén egy újabb „üvegházkorszak” kialakulásának „rémképét” vetíti elénk. Annak ellenére, hogy a CO₂-koncentráció növekedése bizonyos mértékig fokozza a fotoszintetikus aktivitást, valamint, hogy a környezetvédők figyelmeztetése nyomán erdőket telepítenek és csökkenteni próbálják az ipari, közlekedési stb. CO₂-kibocsátást, a szénkörforgalom egyenlege rövid távon aligha fog változni.

2.3. A nitrogén körforgása

A 14-es tömegszámú nitrogén (N) az élőlények számára nagyon fontos kémiai elem. Számos, az életműködésekhez szüksége vegyületek alkotórésze: aminosavak, fehérjék, nukleinsavak (DNS, RNS), alkaloidok stb.

2.3.1. Rezervoárok

A nitrogén két legnagyobb rezervoárja az **atmoszféra** és a **litoszféra** magmás kőzetei, amelyekben a becslések szerint 4 – 4 millió gigatonna ($4.000.000 \times 10^9$ tonna) nitrogén található. A hidroszférában a vízben oldott nitrogéngáz mellett a legváltozatosabb szerves és szervesetlen N-vegyületek tömege kb. 1000 Gt-ra tehető. A talaj termékenységében meghatározó szerepet játszó humuszmolekuláknak ugyancsak fontos alkotóeleme (20%). A szárazföldek pedoszférája durván 300 Gt (gigatonna) szerves és szervesetlen nitrogénvegyületet tárol. A bioszféra nitrogénkészletét becsülik a legcsekélyebbnek.

Az **atmoszféra** térfogatának 78,1%-át a molekuláris nitrogén (*dinitrogén* - N_2) képezi. Itt a N_2 mellett elenyésző arányban fordulnak elő *nitrogén oxidok*: dinitrogén-oxid (N_2O), nitrogén-monoxid (NO), nitrit (NO_2), valamint nyomnyi mennyiségben ammónia (NH_3), ammónium ionok (NH_4^+) és szerves vegyületek.

A nitrogén biogeokémiai ciklusa nagyon bonyolult (5. ábra), egyrészt a körforgásban résztvevő nagyszámú nitrogén vegyület miatt, másrészt az emberi tevékenységek következményeként, hiszen a fosszilis tüzelőanyagok elégetése és a műtrágyagyártás során nagy mennyiségű nitrogén-oxid kerül a légkörbe (emisszió).

A nitrogén biogeokémia körforgását nagyrészt az élőlények biztosítják, amely körforgás két alciklus révén valósul meg. Az első az atmoszféra szabad nitrogénjének a megkötése, a körforgásba való bevitele, és a *denitrifikáció* révén a körforgásban lévő nitrogén egy részének visszajuttatása a légkörbe (lásd 3. ábra). A második alciklust a nitrogént tartalmazó növényi és állati maradványok lebontásából, mineralizációjából illetve nitrogéntartalmú szerves vegyületek bioszintéziséből áll.

2.3.2. A nitrogén megkötése (Nitrogénfixáció):

2.3.2.1. Biológiai nitrogénfixáció:

A légköri szabad nitrogén a legtöbb élőlény nem tudja felvenni hasznosítani. Egyes baktériumok azonban képesek megkötni a N₂-t és különböző vegyületekbe beépíteni, amelyek aztán más élőlények is felhasználhatnak. Mivel ez a folyamat nagy energiabefektetést igényel, nitrogénfixáció csak akkor történik, ha a környezetben nincs kötött, felvehető formában nitrogén.

A szárazföldön a legjelentősebb nitrogénkötő baktériumok az ún. *Rhizobium* fajok, amelyek pillangósvirágúakkal (pl. bab, borsó, lucerna stb.) élnek szimbiózisban. A baktériumok a növény gyökerein megjelenő kis gömböcskékben, az ún. *gyökérgümőkben* élnek. Felvehető nitrogént (ammóniát) biztosítanak a növény számára, amely cserébe tápanyaggal látja el őket.

Egyes *nitrogénkötő cianobaktériumok* más magas növényekkel (pl. éger) alakítanak ki szimbiotikus kapcsolatot, és azáltal lehetővé teszik, hogy ezek a növények nitrogénben szegény termőhelyeken is megélhessenek.

A tengerekben és óceánokban főként szabadon élő aerob illetve anaerob baktériumok (pl. *Azobacter* illetve *Clostridium*) és kéalgák (pl. *Anabaena*) képesek nitrogénkötésre. A légköri nitrogénkötés az alábbi reakció szerint történik:



2.3.2.2. Abiotikus nitrogénfixáció:

Fotokémiai úton történik. Nagy energiájú sugárzások hatására (UV, villámlás) a levegő nitrogénje nitrogén-oxidokká (pl. NO-NO₂) illetve NH₃-vá alakulhat, bár ezek mennyisége nem túl jelentős.

Az ipari termelés, elsősorban a műtrágyagyártás (főként ammónia) során, az ember mesterségesen tekintélyes mennyiségű légköri nitrogént köt meg. A műtrágyák fölös mennyiségű nitrogénje súlyos környezetvédelmi problémát jelent: szennyezi a talajokat, talajvizet, a tavak, mocsarak eutróficációjához járul hozzá.

2.3.3. A nitrogén körforgásba való bevitele

A nitrogénkötő mikroorganizmusok által megkötött nitrogén a növények és állatok szervezetébe kerül, ahol fehérjék, aminosavak, nukleinsavak stb. felépítésében vesz részt. A növények vagy közvetlenül a velük szimbiózisban élő baktériumok révén fedezik nitrogénszükségletüket, vagy a talajból veszik fel a nitrogént, főként nitrát ionok (NO_3^-) formájában, amelyet aztán ammóniává alakítanak.

A baktériumok és növények elfogyasztása által – a táplálkozási láncokon keresztül – jut el az asszimilált nitrogén az állatok testébe.

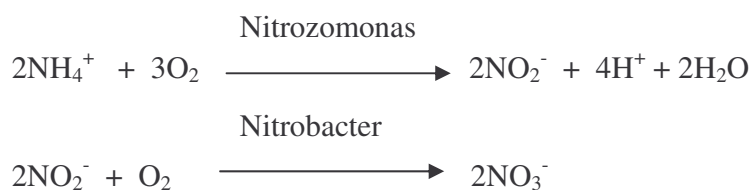
2.3.4. A szerves anyagok lebontása:

2.3.4.1. Ammonifikáció, nitrifikáció

A talajba került elpusztult növényi és állati maradványok szerves anyagait a lebontó mikroszervezetek mineralizálják. Először az **ammonifikációnak** nevezett folyamatok révén ammónia vagy ammóniumsók szabadulnak fel, amelynek egy része a talaj humuszanyagaihoz kötődik.

Később oxigén jelenlétében, az ammónia nitritté (NO_2^-) majd nitráttá (NO_3^-) oxidálódik. Ezt a folyamatsort nevezzük **nitrifikációnak**. A nitrifikációt különböző baktériumok (Nitrosomonas illetve Nitrobacter) végzik, és ezen folyamatok során nyert energiát CO_2 -megkötésre és sejtanyagaik előállítására használják fel.

A következő folyamatok játszódhatnak le:



Az ammónifikáció és nitrifikáció során keletkezett ammóniát, nitrátokat a növények fel tudják venni és nitrogénforrásként hasznosítva beépítik saját fehérjéikbe és más nitrogéntartalmú vegyületeikbe.

A mobilis NO_3^- -t a víz könnyen kimoshatja a talajból, és ezáltal szennyeződhetnek a folyóvizek, tavak, a nitrogéntöbblet eutrofizációhoz vezethet.

2.3.4.2. Denitrifikáció

Olyan gyengén szellőzött talajokban, vizekben, üledékekben ahol sok a szerves anyag egyes anaerob baktériumok (pl. *Pseudomonas* stb.) a nitrátokat (NO_3^-) redukálják nitritekké (NO_2^-), ammóniává, dinitrogén-oxiddá (N_2O) vagy dinitrogénné (N_2). A N_2O , N_2 visszakerül a légkörbe, így e baktériumok tevékenysége révén csökkenhet környezetünk nitrogénterhelése.

A N_2O a troposzférában reakcióba lép az ózonnal és így szerepe van az ózonréteg vékonyodásában, az ózonlyukak kialakításában.

A nitrogén-ciklus szoros összefüggésben van a szén-ciklussal, illetve a kén- és foszforkörforgással, hiszen ezen elemek meghatározott arányban fordulnak elő a növényi és állati szervezetekben, és mennyiségeik nem változhatnak egymástól függetlenül.

2.4. A foszfor körforgása

A 31-es tömegszámú foszfor az élőlények nélkülözhetetlen alkotóeleme, a nukleinsavak (DNS, RNS), a foszfolipidek (pl. a sejtmembránban), az élőlények energiaháztartásának központi molekulája, az ATP (adenozin-trifoszfát) elengedhetetlen komponense. Az ADP (adenozin-difoszfát) és ATP révén a foszfor hozzájárul a növények és állatok sejtjeiben történő energia begyűjtéshez és tároláshoz. A nagy energiájú, könnyen továbbadódó ATP-molekula egy foszfátcsoport ADP-molekulára kötődésével jön létre. Az ATP az összes élő sejtben jelen van, és meghatározó szerepe van a sejtben történő oxidációk során felszabaduló energia továbbításában.



Az ATP átalakulási mechanizmusa ADP-vé lehetővé teszi, hogy a *légzés* és a különböző *szintézisek* során lezajló kémiai reakciók viszonylag alacsony hőmérsékleten játszódjanak le.

A foszfor pozitívan befolyásolja a fotoszintézist, a növények növekedését, a sejtlégzést, a magvak csirázását és a termések érését. A foszfor ugyanakkor az ökoszisztémák egyik legfontosabb *növekedésgátló* eleme.

Rezervoárok:

A legnagyobb foszforraktárakat az **üledékes kőzetek** képezik (kb. $25,6 \times 10^{15}$ t), amelyekben foszfor foszfátok formájában, elsősorban is Ca-, és Fe-vegyületekben van jelen. Nagy rezervoárt képviselnek a **foszfátásványok**, amelyek közül a leggyakoribb az apatit (32×10^{19} tonna), amely CO_2 jelenlétében, elsősorban magas szervesanyagtartalmú vizekben jól oldódik. Foszfor a talajokban is előfordul, főként szerves foszfátokban. (pl. inozitol-foszfátok).

A foszfor a körforgalomba **foszfátion** (PO_3^{3-}) formájában kerül be (6. ábra). Az alapkőzetek mállásakor felszabaduló és kimosódó, vagy a bányaművelés során a felszínre kerülő, oldott foszfátionok a növények, mikrobák számára felvehetőek. Innen átkerül a táplálkozási láncon keresztül az állatok testébe is. Az állati szervezetek a feleslegtől ürülékükkel szabadulnak meg. A madár vagy denevérguanó jelentős készleteket alkot, amelyet a mezőgazdaságban már régóta foszforutánpótlásra használnak, mivel a talajban az oldott, hozzáférhető foszfátok mennyisége általában korlátozott.

Az elhalt növények és állati maradványok lebontását, **mineralizációját** a lebontó szervezetek (baktériumok, gombák) végzik. A lebontás során foszfor is felszabadul, melynek egy része visszakerül a körforgalomba, más része oldhatatlan vegyületeket képez.

A vízi ökoszisztémákban a foszfor körforgási sebessége nagyobb, mint a szárazföldön. A kőzetek mállása során kimosott foszfor jó részét a folyóvizek a tengerekbe és óceánokba szállítják (kb. 20×10^6 t/év). A sekélytengerekben a foszfor mennyiségét az élővilág felhasználása jelentősen csökkenti, míg a mélytengerek üledékeiben nagyobb koncentrációban fordul elő (868×10^{12} t).

A *fitoplankton* tagjai a foszfátot 5 perc alatt felveszik, majd átlagosan 3 nap múlva leadják a vízbe, vagy továbbkerül a *zooplanktonba*, mely naponta teljes foszfortartalmával megegyező mennyiségű foszfort választ ki.

A túlzott mezőgazdasági foszfor műtrágyázás révén és szennyvizekkel - főként a detergenserek révén - az élővizekbe kerülő oldott foszfátok az *eutrofizáció* fő okai. Az állóvizekben az eutrofizáció során a fitoplankton szervezetek nagyon elszaporodnak (vízvirágzás), így a víz átlátszósága, oldott oxigén mennyisége, az összproduktivitás lecsökken, ami egyes növények és állatok pusztulásához is vezethet.

Az emberi tevékenység: hatását a foszfor körforgására nézve ma még nehéz felbecsülni, de cáfolhatatlan tény, hogy egyre nő a vizek foszfátion tartalma, és vészesen csökken az altalaj foszfátaszvány tartalma a masszív kitermelés következtében.

Amint a fenti elemzésekből kitűnik, a *foszfor és nitrogén körforgásában* jelentős különbségek vannak. A foszfor egyszerűbb körforgásában dominálnak a geokémia folyamatok (mállás, kimosódás, ülepedés stb.), míg a nitrogén körforgásában a biológia folyamatok nagy jelentőséggel bírnak.

Ugyanakkor a foszfor körforgásából hiányzik a gázfázis. A foszfinok (pl. metilfoszfin – CH_3PH_2) kivételével - amelyek a légköri oxigén hatására gyorsan oxidálódnak – a foszfor összes vegyületei nem illékonyak, tehát körforgásuk csak a vizekben és talajban valósulhat meg.

A kén körforgása

A **32 S** a földkéreg 14. leggyakoribb eleme.

Az élővilágban relatív mennyisége szerint a 10:

- fehérjék, vitaminok esszenciális komponense,
- foto- és kemotróf mikróbák energetikai anyagcseréje

A legnagyobb földi készlete:

- a litoszféra: 25 millió Gt.

A kőzetek mállása, vulkanikus aktivitás és oldódás révén indul a kén körforgása → oxidáció, redukció.

Az emberi tevékenység hatása:

- fosszilis energiahordozók S tartalmának felszabadítása,
- S tartalmú ércek feldolgozása.

A kénkörforgalom kapcsolódik:

- a víz körforgásához
 - savas esők,
- a fémek biogeokémiai ciklusaihoz
 - korrózió.

A fémek körforgása

Fémek és félfémek élő szervezetekre gyakorolt hatása:

- Nemesfémek: Au, Ag, Pt.

→ alacsony koncentrációban is antimikrobiálisak.

-Stabil fém-szén kötéseket alkotó fémek, félfémek:

As, Hg, Se, stb. → felhalmozódás (akkumuláció).

-Ionos formájukban gátló vagy toxikus fémek:

Cu, Zn, Co, Ni, stb. → nyomelemek

A vas és a mangán létfontosságú elemek.

Az éghajlat mint rendszer

Az éghajlati rendszer elemei

Az elmúlt évszázad környezeti problémáinak közös vonása:

- mind emberi tevékenység következménye
 - az érintett területek növekednek,
 - a folyamatok egyre gyorsulnak.

Mindez hatással van a jelen és a jövő gazdaságára.

A légkör összetétele, annak változásai összefüggnek:

- napsugárzással,
- szélrendszerekkel,
- felhőkkel,
- sarkokat borító jégsapkákkal,
- egész bolygó flórájával és faunájával,
- szilárd Földdel.

Tudományok:

- meteorológia,
- biológia és ökológia,
- geológia.

Az éghajlati rendszert vezérlő alaphatások:

- a légkör felmelegítése a bejövő rövidhullámú (ultraibolya) napsugárzás révén,
- a hűtő hatás a világűrbe történő hosszuhullámú (infravörös) kisugárzás által.

A földrajzi szélességek közötti hőmérsékleti gradiens (ami egyben markáns légnyomáskülönbséget is jelent) vezérli a légköri és óceáni cirkulációt:

- teljes rendszer egyensúlyához szükséges hőátvitel.

Az éghajlati rendszer 5 komponense:

- légkör,
- óceán,
- krioszféra,
- bioszféra,
- geoszféra.

A légkör - a Földet körülvevő levegőburok (atmoszféra).

A légkör állapotát meghatározó folyamatok és paraméterek:

- turbulens hőátvitel (örvényes légköri átkeveredés),
- felszín nedvességtartalma,
- felszín típusa, albedója (fényvisszaverő képessége),
- felhőzet (sugárzások visszaverése és elnyelése),
- CO₂, vízgőz, ózon légköri hűtő és melegítő hatása,
- orográfiai akadályok, szárazföldek-óceánok aránya,
- visszacsatolási mechanizmusok.

Az óceánok

- meghatározó szerep a globális éghajlati rendszerben,
- elnyeli és tárolja a napenergia egy részét,
- tengeráramlások révén újra elosztja,
- az energia nagy része párolgással jut ki a légkörbe.

A tengeráramlások vertikális rétegződése szempontjából három szintet különböztetünk meg:

- északos határréteg
 - északos-éves átkeveredés (100 m a trópusokon → több km a sarki tengereken),
- melegvízi réteg,
- hidegvízi réteg (világóceánok összefüggő medencéinek alsó 80%-a).

Az óceánokban számos kémiai és biológiai folyamat játszódik le, melyek befolyásolják a légköri CO₂ koncentrációt.

A krioszféra - a földfelszínen található hó és jégformációk:

- időszakos szárazföldi hótakaró,
- tengeri jég,
- Grönland és Antarktisz jégtáblái (a Föld édesvízkészletének 80%),
- örök fagy birodalma,
- hegyi gleccserek.

A bioszféra

- üvegházgázok kicserélődési folyamatainak kontrollálása,
- legfontosabb üvegházgázok: CO₂ és CH₄

A geoszféra

A hidrológiai ciklusban jelentős szerepet játszanak:

- a talaj felszínközeli rétegében talajnedvességként tárolt édesvíz mennyisége,
- a talaj anyagi tulajdonságaitól függő föld alatti víztározók elhelyezkedés, védettsége.

A talaj kölcsönhatásban áll a légkörrel a gázok, aeroszolok és légnedvesség cserefolyamatai révén.

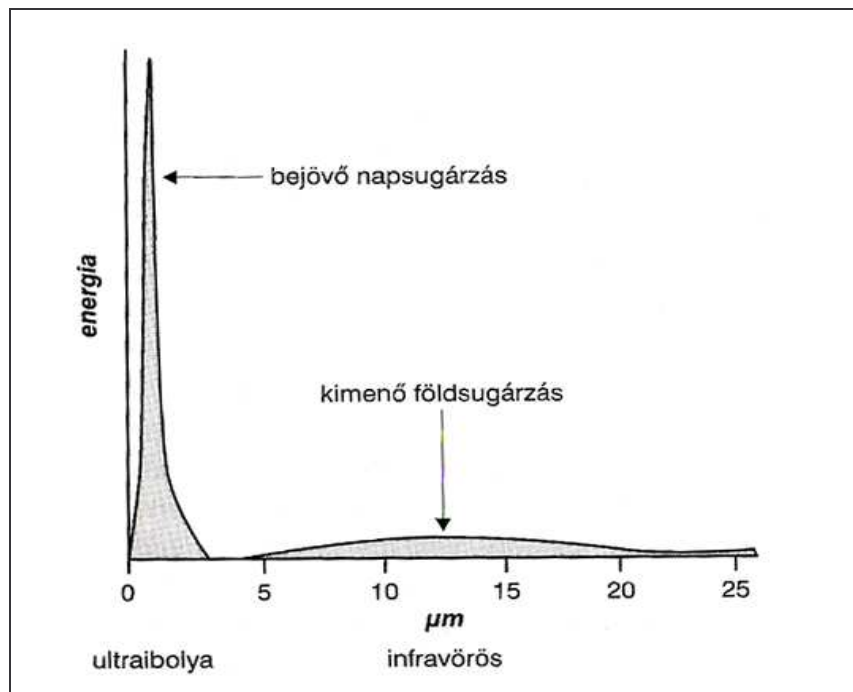
A légkör sugárzási egyenlege, az üvegházhatás

A folyamat lényege: a légköri atomok és molekulák részére a sugárzás elnyelése, illetve kisugárzása biztosítja az átmenetet egy-egy magasabb, illetve alacsonyabb energiaállapot között. Az elektronok magasabb, illetve alacsonyabb energiaszintre ugranak.

Planck-törvény: a sugárzó testek sugárzásának energia-spektruma csak a sugárzó objektum hőmérsékletétől függ.

→ a Nap égitest óriási hőmérséklete miatt rövidhullámú (látható fény) tartományban sugároz,

→ a Föld bolygó lényegesen alacsonyabb hőmérsékletű, a hosszúhullám (infravörös) tartományban sugároz.



A Föld átlaghőmérséklete 15 oC.

A légkör üvegházhatása nélkül -18 oC lenne.

A különbség 33 oC, amiért az üvegházgázok felelősek.

- vízgőz → 21 oC,
- CO₂ → 7 oC,
- ózon → 2 oC,
- nitrogén-oxidok → 1 oC.

Visszacsatolási mechanizmusok a légkörben:

- vígőz visszacsatolási mechanizmusok (+),
- hó-jég albedó visszacsatolási mechanizmusok (+),
- felhő visszacsatolási mechanizmusok:

- felhők mennyiségének visszacsatolási mechanizmusa (-),
- felhők magasságának visszacsatolási mechanizmusa (+),
- felhők vízgőztartalmának visszacsatolási mechanizmusa (-).

Természetes eredetű éghajlatváltozások

A Földtörténet során az éghajlat fokozatosan változott.

-ma már az ember is képes befolyásolni vagy megváltoztatni.

Régi korok éghajlatára utaló adatforrások:

- ősi barlangrajzokon ábrázolt állatok és növények,
- pollenanalízis,
- eljegesedés, gleccserek kialakulásának és mozgásának nyomai
- a talaj sóközet-, kősó- és gipszrétegei,
- radioaktív ^{14}C -izotópos kormeghatározás kőületekben,
- radioaktív ^{18}O -izotópos kormeghatározás sarki jégmintákban,
- fák évgyűrűinek vastagsága, egymástól való távolsága, színe,
- festmények és egyéb régi műalkotások.

Az emberi tevékenység hatása a légköri összetevőkre, üvegházgázok és aeroszolok

Az üvegházgázok közül a szén-dioxid a legkevésbé aktív gáz.

- a metán 21x aktívabb,
- a dinitrogén-oxid 206x aktívabb,
- a CFC-gázok 15000x aktívabbak.

Üvegházgázok részesedési aránya a globális felmelegedésben:

- szén-dioxid - 55%,
- CFC 11 és 12 - 17%,
- metán – 15%,
- más CFC-k – 7%,
- nitrogén-oxid – 6%.

Az emberi tevékenység hatása:

- erdővel borított térségek mezőgazdasági területekké való átalakítása
→ 1000 milliárd tonna C a légkörbe,

- üzemanyagok égetése (szén kőolaj, földgáz)

1 t C elégetése → 3,8 t CO₂ (évi 22 milliárd szén-dioxid)

Az antropogén eredetű szén-dioxid 1/25-öd részét adja a teljes légköri szén-dioxid-forgalomnak.

→ 24/25-öd rész természetes folyamatok eredménye

Metán (CH₄)

Természetes úton a szerves anyagok lebomlásánál keletkezik, elegendő oxigén hiányában.

Az utóbbi időben gyors koncentrációnövekedés:

- marhaállomány megnégyszereződött,
- megnövekedett a rizsültetvények területe,
- széleskörben elterjedt a műtrágyák alkalmazása,
- megnövekedett az elégetett biomassza mennyisége.

Dinitrogén-oxid (N₂O)

Legfontosabb forrásai: óceán és talaj. Koncentrációnövekedésének fő oka:

- ammónia alapú trágyázás (házi állatok trágyája, műtrágyák) → erjedés
- biomassza égetése (?).

Fontosabb nyelői:

- sztratoszféra – fotokémiai reakciók révén lebomlik,
- troposzféra – vízfelszíneken, talajban.

Ismert tények:

- koncentrációnövekedése évi átlag 0,3%,
 - jelenlegi szintje 8-10%-al haladja meg az iparosodás előtti szintet,
 - légköri tartózkodási ideje 150 év
- felelősség!

Halogénezett szénhidrogének

Leghatékonyabb üvegházgázok a klorin és bromin

→ lebontják a sztratoszférikus ózont.

Természetben nem fordulnak elő,

Iparilag nagy mennyiségben állítják elő.

Legismertebb csoportjuk a klorofluorokarbonok (CFC-gázok).

Használatuk:

-hűtőgépekben,

-légkondicionálók,

-hajtógázok,

-habkeltő anyagok.

Ózon (O₃)

A légköri ózon:

-10%-a a troposzférában,

-90%-a a sztratoszférában.

Fotokémiai reakciók révén lebomlik és új keletkezik.

Globális éghajlat-előrejelzések:

-Félempirikus és empirikus eljárások

→ történelmi adatsorok és statisztikai modellek

-Csatolt vagy beágyazott modellező eljárások

→ kisebb térségre vonatkozó finomabb felbontás

Jövőkép a várható változások tendenciáiról:

-globális felmelegedés

→ a Kárpát-medencében is határozott felmelegedés várható, a csapadékmennyiség csökkenése, az aszályhajlam növekedése.

A legkézenfekvőbb előrejelzési módszer:

→ közelmúlti változási tendenciáinak a kivetítése közeljövőre.

A légköri aeroszolok

Az aeroszolok 90%-a természetes eredetű:

- talajerózió,
- tengeri sószemcsék,
- vulkántevékenység.

Antropogén eredetű aeroszolok:

- por,
- korom,
- hamu.

A bányászat és a hulladékelhelyezés földtani összefüggései

A felszín alatti régió tulajdonságainak környezetföldtani szempontú vizsgálata

A környezetföldtani vizsgálat sajátosságai:

- nehéz információszerzés
 - többnyire csak fúrásos mintavétellel,
- változó halmazállapotok
 - ismeretlen egyensúlyi viszonyok,
- fékezett vagy gátolt kémiai folyamatok,
- ismeretlen kolloidkémiai paraméterek,
- nehezen követhető mikrobiológiai folyamatok.

A szilárd fázis lehet:

- kemény, hasadékos kőzet (pl. karsztosodó karbonátkőzetek),
- szemcsés, törmelékes kőzet:
 - szemcseméret,
 - növekedése a migrációnak kedvez,
 - csökkenése a tározódásak kedvez.
 - szemcsék kristályszerkezete.
 - többsége szilikát és oxid negatív töltésű felülettel.

A cseppfolyós (fluidum) fázis:

- a szemcsefelületeken negatív töltésállapot van,
 - ehhez a vízmolekulák orientáltan kapcsolódnak,
 - az első hidrátburok külső felülete szintén negatív lesz,
 - újabb vízmolekula burok képes orientáltan tapadni,
 - a szemcsefelülettől távolodva a tapadóerő és a vízburok orientációjának rendje csökken.

A szemcsefelülethez való vízmolekula-kapcsolódás exoterm folyamat

- az exoterm hőfelszabadulás mértéke csökken a távolsággal.

Ha csak víz van a folyékony fázisban, tiszta hidrátburok alakul ki.

Ha kationok is vannak jelen, közvetlenül is kapcsolódhatnak a szemcsékhez, habár a szemcse hidrátburkát nehéz kiszorítani.

A kationok is lehet hidrátburka

→ hidrogénkötéssel kapcsolódik a szemcsékhez.

A kötés erőssége nagyobb, mint amit a gravitáció meg tudna mozdítani.

Így a toxikus fémkationok is megkötődnek a vízburok zónáiban.

Ha a száraz ásvány szemcsehalmozatot apoláros szerves oldószer éri, szorpció nem érvényesül, a folyadék akadály nélkül leszivárog.

A fluidum-közet kölcsönhatásban kémiai reakció is végbemehet.

→ az anionok a szilárd fázisból kiváló kationnal sókat képeznek.

Környezetföldtani érzékenységi fogalmak és összefüggések

A érzékenység szelektív a szennyező anyag tulajdonságaira:

sűrűség, viszkozitás, molekulaméret stb.

- migrációs érzékenység (sensitivity):

- a közettest azon tulajdonsága, amely a rá- vagy belekerült szennyező anyag terjedését lehetővé teszi, korlátozza

- akkumulációs érzékenység:

- a szennyező anyag felhalmozódási folyamatának a jellemzője és CTB-effektus kiinduló alapja lehet (chemical time bomb).

- sebezhetőség (vulnerability):

- adott érzékenységű közettestnek a többi földtani alakzathoz való térbeli kapcsolata alapján értelmezhető.

Példa:

- a terasz kavicsot általában öntésiszap fedi

→ nagyon jó szigetelőképeség,

→ hatékony védelem.

Nő a sebezhetőség mértéke, ha az öntésiszapot természetes erózió vagy mesterséges anyagkitermelés eltünteti.

Csökken a sebezhetőség mértéke, ha a nyílt karsztra agyagos (és ártalmas anyagot nem tartalmazó) bányameddőt terítenek.

A sebezhetőség értelmezése kiterjeszhető a mélységi víztartókra is, ahol a fedő képződmények vastagsága és szigetelőképesége meghatározó.

- a pozitív nyomáspotenciál biztonságot jelent,
- a rétegvíztartóból történő termelés esetén lokálisan negatív nyomáspotenciál alakul ki a kút körül: szennyezett talajvíz infiltrációja.

Környezetföldtani állapotfelmérés

Környezetföldtani célú mintaelőkészítés:

- a vízben oldott szennyező anyagok analízise többnyire közvetlenül elvégezhető,
- a szilárd fázis szemcsefelületén megtapadó szennyező anyag általában fluidfázisban elemezhető → fázisátvitel.

Fázisátvitel fizikai módszerekkel:

- mechanikai keverés, rázás kézzel, keverő vagy rázó géppel,
- ultrahangfürdőben való rezgetés,
- mikrohullámú térben való deszorpció,
- termikus eljárások.

Kémiai ráhatások: desztillált vizes + tömény savas oldás.

Simko és Kuznyecov módszere (5 g szilárd anyag, 50 ml oldószer):

1. Desztillált vizes kezelés

→ vízzeloldható komponensek kerülnek fluid fázisba,

2. Na-acetát (pH = 7)

→ alkáli és alkáli földfémekhez kötődő anyagok oldódnak,

3. Na-acetát + ecetsav (pH = 3)

→ karbonátos kötésben levő komponensek mobilizálhatók,

4. Hidrogén-peroxid (30%)

→ szulfidásványokhoz kapcsolódó anyagokat szabadítja fel,

5. Na-ditionit + Na-citrát + Na-hidrogén-karbonát (1:1:1)

→ Fe- és Mn-hidroxidhoz kötött elemek mobilizálása,

6. HCl (10%) → vas-oxid és könnyen roncsolódó szilikátokhoz kapcsolódó elemek szabadulnak fel,

7. Lúgos magömllesztés (Na-karbonáttal platinatégelyben)

→ oldhatatlan maradék, toxikus fémek.

Hidrológiai vizsgálatok

Megfigyelőkutakban a következő vizsgálatok végezhetők:

- talajvízállás nyugalmi szintjének aktuális értéke, tengerszint feletti magasságra is átszámolva,

-talajvízállás ingadozása, különös tekintettel a tartósságra és a szélső értékekre – környezetföldtani szempontból a maximális vízállás a legfontosabb,

-hőmérsékletmérés,

-szivattyúzásos vizsgálatok:

→ maximális vízhozam,

→ visszatöltődés mérése,

→ réteg vízvezető képessége,

→ szelektív rétegvizsgálat,

→ talajvízáramlás mérése.

A környezetföldtani állapotfelmérés céljai:

- alapadatok környezeti hatástanulmányhoz („0” állapot),

- vélt vagy való szennyeződés feltárása,

- valós szennyeződés sorsának időszakos vizsgálata,

A feltárópontok számának és helyének meghatározását befolyásolja:

- a szennyeződés jellege,
(pont- vagy vonalszerű, felszíni vagy felszín alatti stb.)
- a környezetérzékenységi inhomogenitás,
(szigetelőrétegek vastagsága és elterjedése)
- kockázati objektumok (vízbázisok) elhelyezkedése,
vízáramlás iránya.

A felszín alatti víz védelme

A felszín alatti vízkészletek a minőségi vízellátásnak több mint 90%-át adják, ezért védelmük kiemelt fontosságú.

- Ide tartoznak:
- a talajvíz,
 - a rétegvíz,
 - a karsztvíz.

1. A talajvíz

- az első vízzáró réteg felett található,
- ki van téve minden felszíni hatásnak:
 - meteorológiai hatás,
 - szennyező hatás.

Mezőgazdasági tevékenységgel kapcsolatos szennyeződés:

- műtrágyázás és „növényvédő” szerek nem megfelelő használata.
- a nitrát nem abszorbeálódik a közetszemcsék felületén.
- a foszfátot a talajban levő kalcium köti meg,
- a káliumot a agyagásványok abszorbeálják,
- a növényvédő szerek még a felszínen bomlanak UV hatására.

2. A rétegvíz

Vízzáró rétegek között helyezkedik el.

- a felszíni szennyeződéstől védve van (ez a védelem azonban nem korlátlan).
- gyengébb vízzáró képződmények kismértékben átengedik a talajvíz-szennyeződést.
- sokszor az első lépcsőben 30-50 m mélyre telepített kutak vízbázisa elszennyeződik
 - kútmélyítés 100-500 m
 - harmadik lépcső 500-800 m
- a kútmélyítésnek határt szab az, hogy egyre melegebb és, nagyobb sótartalmú a víz.

Izotópos kormeghatározás szerint a rétegvíz több ezer, akár több tízezer éves is lehet.

3. A karsztvíz

A víztartó mészkő vagy dolomit, amelyben hasadékok keletkeznek, tágulnak, így kialakul egy összefüggő víztartó-vízvezető rendszer.

Mennyiségi ártalom: túlzott, utánpótlást meghaladó víztermelés.

Minőségi ártalom: oka a csekély szűrő-víztisztító képesség.

- a mészkőkarsztnak mechanikai szűrőképessége nincs,
- sajátos veszélyt jelentenek a felhagyott bányaterületek.

Hulladékelhelyezés

Hulladék másodnyersanyagként való felhasználása:

- komposztálás
- égetés
- lerakásó

Magyarországon a hulladék 90%-át rakják le.

A végleges tárolók kijelölésének kritériumai:

- alkalmasság természeti, műszaki, infrastrukturális adottságok szerint,
- a hulladék lehető legkisebb szállítási távolsága.

Szemponatok:

- felszíntől mért legmagasabb talajvízállás,
- alapkőzet vízvezető képessége, szorpciós kapacitása,
- talajvízáramlás iránya, sebessége,
- védendő objektumok távolsága, elhelyezkedése.

Hulladéklerakók szigetelése

- amennyiben a hulladék veszélyességi foka és/vagy a földtani adottságok indokolják, kiegészítő védelem szükséges.

Szigetelő anyagok:

- agyag (alumínium-hidro-szilikát-ásványokból álló kőzet)
- bentonit,
- aszfaltbitumen,
- beton,
- műanyagok.

Folyékony hulladék kezelésével a szennyvíztisztítási technológiák foglalkoznak.

1. Szennyvíz felszíni elszikkasztása

- bakteriológiailag jól bontható szennyezők (pl. vágóhíd),
- toxikus anyagot tartalmazó szennyvíz nem szikkasztható.

2. Szikkasztás mezőgazdasági hasznosítással

- öntözővízként használhatók azok a szennyvizek, amelyek növényi tápanyagokat tartalmaznak.

- csak vegetációs időszakban működik.

3. Szikkasztás mezőgazdasági hasznosítás nélkül

- lényegében megfelel a lassú vagy gyors szűrés folyamatának,
- a kőzet folyadékvezető képességétől függően.

A bányászat környezeti problémái

1. Mélyművelés

-felszínsüllyedés – épületek esetében a váltakozó irányból érkező húzófeszültség a nyílászárók sarkaiból kiinduló repedéseket okoz.

Csökkentésére alkalmazható módszerek:

- pillérek (le nem fejtett teleprészek) visszahagyása,
- üregtérfogat csökkentése, pl. meddőanyag bányán belüli elhelyezése.

Bányavízvédelem

- ha a hasznosítható ásványi nyersanyag telep a nyugalmi vízszint alatt van.

Követelmények:

- biztosítja a teljes körű élet- és vagyonvédelmet,
- gazdaságosan megvalósítható,
- nem okoz a környezetben ökológiai problémát.

Lehetséges bányavízvédelmi módok:

- passzív védelem → víztartó kőzetek tudatos és méretezett visszahagyása és/vagy mesterséges falazat biztosítása,
- preventív védekezés → víztömegek megcsapolása,
- aktív védelem → nagymértékű víztermelés.

Kémiai hatások

- kőszén elégetése → SO₂ a levegőbe → UV hatására SO₃
→ vízzel H₂SO₄ → savas eső.
- szulfátgresszív bányavíz
→ felszínre jutva savas esőhöz hasonló hatás.
- színesfém-szulfid-tartalmú érctelepek
→ oldható színesfém-szulfát-tartalmú bányavíz
→ kalcium-hidroxidos kezeléssel másodosztályú öntözővíz minőségére tisztítható.

2. Mélyfúrás

- fluidumként való kitermelés:
 - mélységi víz, kőolaj, kénolvadék, színesfém-szulfát oldatok stb.
- a szennyeződés legfőbb forrása az öblítőfolyadék:
 - víz + adalékanyagok → öblítőiszap
- szénhidrogén kutató fúrásoknál a túlnyomásos rétegekből szénhidrogének áramlanak
 - szélsőséges esetben kútkitöréshez vezet.

3. Külfejtés

Leglátványosabb környezetromboló hatás:

- nagy területfoglalás,
- óriási meddőhányók,
- tökéletlen rekultiváció

Rekultiváció: „eredeti” állapot helyreállítása

- rekultiváció a külszíni üreg meghagyásával
 - nem áll rendelkezésre megfelelő töltőanyag,
 - kisebb tereprendezéssel egyéb célra hasznosítható.
 - földtani bemutató terep kialakítása,
 - rekultiváció jóléti környezet kialakításával
- rekultiváció külszíni üreg feltöltésével,
 - üregfeltöltés inert anyaggal,
 - üregfeltöltés kommunális hulladékkal.

Meddőhányók környezeti ártalmai és azok megszüntetése

- legnyilvánvalóbb környezeti ártalom a terület-igénybevétel,
- fizikai ártalmat jelent ha nincsen kellően konszolidálva,
- legkárosabb hatásuk kémiai természetű:
 - SO₂-emisszió és savas eső,
 - savas emisszió és toxikus fémek (cink, réz) mozgása,
 - flotációs folyadék (pl. szulfoszappan),
 - porártalmak.

Meddőhányók anyagának másodnyersanyagként való hasznosítása

→ hármas nyereség:

- környezeti terhelés csökkentése,
- olcsóbb nyersanyag,
- elmaradnak a bányászattal járó környezeti ártalmak.

Alkalmazások:

- szenes anyag → talajjavítás,
- mészkő → cementgyártás,
- agyag → kerámiai célok,
- vulkáni tufa → talajjavítás,
- sok meddő anyaga felhasználható út- és vasútépítés töltésében.

A környezetgazdálkodásban használatos ásványi eredetű anyagok

→ a környezet kímélése vagy állapotának javítása.

1. Talajvízháztartást javító anyagok

Jó talajvízháztartás:

- a beszivárgó csapadékot a talaj nagyrészt megkötö és a növényeknek átadja.

Szélsőséges esetek:

- kolloidszegény homok a vizet átengedi, nem tárolja,
→ javítható bentonit adagolással,
- a túlnyomóan kolloid anyag (agyagásvány) a vizet ugyan tárolja, de a növények számára csak egy része hozzáférhető.
→ tőzeggel és kőszénmeddő örleménnyel lehet javítani.

2. Pufferkapacitást növelő anyagok

A talajkémhatás szélsőséges értékei súlyos termékenységgátló tényezők.

A savas eső és túlzott műtrágyázás elsavanyítja a talajt

→ megoldás az erős bázis-gyenge sav sója (pl. CaCO_3).

2. Kárelhárítási módszerek: szennyező anyagok végleges ártalmatlanítása.

a. Kárelhárítás átlevégőztetéssel

- könnyen illó vegyületek eltávolítása
(szénhidrogén-származékok, H₂S, NH₃).

Kivitelezési módok:

- kompresszor a levegőt injektálócsöveken juttatja a talajba
- a légnemű szennyező anyagok nehezen gyűjthetők össze,
- légszivattyú a levegőt szennyező gőzökkel-gázokkal együtt kutakból szívja ki,
- kombinált eljárás – levegő bejuttatása és gáz-gőzelegy kitermelése kutakon keresztül történik.

b. Kárelhárítás termikus módszerekkel

→ nehezebben illó anyagok volatilizálása vagy pirolitikus lebontása.

- 100-150 oC-on szén-hidrogén párologás,
- 200-300 oC-on dehidrogénezés,
- 400-430 oC-on szénhidrogének teljes kiégése.

A hőközlés lehet:

- meleg levegővel → kiöblítést is biztosít,
- forró vízzel illetve vízgőzzel → eliszaposodás lehetősége,
- elektromos fűtőtesttel → nincs áramló hőközvetítő,
- gázégővel → tökéletlen égés esetén maga is szennyez.

c. Kárelhárítás extrakciós eljárásokkal

- vízzel nem elegyedő szerves anyagok mobilizálása felületaktív anyagok használatával,
 - pl. szénhidrogén-szennyezés eltávolítása.
- szervesetlen toxikus anyagok extrakciója olyan savakkal, melyeknek az illető fémmel alkotott sói jól oldódnak vízben (általában sósavat alkalmaznak).

d. Kárelhárítás talajmosással

- a kiemelt vizet tisztítják és visszaszikkasztják
- folyamatos recirkuláció valósul meg.

e. Kárelhárítás biodegradációval

- a szerves szennyeződések legnagyobb része a talajban és a talajvízben mikrobiológiai működés eredményeként spontán módon lebomlik néhány év vagy évtized alatt.

A mikrobiológiai lebontás üteme serkenthető célirányos beavatkozásokkal.

Pl. starternutriens adagolással (alkohol, glükóz, szerves sav)

A biodegradáció a telítetlen zónában mással nem helyettesíthető módszer, mert a szemcsék felületén az olajvisszatartó képesség határáig megtapadt szénhidrogén-szennyezést kárelhárítási módszerek nem képesek kezelni.

A bioszférát szennyező anyagok környezetanalitikai vizsgálata

Környezeti minták szerves mikroszennyezői

Az ismert szerves vegyületek száma meghaladja az 1 milliót.

Környezetszennyezők: → ártalmas mennyiség,
→ akkumuláció.

EU listán: 130 szerves vegyület természetes vizekben:

- izomerek nincsenek figyelembe véve
- pl. poliklórozott-bifenilek (PCB) 209 izomerje ismert,
- poliaromás.szénhidrogének (PAH) 16 izomerje.

Koncentráció környezeti mintákban: $< 10^{-4} \%$ (< 1 ppm).

Analitikus meghatározási módszerek fejlesztése:

- mérési módszer érzékenységének a növelése,
- elválasztás hatékonyságának, szelektivitásának növelése.

Legfontosabb környezetszennyező vegyületek típusai

Alifás és monoaromás szénhidrogének és halogénezett származékaik:

- kőolajfeldolgozás termékei,
- üzemanyagok, vegyipari alapanyagok.
 - talaj és felszíni vizek szennyezése,
 - a talajszennyezések általában lokalizálhatók,
 - a vízszennyezések nagy területet érinthetnek.

pl. tankhajóbalesetek regionális ökológiai katasztrófát okozhatnak.

Fontosabb vegyületcsoportok:

- illékony monoaromás szénhidrogének(BTEX)
 - ipari szennyvizekből,
- illékony alifás halogenidek
 - gyógyszer-, festék- és műanyagipar,

- aromás halogénezett szénhidrogének
 - „növényvédő” szerek alapanyagai, melléktermékei
 - karcinogén, mutagén és teratogén hatás,
- klór-fluór-szénhidrogének (CFC)
 - hűtőgépek, tűzoltóanyag, kozmetika, oldószer,
 - ózonrétegre káros anyagok.
- poliaromás szénhidrogének (PAH):
 - szerves anyagok égésének termékei,
 - nagyon károsak, karcinogén és mutagén hatás.
- poliklórozott bifenilek (PCB):
 - gyártásukat betiltották,
 - sarki jégtakaróban is kimutathatók,
 - szigetelőként használták,
 - lipofilek, állati szövetekben feldúsulnak.

Dioxinok

- halogénezett növényvédő szerek gyártásának melléktermékei,
- halogéntartalmú hulladékok égéstermékei,
 - lipofilek,
 - nagyon veszélyes toxikus anyagok.

Peszticidek

- mezőgazdasági felhasználásra készülnek:
 - rovarirtók (inszekticidek),
 - gombaölő szerek (fungicidek),
 - gyomirtók (herbicidek).

Egyéb szerves mikroszennyezők

- Benzidinek → erős mérgek, rákkeltő hatás,
- Fémorganikus vegyületek:
 - ólom-tetraetil üzemanyagadalék.
- Klorál-hidrát: DDT gyártásánál használták.

Mintaelőkészítések, mitakezelési eljárások

Sok összetevőt tartalmazó összetett minták:

- célirányos mintaelőkészítés,
- érzékeny, specifikus műszeres analitikai eljárások.

Fontosabb extrakciós eljárások:

- folyadék-folyadék extrakció,
- „Purge and trap” módszer,
- gőztéranalízis,
- szilárd fázisú extrakció,
- szilárd fázisú mikroextrakció,
- szoxhlet-exrtakció,
- szuperkritikus fluid extrakció.

Folyadék-folyadék extrakció

- elválasztótölcsérben,
- megfelelő oldószer,
- kirázás,
- szerves komponensek vizes fázisból szerves fázisba kerülnek,
- kisózás NaCl felhasználásával:
 - növeli a hatásfokot,
 - habosodás megakadályozása

„Purge and trap” módszer

- illékony apoláros szerves komponensek vízmintából történő extrakciójára használják,
- mintán nagytisztaságú gázt (pl. He) buborékoltatnak át,
- illékony szerves komponensek távoznak a gázbuborékokkal,
- hűtő kapillárisban lecsapódnak,
- felfűtik 200-300oC-ra és a gázkromatográfba küldik.

Előnyei: -nem igényel oldószert,
-érzékenysége nagy → ng/l (ppt).

Gőztéranalízis

- szintén illékony komponensek meghatározására szolgál,
- a vízmintát lezárt fiolában termosztátba helyezik,
- adott hőmérsékleten (40-60oC) gőzfázisból mintát vesznek

Szilárd fázisú extrakció (SPE: Solid Phase Extraction)

A vízmintát alkalmas töltettel megtöltött patronon engedik át.

Oldószerrel a szerves mikroszennyezőket leoldják.

Szilárd fázisú mikroextrakció

- egy olvasztott kvarcszál (fiber) felületén kémiai kötással szerves folyadékfilmek rögzülnek:
 - megoszlási hányados értékének megfelelő adszorbción.
- gázkromatográf fűtött injektorában (200-300oC) deszorbción.

Szoxhlet-exrtakció

- szilárd minták szervesanyag tartalmának extrakciós módszere,
- a fűtőlombikból felszálló oldószer-gőzök a hűtőfeltétről visszacsepegnek a szilárd mintára,
- az edény feltöltése után az oldószer visszafolyik az alsó lombikba,
- a ciklus kezdődik előlről.

Szuperkritikus fluid extrakció

- egy adott hőmérséklet (T_c) felett az anyag semmilyen nyomáson nem cseppfolyósítható,
- T_c érték feletti hőmérsékleten és a hozzá tartozó nyomást meghaladó nyomáson az anyag szuper kritikus állapotban van,
- szuperkritikus fluid állapotban az anyag mind a folyadék, mind a gáz állapot tulajdonságait mutatja.
- diffúziós tulajdonsága és viszkozitása a gázállapothoz áll közelebb, sűrűsége a folyadék állapothoz,
- extrakciós közegként általában szén-dioxidot használnak.

Mérési módszerek

Műszeres analitikai módszerek:

1. Gázkromatográfia:

A berendezés felépítése:

- fűthető injektor,
- termosztát,
- detektor.

2. Folyadékkromatográfia:

Kis illékonyságú, hőérzékeny szennyezők meghatározása.

A folyadékkromatográf (HPLC) főbb részei:

- injektor, kromatográfiás oszlop, detektor.

Gázkromatográfiás detektorok:

- Lángionizációs detektor (FID – Flame Ionization Detektor),
 - 2500-3000oC-on a C-H kötések tartalmazó molekulák ionizálódnak és az ionáram mérhető.
- Elektronbefogásos detektor (ECD–Electron Capture Detector)
 - halogéntartalmú molekulák kimutatása,
 - oxigéntartalmú éterkötéses molekulák detektálása.
- Nitrogén-foszfor detektor (NPD),
 - nitrogén- és foszfortartalmú molekulák kimutatása.
- Lángfotometriás detektor (FPD-Flame Photometric Detector),
 - kénorganikus molekulák kimutatása.
- Gázkromatográf-tömegspektrométer kapcsolás (GC-MS),
 - az ionokat tömeg/töltés (m/z) szerint detektálja.
- Gázkromatográf-Fourier transzformációs infravörös spektrométer (GC- FTIR)
 - izomerek is megkülönböztethetők

Környezeti minták elemanalitikai vizsgálata

Oldatos műszeres analitikai eljárások követelményei:

- sokelemes adatszolgáltatás,
- kis kimutatási határok (pg/ml, ng/ml),
- egyszerű kalibráció,
- több koncentráció nagyságrendet átfogó kalibrációs görbék,
- csekély mátrixhatás,
- jó reprodukálhatóság.

Lehetőség van szilárd minták közvetlen vizsgálatára is kombinált módszerek alkalmazásával:

- lézeres vagy elektrotermikus szelektív párologtatás,
- aeroszolok ICP (induktív csatolású plazma) sugár- vagy ionforrásba juttatása argon gázárammal.

Atomabszorpciós spektrometria

Az atomok adott frekvenciájú fotonokat képesek abszorbeálni:

→ amelyeket önmaguk is emittálnak gerjesztésre.

Lejátszódó jelenségek: - vizsgálandó minta atomizálása,
 - fotonokkal való kölcsönhatás,
 - elemspecifikus abszorpció.

→ következtetni lehet az adott elem koncentrációjára.

Lineáris összefüggés az optikai útban lévő szabad atomok koncentrációja és a mérhető abszorbancia között.

Az atomabszorpciós spektrométerek felépítése:

- sugárforrás,
- atomizáló egység,
- monokromátor,
- detektor és kijelző.

Lángatomabszorpciós spektrometria

Oldatból aeroszolt állítanak elő pneumatikus, ultrahangos vagy nagynyomású hidraulikus porlasztókkal:

csepp → oldószer elpárolgás → szilárd aeroszol →
→ szilárd szemcsék elpárolgása → atomizáció

Levegő/acetilén láng (2300oC): alacsony ionizációs potenciálú elemek (alkáli fémek, Cd, Fe, Ni, Cu, Pb) vizsgálata.

Dinitrogén-oxid/acetilén láng (2750oC): kevésbé illékony elemek (Ca, W, Si, Al,) meghatározása.

Grafitkemencés atomabszorpciós spektrometria

A grafitkemence bevezetésével az atomizált mintának az optikai útban való tartózkodási idejét sikerült megnövelni.

A grafitkemence egy 5-8 mm keresztmetszetű és 40-60 mm hosszúságú grafitcső, amelynek hőmérséklete a rajta átvezetett áram szabályozása révén 20-3000oC.

A grafitkemence fűtési programja:

- oldószer eltávolítása,
- hamvasztás (szerves anyagok lebontása, párolgó komponensek eltávolítása),
- atomizáció,
- tisztítás gyors felfűtéssel (3000oC).

Hidridképző elemek meghatározása atomabszorpciós spektrometriai módszerrel

Környezetkémiai szempontból különösen fontos elemek (As, Bi, Ge, Se, Te, Pb, Sn) kovalens hidrideket képeznek:

- nagy illékonyság,
- csekély termikus stabilitás.

Hidridek előállítása: ásványi savak és nátrium-borohidrid oldat adagolásával.

Hidridek alkalmazásának az előnyei:

- az atomforrás fizikai paramétereit csak a fejlődő hidridek, hidrogén és a transzportgáz befolyásolja,
- hidridképző nyomelemek elválasztása és dúsítása egyszerűen megvalósítható,
- megszűnnek lehetséges spektrális zavarások.

Induktív csatolású plazma atomemissziós spektrometria

Az induktív csatolású plazma (ICP) lehetővé teszi mintegy 70 elem egyidejű meghatározását.

Sugárforrás: három, egymásban koaxiálisan elhelyezett kvarccső, a külső kvarccső végén indukciós tekercs.

Induktív csatolású plazma tömegspektrometria

ICP nemcsak sugárforrásként, de ionforrásként is alkalmazható

- Feltételek:
- megfelelő illesztőség ICP és MS között,
 - nyomáskülönbség áthidalása az atmoszférikus nyomáson működő ICP és nagy nyomást igénylő MS között.

Totálreflexiós röntgenfluoreszcens spektrometria

Az egyes atomok belső elektronhéjáról elektront kell eltávolítani, mely a külső elektronhéjáról pótlódik az energiaszintek különbségének megfelelő energiájú röntgenfoton (fluoreszcens sugárzás) egyidejű emittálásával.

Elem-speciességek meghatározása

Különböző elemek toxikus hatása nagy mértékben attól függ, hogy adott anyagrendszerben milyen vegyületként, milyen kémiai formában vannak.

Elem-speciesek meghatározása:

- elválasztástechnikai módszerek kapcsolása nagy kimutatási képességű elemszelektív detektorral
 - pl. folyadékkromatográfiának (LC) on-line kapcsolása láng atomabszorpciós és ICP atomabszorpciós spektrométerekkel, illetve ICP-tömegspektrométerrel.
- hidridképző elemek esetében egy hidridképző generátort (HG) iktatnak a detektoregység elé.

Energia és környezet

A rendszerek működéséhez energiára van szükség.

Az élőlények életműködéseit is energia-felvétel teszi lehetővé,

Legnagyobb energiafogyasztó az ember:

- táplálék előállítása,
- életfeltételek biztosítása.

Legszennyezőbbek:

- energiaipar,
- közlekedés,
- fűtés.

A fosszilis energiahordozók hatása az emberre és a földi környezetre

A fosszilis tüzelőanyagok széntartalmúak

- elégetésükkel nagy mennyiségű szén-dioxid keletkezik és jut a légkörbe
- antropogén éghajlatváltozás legfőbb okozója.

A tökéletlen égés miatt keletkező szén-monoxid és korom közvetlen veszélyt jelent az élő szervezetre:

- akadályozza a vér oxigénszállítását,
- növeli a tüdőrák gyakoriságát.

Jelentős környezetkárosító hatása van a kén-dioxidnak és nitrogén-oxidoknak:

- környezet elsavasodása – globális probléma,
- ózonképzés – károsítja a tüdőt.

Szerves szennyezők → rákkeltő hatás.

Ólomvegyületek → kromoszóma rendellenességek,
→ nő a betegségekre való fogékonyság,
→ szellemi elmaradottság.

Élővizek hőszennyeződése → oxigénkoncentráció-csökkenés.

(a hőerőművek átlag 30%-os hatásfokkal működnek)

Az atomenergia-termelés hatása az élő szervezetekre, különös tekintettel az emberre

A szárazföldi élővilág létezése óta sugárzásnak van kitéve.

Kozmikus sugárzás:

- primer kozmikus sugárzás
 - főleg protonokból áll,
- szekunder kozmikus sugárzás
 - mezonok, elektronok, protonok, neutronok stb.

Földsugárzás: kőzetek, ásványok → ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th .

Bioszféra → élő szervezetekt alkotó kémiai elemek sugárzása

- óránként 15 millió ^{40}K bomlik le az emberi szervezetben.

Természetes háttérsugárzás:

- kozmikus sugárzás földfelszínre érkező része + földsugárzás + élő anyag sugárzása.

Röntgensugárzás felfedezése (1896. január 4.):

- égést okozhat bőrön.

Mekkora dózist visel el az emberi szervezet ártalom nélkül?

- 1934-ig: 13-3200 rem/év,
- 1934: 64 rem/év,
- 1990: 2 rem/év (20 mSv/év),
- 1992: 5 mSv/év.

Sugárzásártalmak:

- determinisztikus sugárártalmak (pl. bőr égése),
- sztochasztikus ártalmak (pl. rák).

Rákos megbetegedések gyakorisági sorrendben:

- pajzsmirigy és emlőrák,
- tüdőrák,
- fehérvérűség (vérrák vagy leukémia),
- emésztőszervek és mirigyek rákos megbetegedései,
- genetikai ártalmak.

Uránbányászat

Hagyományos bányászati balesetveszélyek: omlás, szilikózis,

Speciális veszélyek:

- radioaktív ércpor és radioaktív radon gáz belégzése
 - belső sugárterhelést okoz.
 - pl. NDK WISMUT vállalat: 1946-1990 között 9000 uránbányász halt meg tüdőrákban,
- 5675 esetet ismertek el foglalkozási ártalomnak.
- az uránbányászok körében a tüdőrák valószínűsége hatszorosára nő.

Urániumdúsítás: az uránérc 0,1-0,2%-os tisztaságú

→ óriási mennyiségű radioaktív hulladék képződik.

(évi 116 000 t uránérből 37,5 t kerül reaktorba).

Fűtőelemgyártás: biztonságos, ellenőrzött körülmények között.

→ csekély egészségügyi kockázat.

Atomerőmű működése: normál üzemben nincs sugárveszély.

- háttérsugárzás átlagértéke: 2,4 mSv/év,
- atomerőmű sugárterhelése: 0,0002-0,0005 mSv/év,
- orvosi diagnosztika: 0,4-1,0 mSv/év.

A reaktorbalesetek hatásai az emberre

„Tízezer évenként egy komoly baleset fordulhat elő”.

1979: USA, Three Mile Island erőmű 2. számú blokkja:

„In 1979, roughly 25,000 people lived within five miles of the giant cooling towers that became symbols of the nation's worst commercial nuclear accident.”

1986 április 26: Csernobil, legnagyobb reaktorbaleset.

- hivatalos jelentés: 31 halott, 24 sebesült, 238 sugárbeteg (?).

Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ):

- az erősen szennyezett területeken a legsúlyosabban érintett lakosoknál feleannyi sugárterhelést mértek, mint amennyi a természetből átlagosan származik.

A lakosságnál fellelhető nagyon sok elváltozás?

„sokkal valószínűbb, hogy pszichológiai tényezőkkel és stresszhatásokkal magyarázandók”

Egyes tünetek sugárhatásnak való tulajdonítása:

„tovább szaporítja a stressz okozta egészségügyi problémákat”

Roberts (1992): *„a NAÜ megpróbál egy abszurd tudományos fátylat borítani a világ legnagyobb nukleáris katasztrófájának következményeire”.*

- a vizsgálatokból kihagyták a mentési munkálatokban és sugármentesítésben résztvevőket (600 000 katona),
- a vizsgálatba bevont mintát irányított módon választották ki,
- nem vették figyelembe, hogy a kontrollcsoportban voltak-e evakuáltak vagy sem,
- a hivatalos egészségügyi jelentésekre támaszkodtak.

Negatív hatások:

- Ukrán Szovjet Szocialista Köztársaság (1991):
150 ezer súlyos pajzsmirigyártalomban szenvedő személy,
- **Morgan** (1992): 200 ezer rákos haláleset 30-50 évig,
- **Lenssen** (1992): 14.000–474.000 várható rákos haláleset.

Pozitív hatás:

- nagyobb figyelem fordítása az atomerőművek biztonságára,
- atomerőmű-megrendelések visszamondása.

A fűtőanyagciklus befejező szakaszának problémái

A legtöbb gondot a termelődő nagy aktivitású hulladék okozza

- 30 t kimerült fűtőelem/reaktor/év,
- hatalmas, hűtővízzel töltött medencékben tárolják.
- kb. 1000 év után nem jelentenek veszélyt.

Nem megoldott az atomerőművek végleges leállítása sem.

Weisburg (1991): a sugárzások egészségügyi ártalmai nemszerepelnek első helyen a környezeti ártalmak sorában.

A megújuló energiaforrások hatása a környezetre és az emberre

A vízerőművek nem szennyeznek a környezetet

→ más nem kívánatos környezeti hatások lépnek fel:

- elpusztítják a talajt,
- átalakítják a domborzatot,
- elszállítják, illetve átrendezik a kőzetrétegeket,
- hatalmas mennyiségű betont építenek be,
- megváltoznak a hordalékszállítás és lerakás körülményei,
- elpusztul az eredeti élővilág,
- megváltoznak az ökológiai viszonyok,
→ drasztikus beavatkozás a környezetbe.

Más hátrányok: gátsérülés veszélye, földrengésveszély stb.

A szélenergia-telepek:

- kémiai melléktermékük nincs,
- a generátorok zaja kellemetlen,
→ technika fejlődésével kiküszöbölhető.
- veszélyt jelentenek a madarakra,
- kedvezőtlen tájképi hatás.

Napkollektorok:

- tükrök segítségével gyűjtik össze a hőt,
- folyadékot melegít fel,
- a keletkezett gőz hajtja meg a turbinákat,
- helyigényük miatt erősen megnő a beépített terület.

Napelemek:

- közvetlenül alakítják át a napsugárzást elektromos energiává,
 - semmilyen káros környezeti hatásuk nincs,
 - tetszés szerinti méretekben alkalmazhatók,
→ nagy jövő!

Hidrogén:

- napelemek segítségével, vízbontással állítható elő.

Biomassza égetése:

- annyi CO₂ keletkezik, amennyit a növények fotoszintézis által megkötöttek,
- korom is képződik → rákkeltő,
- szén-monoxid → gátolja a légzést,
- kisebb a kén-tartalom mint a fosszilis tüzelőanyagoknál

Biomassza elgázosítása:

- jobb hatásfok,
- olcsóbb,
- tökéletesebb égés → mérsékeltebb szennyezés.

Fermentáció:

- metil- vagy etil-alkohol előállítására.

Geotermikus energia:

- földkéregben található forró víz
 - szennyező gázok kísérhetik,
 - hőszennyezés.

Árapály-erőművek:

- nem szennyezik a környezetet,
- károsítják a partmenti vízi életközösségeket.

A környezetkímélő energiatermelés lehetőségei:

- gázfűtésű erőművek használata,
- földgáz használata gépjárművekben,
- fluid-ágyas tüzelés:
 - szénporból előállított vizes szuszpenzió alkalmazása a kazánokban,
- korom és porleválasztók használata,
- kén-dioxid-leválasztók használata,
- szén-dioxid megkötése.

Az energiafelhasználás csökkentésének lehetősége:

- gépjárművek energiafelhasználásának csökkentése
 - műszaki fejlesztés,
 - hajtóanyag minősége és mennyisége,
 - fogyasztás csökkentése,
 - égés tökéletesítése,
 - erőátviteli rendszerek tökéletesítése,
 - gépjármű tömegének csökkentése,
 - légellenállás csökkentése.
 - ésszerűbb közlekedési rendszerek kialakítása,
 - elterelő utak,
 - kerékpárforgalom növelése,
 - közlekedés folyamatosságának biztosítása
- energiafelhasználás csökkentése háztartásokban,
- intézményi energiafogyasztás csökkentése.

A világnépesség növekedése, élelmezési problémák

A világnépesség növekedése

Őskor (paleolitikum):

- vándorlások kora
 - kontinensek meghódítása,
- gyűjtögetés és vadászat,
 - gyér népesség megélhetését biztosította,
 - lassú szaporodás.

Újkőkorszak (neolitikum) → „mezőgazdasági forradalom”

- rövidül a népesség megkéttszereződéséhez szükséges idő.

XVIII. sz. közepétől: → „ipari forradalom”

→ „népességi forradalom”:

- születések számának növekedése,
- halálozások számának gyorsuló csökkenése,
- orvostudomány ugrásszerű fejlődése,
- életfeltételek javulása, urbanizáció,
- élelmezésellátás javulása.

Századunkban egyetlen generáció életében megháromszorozódott a Föld népessége.

- amikor a mai hatvanasok születtek, még csak harmadannyi ember élt a Földön mint jelenleg.

Korábbi történelmi szakaszban a jólét, az életszínvonal emelkedése felgyorsította a népességnövekedést,

Néhány évtizede éppen a fejlett társadalmakban jelentősen mérséklődött a természetes szaporulat.

Legújabb előrejelzések: csökkenni kezd a születések száma.

- 9-10 milliárdos tetőzés után csökkenés.

A népesség területi eloszlása

A világnépesség elhelyezkedése a Földön egyenlőtlen.

Kelet- és Dél-Ázsia:

- a népességnövekedés alapja a mezőgazdaság,
- peremterületeken (Japán, Korea) már az ipar.

Nyugat-Európa: ipari forradalom.

- népesség rendkívüli gyors felduzzadása.

Észak-Amerika: ipari övezetekben dinamikusan fejlődő népességkoncentráció.

A Föld felszínének több mint $\frac{3}{4}$ -e alig lakott, illetve lakatlan (< 1 fő/km²) és csak 2%-a sűrűbben benépesült (>100 fő/km²)

Az emberiség fele a tengerpartokat kísérő 200 km-es zónában, a világnépesség mintegy 55%-a a 200 m alatti tengerszint feletti magasságban él.

A népesség átalakulási (népesedési ciklus) fázisai:

- preindusztriális szakasz
 - születések és elhalálozások aránya egyaránt magas,
- korai indusztriális fázis
 - magas születési arány,
 - mérséklődő halálozási arány,
- középső indusztriális fázis
 - mérséklődő születési ráta,
 - mérséklődő halálozási ráta,
- késői indusztriális fázis
 - süllyedő születési, alacsony halálozási arány,
- posztindusztriális fázis
 - születések és elhalálozások aránya alacsony.

Van-e határa a fejlődésnek?

- a 70-es évek elején megjelent világmodellek a fejlődés határaitra hívták fel a figyelmet,
- kezdetben teljes elutasításban részesültek,
- napjainkban globális élménnyé vált a „hiány”, a „határ”,
- szükségessé vált az eddig alkalmazott gazdálkodási módszerek sürgős és gyökeres felülvizsgálata,
- a kihívás fel nem ismerése, lebecsülése vagy egyenesen tagadása fokozhatja a veszélyes következményeket.

A Föld eltartóképessége

Jelenleg több mint 6 milliárd ember él a Földön, a következő évszázad második felében több mint 10 milliárd lesz.

→ jut-e kenyér mindenkinek?

A kontinensek 149 km²-re terjednek ki.

Modern agrártechnológiák fejlesztése és elterjesztése:

- műtrágyák, növényvédő szerek fokozott alkalmazása,
- új, magasabb hozamú fajták termesztése,
- végül biotechnika bevezetése,

→ óriási tőke és energiaráfordítás.

Egy ember évi élelmiszer-ellátása 0,4 ha-ról biztosítható

→ a XXI. sz. derekára ez várhatóan 0,3 ha-ra fog csökkenni.

A modern gépesített mezőgazdaság területeiről km²-enként 6-7000t talaj pusztul le

- 1000x gyorsabb a természetes lepusztulásnál.

A bányászat és építkezés révén évente 4000 km³ talajt és kőzetmennyiséget mozgatnak meg

- a Föld összes folyóinak évi hordalékszállító tevékenysége kb. 10 km³.

Németországban a Rajna menti barnaszénmedencében 1 milliárd m³ anyagot termelnek ki

- ez megfelel az Amazonas évi hordalékmennyiségének.

Sokkal súlyosabb kérdéseket vet fel a vízkészletek apadása

→ a kiemelkedően magas népszaporulattal jellemzett területek vízhiányban szenvednek (Dél-Ázsia, Afrika).

→ vízigényes ipari ágazatok, vízpazarlás és vízszennyezés

→ konkurencia a vízért népesség és mezőgazdaságok között

Pl. Egyiptom 54 millió lakosa vízkészletének 97%-át használja

Környezet és egészség, civilizációs betegségek

Az immunrendszer és az egészség

A patogének bejutását a szervezetbe a legelső védelmi vonalban fizikai és kémiai gátak akadályozzák meg:

- bőr és annak zsírtartalma,
- légutak és emésztőrendszer nyálkahártyája,
- gyomor savassága.

Sérülésük esetén a korokozók behatolhatnak a szervezetbe

→ immunrendszerrel kerül kölcsönhatásba.

Az immunrendszer feladata a szervezet védelme:

- a kórokozó mikrobák ellen,
- megváltozott saját struktúrák ellen.

Lehet:

- veleszületett (természetes) immunitás,
- szerzett (adaptív) immunitás.
→ nagy specificitás, immunológiai memória.

Az immunválasz szakaszai

- efferens fázis: hivatásos antigén-bemutató sejtek bekebelezik és lebontják a patogéneket → fehérje szakaszokat mutatnak be a segítő T-limfocitáknak → a megfelelő T-sejt-receptort (TCR-t) hordozó sejtek aktiválódnak.

- centrális szakasz: a „kiválasztott” T- és B-limfociták gyors ütemben osztódnak (klónok alakulnak ki), effektor és memóriasejtek kialakulása.

- effektor fázis: patogén, illetve antigén megsemmisítése és eliminációja.

Humorális és celluláris immun válasz:

- extracelluláris kórokozók → humorális immunválsz,
- intracelluláris patogének → celluláris immunválsz.

Védelem extracelluláris baktériumok ellen

Az extracelluláris baktériumok a sejten kívül szaporodnak

- keringési készülékben, légutakban, emésztő rendszerben.
 - pl. gennykeltő coccusok, különböző bacillusok.
- gyulladási folyamatot indítanak el, szöveteket károsítják.
- endotoxinokat és exotoxinokat termelnek.

Öröklött és szerzett immunitás: makrofágok általi fagocitózis,

Adaptív immunrendszer: ellenanyag molekulák.

A kórokozók túlélési stratégiái:

- gazdasejthez történő tapadás,
- fagocitózist gátló poliszacharidok a mikroba felszínén.

Védelem intracelluláris kórokozók ellen

Számos kórokozó (sok baktérium, állati egysejtű és minden vírus) a gazdaszervezet sejtjein belül élősöködik, szaporodik

- gyakran endoszómákban és lizoszómákban
- a humorális immunválasz elemei (ellenanyagok és komplement-rendszer) számára elérhetetlenek.

Öröklött és szerzett immunitás:

- a vírussal fertőzött sejtek interferont termelnek
 - szomszédos sejtekben antivirális állapot alakul ki,
- természetes ölüsejtek (NK-sejtek) a vírussal fertőzött sejtek oldását okozzák,
- a keringésben lévő vírusok számát a fagocitasejtek csökkentik.

A vírusok túlélési stratégiái: sejten belüli túlélés, „molekuláris mimikri” (gazdasejt felszíni struktúrájának lemásolása).

Tumorok ellen kialakuló immunitás

A szervezetben gyakran képződnek hibás fehérjék, nem megfelelően működő sejtek

→ ellenőrzésük, kiküszöbölésük az immunrendszer feladata.

Kórosan burjánzó sejtek kiszabadulhatnak az immunrendszer ellenőrzése alól

→ tumorok kialakulása.

A tumorsejtek az immunrendszer számára megváltozott saját sejtek → immunválasz az esetek többségében nem indul el.

→ a tumorsejtek gátolják vagy elkerülik az immunrendszer hatékony működését.

Túlérzékenységi (hiperszenzitív) reakciók

Immunválasz által előidézett nemkívánatos reakció

→ gyulladásszerű folyamatok kialakulása,

→ szövetek roncsolódása,

→ számos antigén okozhatja,

→ reakció intenzitása egyénenként változó

Általában az ugyanazzal az antigénnel való másodszori (illetve többszöri) találkozás eredményeként alakulnak ki.

1. Azonnali túlérzékenységi allergiás reakció

- az allergénnel való reakció után azonnal bekövetkezik.

Allergia: gazdaszervezet megváltozott reaktivitása adott ágenssel való második (vagy többszöri) találkozás után.

A fejlettebb országok lakosságának egynegyede szenved ilyen reakciók káros hatásaitól

→ szintetikus anyagok megjelenése.

A reakció mechanizmusa:

- allergének bejutása a szervezetbe

→ nyálkahártyán keresztül.

- az antigén-bemutató sejtek (APC) felveszik,
 - átalakítják és „bemutatják” a T-sejtek számára,
 - limfokinek termelődnek,
 - aktiválják az antigén-specifikus B-sejteket,
 - allergénnel fajlagosan reagáló IgE antitestek termelődnek,
 - bazofil leukociták és hízósejtek IgE-kötő receptorához kötődnek
- allergiás reakciók effektorsejtjei

2. Késői típusú túlérzékenység

- az antigénnel való egyszeri találkozás is kiválthatja,
- a folyamat kialakulása több mint 12 órát vesz igénybe,
- a sejtek közvetítik a folyamatot,
- pozitív hatású is lehet
 - védelem az intracelluláris kórokozók ellen.

Bőr túlérzékenységi reakciója (kontakt dermatitisz)

- előidézhetik szerves anyagok, kozmetikumok, mosószerek, fémek, növények.

A környezet és a belső állapot

A külső környezet tagozódása és főbb jellemzői:

- természeti környezet: embertől függetlenül is létező világ elemei → természetes környezet: azok a területek, amelyek viszonylag megőrizték természetes állapotukat,
 - gondozott környezet: az ember nem állandóan veszi igénybe, de alakulásába beavatkozik,
 - megművelt környezet: mezőgazdaságilag szigorúan művelt területek.
- épített (mesterségesen létrehozott) környezet: mesterséges anyagok veszik át a döntő szerepet,
 - települések,
 - munkahelyi környezet,
 - lakóhelyi környezet.

- mentális környezet: emberek közti kapcsolatrendszerek összessége,
 - társadalmi és szociokulturális környezet,
 - munkahelyi viszonyok,
 - családi környezet.

A pszichoszomatikus betegségek keletkezése

- olyan élettani és/vagy szervi elváltozások, amelyek kiváltó okai között pszichés tényezők is jelentős súllyal szerepelnek.

A betegségek keletkezésére vonatkozó általános elképzelések:

- pszichoanalitikus megközelítés
 - kora gyermekkorban létrejött és használt viselkedési mintázatok újra megjelenése,
 - egyes fiziológiai és organikus betegségek mögött az egyén élettörténetében szereplő eseményekkel kapcsolatos lelki jelenségek húzódnak meg,
 - a korai gyermekkorak kritikus szerepe van,
 - pszichés regresszióval esnek egybe,
 - családszerkezet lényeges szerepe, különös tekintettel az anya-gyermek kapcsolatra.

- pszichofiziológiai megközelítés
 - reflex-elmélet: betegség és érzelem között reflexkapcsolat jön létre,
 - operáns tanulási modell: a zsigerekkel való kapcsolat külső megerősítés révén rögzül és így alakulnak ki a meghatározott viselkedésmintázatok,
 - adott érzelmi konfliktusok aktiválják.

- dinamikus pszichopatológiai irányzatok
 - komplex, környezet által indukált tanulási mechanizmusokat is feltételező egységes elképzelés,
 - az élet korai szakaszában kialakuló pszichés zavarok az egyénre jellemző válaszmintát alakítanak ki,
 - azt a szervet érinti amelyik az adott időben a legérzékenyebb a kialakuló emocionális hatásokra.

Terápia

Hagyományos orvosi eljárások: - gyógyszerek alkalmazása,
- sebészeti beavatkozás,
- pszichoterápiás megoldások,

Speciális (viselkedésterápiás) eljárások:

- szimptomatikus eljárások – tünetorientált módszerek,
 pl. biofeedback terápia
- viselkedési eljárások – relaxációs módszerek,
 pl. légzésterápia, autogén tréning, progresszív relaxáció
- életmód terápiák – egyénre orientált eljárás.

Biotechnológia a mezőgazdaságban

Biotechnológia vagy biológiai technológia:

- életfolyamatok felhasználásán alapuló gyártási eljárás,
- élőlények vagy alkotórészei állítják elő a terméket,
 - pl. mikrobiális fermentáció,
- napjainkban már megoldható a genetikai manipuláció,
 - gének idegen genomba való bevitele,
 - mesterséges génkonstrukciók létrehozása,
 - növényi és állati genom célzott átalakítása.

Az új biotechnológiai eljárásokban valamilyen cél érdekében megváltoztatott, genetikai programjukban módosított élő szervezetek vagy azok sejtjei vesznek részt.

A biotechnológia objektuma a sejt, illetve annak örökítő anyaga, a DNS.

Egy élőlény minden sejtje rendelkezik az illető élőlényre vonatkozó összes genetikai információval → totipotens.

DNS: - 90-99%-a a kettős maghártyával körülvett sejtmagban,

- lineáris szerkezetű, nagy méretű,

- 1-10% a sejtorganellumokban
(mitokondriumokban és plasztiszokban),

- gyűrű alakú és kisméretű.

A növényi biotechnológia:

- növények, növényi sejtek és sejtorganellumok manipulációja, - örökítő anyag célzott megváltoztatása,
- a szerzett új képességek technológiai felhasználása.

In vitro szövettenyésztés (szomatikus sejtgenetika): a növény izolált testi (szomatikus) sejtjei megfelelő mesterséges (in vitro) körülmények között képesek differenciációra.

Gyakorlati szempontok:

- nagyobb tápértékű, termőképesebb és agro-technológiailag olcsóbban termesztendő növények előállítására,

- stresszhatásoknak (kórokozók, fagy, szárazság stb.) jobban ellenálló (rezisztens) növények előállítására.

Az eukarióta sejt genomja rendkívül nagy méretű:

- 2,5 milliárd információhordozó bázispár,
- 50-100 000 gén.

A vírusok genomja az eukarióta sejtekéhez képest kisméretű:

- 5-20 000 bázispár,
- 5-20 gén.

DNS-szerkezet vizsgálata:

- restrikciós endonukleázok (DNS hasító enzimek),
 - a kettős szálú DNS-t meghatározott bázissorrend mentén bontják,
 - a restrikcióval rövidebbre szabdaltnak már vizsgálatra alkalmas,
- DNS bázissorrendjének meghatározása.

Klónozás: kívánt DNS-szakasz vagy gén nagy példányszámú előállítására → PCR (polymerase chain reaction) technikával.

Különböző hőmérsékleten lejátszódó, 25-35-ször megismételt három reakció:

- DNS hődenaturálása (85-95 °C): a DNS két szála az H-hidak felszakadásával elválik egymástól,
- oligonukleotidok szelektív kötődése (45-60 °C),
- új DNS molekulák szintetizálása (72 °C) a primerek meghosszabbításával a DNS polimeráz enzim által.

A következő ciklusban ugyanezek a reakciók ismétlődnek.

A PCR (Polymerase Chain Reaction) kivitelezése:

- reakciókomponenseket összemérik egy edénykébe,
- a hőmérsékleti ciklusok pontos végrehajtásáról automata gondoskodik,
- egy reakció ideje 0,5-3 perc, a teljes művelet néhány óra.

Génátvitel: vektorokkal történik

→ olyan DNS szakasz vagy DNS molekula, amely adott sejten belül képes replikálódni, abba más DNS szakaszt be lehet építeni.

Vektorként alkalmazhatók:

- növényi vírusok:
 - kettős szálú DNS vírus,
 - egyes szálú DNS vírus,
 - RNS vírus,
- baktériumok extrakromoszomális elemei, a plazmidok,
- mesterséges plazmidok,
- organelláris cirkuláris DNS,
- sejtmagi extrakromoszomális DNS.

Plazmid vektorok

- leggyakrabban használt vektorok,
- a baktériumsejtekben extrakromoszomálisan elhelyezkedő, önállóan replikálódó cirkuláris DNS-ek,
- sejtenkénti számuk 1-200,
- génjeik száma 5-20,
- általában előnyös tulajdonságokat határoznak meg
 - pl. antibiotikum rezisztencia

A plazmidok a bakteriofág genomhoz hasonlóan képesek integrálódni a gazda sejt genomjába (crossing-over).

→ a plazmid replikációja és működése a gazdagenom kontrollja alá kerül.

Idegen gének bevitele növényi sejtbe:

- transzgénikus növények előállítás.
- a géntranszformáció durva beavatkozás a természet rendjébe,
- fennállhat a biológiai egyensúly felbomlásának lehetősége.

Génbevétel vagy géntranszfer:

- meghatározott DNS molekuladarab (egy vagy több gén) bejuttatása a protoplasztba vagy intakt sejtbe.

Transzgénikus növényekről és genetikai transzformációról csak abban az esetben beszélhetünk, ha a bevitt idegen gén stabilan integrálódott a növény genomjába, amelyet a transzformált protoplasztból vagy intakt sejtéből regeneráltak.

Génbeviteli módszerek:

- közvetlen módszerek,
- közvetett módszerek → közvetítő organizmusokkal.

Agrobacterium által közvetített génbevétel

- nagy biztonsággal alkalmazható kétszikű növényeknél.

Agrobacterium tumefaciens

- talajban élő Gram-negatív baktérium
- a növényeket a sebzési helyeken fertőzi meg,
- gyökérgolyvásodást okoz,
- a daganat kialakulásáért a baktérium felelős,
- az osztódás a baktériumsejt eltávolítása után is folytatódik → rákos daganathoz hasonló tumor.

Agrobacterium rhizogenes

- hajszálgökeresedést okoz sebzési helyeken.

Baktériumfertőzés során a transzfer (T) DNS átkerül a növényi sejtbe és stabilan integrálódik a sejtmag DNS-be.

A T-DNS-t mindkét oldalról határszekvenciák fogják közre, az általuk behatárolt bármely DNS-darab hatékonyan átvivődik és integrálódik a gazdanövény genomjába.

Vírus vektorok

Caulimovírus (CaMV)

- kettős szálú DNS-vírus,
- genomjának egyes kis régiói helyettesíthetők idegen DNS-sel, a vírus DNS infekciós és replikatív funkciójának megtartása mellett.

Gemini vírusok

- egyfonalú DNS-vírusok,
- gazdaspecifitásuk széles, kiterjed egy- és kétszikűekre,
- a fertőzés vektorai a levéltetvek,
- a beépítendő idegen DNS mérete nem limitált.

Protoplasztok felhasználása direkt génátvitelre

Sejtfaltól megfosztott sejtekbe (protoplasztokba) vektor nélkül is bejuttatható DNS.

- génbevitel polietilén-glikol (PEG) közvetítésével
 - PEG-kezeléskor a membrán instabillá válik,
 - pórusain keresztül DNS juttatható a protoplasztba.
- génbevitel elektroporációval
 - elektromos impulzusokkal a sejtek DNS-felvétele fokozható.

Elektrofúzió

- váltóáramú elektromos térben a protoplasztok dipólusként viselkednek és láncszerűen összetapadnak,
 - nagyfeszültségű egyenáram hatására a protoplaszt dipólusok az összetapadás mentén összeolvadnak,

- a protoplasztok fuzionálását követi a magok fúziója,
- a fúziós termék az életképes szomatikus hibrid.

Génbevétel liposzómákkal

- Liposzómák: - membránnal határolt vezikulumok,
- egy belső vizes teret zárnak közre,
 - a membrán nagyrészt lipidekből áll,
 - képesek protoplasztokkal fuzionálni,
- tartalmuk a protoplasztba kerül.

Ultrahanggal történő génbevétel

A sejteket rövid ideig 20 kHz ultrahang hatásának vetik alá olyan plazmid jelenlétében, amely a megfelelő génkonstrukciót tartalmazza → kívánt idegen DNS bejuttatása

Génbevétel mikroinjekcióval

Mechanikai génbevétel: DNS-oldat beinjektálása növényi protoplasztba vagy közvetlenül a sejtmagba.

DNS bejuttatása génbelövéssel

- a DNS-t nemesfém- részecskére rögzítik,
- a részecskét nagy sebességre felgyorsítják (puskaporral, nagy nyomású He-, illetve N₂-gázzal),
- áthatolnak a sejthártyán és bejuttatják a DNS-t.

Transzformáció szilikon-karbid tűk felhasználásával

- szintén a sejtek mechanikai sebzésén alapul,
- protoplasztok helyett intakt sejtek használhatók,
- a sejteket DNS-tartalmú folyékony táptalajban szilikon-karbid tűkkel együtt rázogatják,
- a tűk áthatolnak a sejtfalon és a sejtmembránon,
- a hozzájuk tapadt DNS ily módon bekerül a sejtbe.

Szárított embriók DNS-oldatban történő áztatása

- a száraz növényi szövetek membránjainak fiziko-kémiai jellemzői erősen változnak természetes kiszáradással,
- bejuthatnak DNS óriásmolekulák.

A transzformáns növények in vitro szelekciója

Ki kell szelektálni és fel kell szaporítani azokat a sejteket, amelyekben az idegen gén nemcsak integrálódott a nukleáris genomba, hanem expresszálódik is.

- a nem transzformáns, vad típusú sejtek osztódását szelektíven gátolják,
- antibiotikum- vagy herbicid-rezisztenciagént alkalmaznak erre a célra,
- kanamycin-tartalmú szelektív táptalajon transzgénikus növényeket tudnak regenerálni (rizs, kukorica, búza).

A biotechnológia alkalmazási lehetőségei a növénynevelésben

Alapvető feladat:

- új növényfajták létrehozása a klasszikus nevelésnél jóval rövidebb idő alatt.

Nemesítési célok:

- rezisztencia a vírusok, baktériumok, gombák és rovarok ellen,
- rezisztencia a környezeti abiotikus stresszhatásokkal szemben (hőmérséklet, szárazság, nehézfémek, UV-sugárzás)
- jobb minőségi mutatójú fajták létrehozása,
- fényenergiát és tápanyagot jobban hasznosító fajták létrehozása.

In vitro mikroszaporítás

- a vegetatív hajtás egy-egy részét (szerv, szövet, sejt) mesterséges közegen, sterilen tenyésztik, majd belőlük növényt regenerálnak.

A folyamat szakaszai:

- aseptikus kultúra létrehozása,
- tenyészetek elszaporítása, sokszorozása,
- megnyújtás, gyökereztetés,
- ex vitro akklimatizálás.

Hajtástenyészetek

- a hajtáscsúcs merisztéma legfiatalabb részei vírusmentesek
- vírusmentes növények állíthatók elő belőlük,
- minél kisebb a minta, annál biztonságosabb a vírusmentesség.

Járulékos szervtenyészetek

- járulékos szervek szolgálnak izolátumként,
- az izolátumokból organogenezissel növények differenciálhatók,
- sterilizálása rendkívül nehéz.

Portok-kultúra

- haploid növények előállításának módszere,
- a portokot kiperarálják és steril tápközegben androgenézist indukálnak.

Növényi sejttenyésztés bioreaktorban

- izolált növényi részek hormontartalmú közegen
 - visszanyerhetik osztódóképességüket,
- nagyon fontos a táptalaj összetétele:
 - makro- és mikroelemek, vitaminok, cukrok, hormonok.

A módszer előnyei:

- a sejt kultúrák nagyobb mennyiségben képesek hatóanyagot előállítani,
- olyan vegyületek előállítására is van lehetőség, melyek normális körülmények között az intakt növényben nem fordulnak elő,
- a tenyésztést nem veszélyeztetik klimatikus tényezők, mezőgazdasági kártevők.

A környezetvédelem jogi, politikai összefüggései

Jog: emberi magatartás és társadalmi viszonyok szabályozása.

Célja: - az embert körülvevő környezet állapotának megőrzése

- bekövetkezett környezetkárosítások felszámolása,
- jövőbeni környezeti veszélyek megelőzése,
- ember és környezet harmonikus kapcsolatának biztosítása

Tárgya: az ember természetes és mesterséges környezetére egyaránt kiterjed.

Nem független más társadalmi-gazdasági viszonyokat szabályozó normáktól:

- primer normák,
- szekunder normák.

Környezetvédelmi jogi alapelvek:

- a környezethez való jog alapvető emberi jog,

„minden emberi lénynek joga van az egészséget és jólétet biztosító környezetben élni”

- az állam környezetvédelemmel kapcsolatos felelősség- és kötelezettségvállalása,
- fenntartható fejlődés biztosítása,
- megelőzés és elővigyázatosság,
- környezetkárosító felelősségének elve „a szennyező fizet”
- együttműködés elve,
- információhoz való hozzájutás, a nyilvánosság és a társadalmi részvétel elve

Környezetvédelmi kerettörvény

Magyarországon: 1995/LIII

Romániában: 1995/137 – Legea Protecției Mediului

Európai Unió: Natura 2000

- Madárvédelmi Irányelv (1979),
- Élőhelyvédelmi Irányelv (1992).

A fenntartható társadalom

Bruntland-jelentés: „A fenntartható fejlődés olyan fejlődést jelent, amely kielégíti a jelen szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk szükségleteinek kielégítését”

Fenntartható társadalom:

→ természet és társadalom (ember) viszonya.

A fenntarthatóság összetevői:

→ termodinamikai és antropológiai faktorok,

→ ökológiai és gazdasági összetevők.

A fenntartható társadalom termodinamikai feltételei

A termodinamika I. és II. főtétele korlátot állít az ember számára: → nem teremthetünk energiát, legfeljebb egyik megjelenési formáját átalakítjuk a másikba,

→ minden tevékenység növeli az entrópiát.

Legyen a Föld teljes élete 100 év (kb. 4,5 milliárd év):

- 9 éve kezdődött a fosszilis tüzelőanyagok lerakódása,
- 5 éve jelentek meg a dinoszauruszok,
- 1,5 évvel ezelőtt kihaltak,
- 8 napja jelent meg az első ember,
- 23 perce született Jézus,
- 1-3 perc múlva kimerülnek a fosszilis energiaforrások,
- 30 másodperc múlva irreverzibilis az üvegházhatás.

A világ energiafogyasztása 1990-ben 391 EJ (1 EJ = 1018J):

- egy főre jutó energiafelhasználás 45,6-207 GJ/fő.

20%-os hatásfokú napelemekkel, figyelembe véve a maximálisan lefedhető területet az egy főre jutó éves energiafelhasználás 6 milliárdos népesség esetén 722 GJ.

Sok esetben (pl. egyes fémek) az emberi eredetű anyagáramlás meghaladja a természetest.

Emberi/természetes áram aránya:

- alumíniumnál 5%,
- ólomra 1200%,
- vasnál 140%,
- ezüstre 2200%,
- kadmiumra 390%,
- rézre 2400 %.
- higanyra 650%,

A termodinamika I. főtétele:

- az energia-megmaradás törvénye: a belső energia megváltozása (dU) a hő (Q) és a munka (W) összege.

$$dU = Q + W$$

Nem készíthető olyan gép, amely semmiből munkát állít elő.

A termodinamika II. főtétele:

- a hő nem megy magától alacsonyabb hőmérsékletű helyről magasabb hőmérsékletű helyre.

$$dE (T_2 - T_1) \geq 0$$

A belső energia mindig a magasabb hőmérsékletű testről megy az alacsonyabbra.

Magára hagyott rendszerben:

- csak olyan folyamat lehetséges, amelyben csökkennek a különbségek.
- mindaddig lesznek folyamatok, amíg nőhet az entrópia → egyensúlyi állapot,
→ entrópia értéke maximális.

A Föld, az élőlények, a gazdasági rendszerek nyílt termodinamikai rendszerek:

→ környezetükkel anyagot és energiát cserélnek.

A termodinamika főtételeiből következik:

- a világegyetem energiája állandó,
- a világegyetem entrópiája növekszik.

Entrópia növekedése:

- struktúrák lebomlása,
- sokféleség eltűnése,
- homogén, unalmas állapot,
- hőhalál.

Az Univerzum extrópiamérlege

A jelenlegi kozmológiai modellek szerint az Univerzum tágul

- az entrópia nem csökkenhet.

A tágulás hőmérséklet különbséget kelt → extrópiát termel:

- állandóan új különbségek, új struktúrák keletkeznek.

Az entrópiája folyamatosan nő a II. főtételnek megfelelően, de ez nem jelenti azt, hogy az Univerzum hanyatlik.

A Föld extrópiamérlege

A Föld felszíne állandóan energiát kap ($1,2 \times 10^{17} \text{J/s}$).

Ahhoz, hogy állandó hőmérsékleten legyen, ugyanennyi energiát kell kisugározzon.

A Földre másodpercenként beáramló és a Földről kimenő extrópiááramok között különbség van ($4 \times 10^{14} \text{J/K}$),

- a Föld a napsugárzás hatására ennyivel távolodna el az egyensúlyi állapottól másodpercenként,
- állandósult állapothoz ekkora kell legyen a Föld entrópiatermelése másodpercenként.

Az élőlények extrópiamérlege

Az élőlények energiamérlege állandósult állapotban:

$$\mathbf{E_{be} = E_{ki}}$$

(a bemenő energia megegyezik a kimenő energiával).

Termodinamikailag az élő rendszerek nemegyensúlyi rendszerek:

- extrópiájuk pozitív,
- entrópiatermelésük pozitív.

Ha izoláljuk a rendszert, akkor az entrópiája csökkenni fog,

- egy kritikus érték alatt az élet megszűnik,
- küszöb felett csak úgy maradhat a rendszer, ha entrópiáát biztosítunk,
- az entrópiafelvétel mindig energia és anyagárammal jár együtt.

A nullás entrópiakiméletet egy élőlény nem tudja megtenni, de a bioszféra már közelítőleg igen: a növények hőt, vizet és CO₂-ot vesznek fel, az állatok hőt, CO₂-ot és vizet adnak le.

Egy gyár termodinamikailag nem egyensúlyi rendszer:

- kiegyenlítődési folyamatok játszódnak le,
 - entrópiatermelés is van,
 - közeledik az egyensúlyi állapothoz,
 - csökken az entrópia,
 - biztosítani kell az entrópia utánpótlást.

A gyártási folyamatból kilépő entrópia két részre bontható:

- termék entrópia,
- hulladék entrópia.

A hulladék entrópiája változó:

- Nulla, amikor a környezetnek leadott energia és anyag termodinamikailag egyensúlyban van a környezettel (entrópiája maximális):

- a hulladék megkülönböztethetetlen a környezettől,
- ez a hulladék nem szemét,
- nem változtatja meg a környezetet, nem ártalmas.

Minél kisebb az entrópia, annál ártalmasabb a szemét.

Minél nagyobb az entrópiája, annál több változást indukálhat a szemét a környezetben.

Geológiai-ökológiai fenntarthatóság

Az emberi tevékenységet ökológiailag fenntartható módon kell átalakítani → globális problémák megoldása.

A természethasználat módját, mértékét és ütemét igazítani kell a természetes életközösségek működésének ritmusához.

A megújuló természeti erőforrások használatának az önregeneráció határain belül kell maradnia.

Eltartóképesség: maximális egyedszám, amelyet egy élettér „végtelen” ideig el tud tartani.

Az ökológiai fenntarthatóság, az eltartóképesség és a népességnövekedés elválaszthatatlanok egymástól.

→ alapvető globális probléma a népességnövekedés.

A népesség korlátozása a fenntartható társadalom létének szükséges, de nem elégséges feltétele.

Az ökológiailag fenntartható gazdaság összetevői:

- az emberiség számának stabilizálása (8-9 milliárdon),
- az anyag- és energiafelhasználás radikális csökkentése.

Az anyagfelhasználás radikális csökkentésének módjai:

- a fogyasztási modell átalakítása,
 - sérti a termelő vállalatok érdekeit,
 - mennyiségi helyett minőségi szemlélet, (nagyobb, jobb minőségű, hosszabb élettartamú),
- anyagtakarékos technológiák alkalmazása,
 - felhasznált anyag és hulladék mennyiségének csökkentése
- környezetbarát technológiák alkalmazása,
 - kibocsátott szennyező anyagok csökkentése,
- hulladékok, használt anyagok újrahasznosítása,
- termékek ismételt használata.

Az anyagfelhasználás egyik legfontosabb szempontja az előállítás és lebontás egyensúlya.

→ a természet az általa létrehozott anyagok lebontására ugyanolyan gondot fordít, mint előállításukra.

USA: - hivatalosan elvben a hulladékok újrafeldolgozását támogatják a hulladékelhelyezéssel és égetéssel szemben,

- gyakorlatilag dollármilliókat költenek szemétkerakók létrehozására, a környezetkímélő eljárásokat alig támogatják,

- bevett gyakorlat a veszélyes hulladékok exportálása.

A világgazdaság polarizáltsága:

- szegénység és gazdagság szélsőséges elkülönülése.

A szegénység a globális környezeti problémák hajtóerője.

- az emberiség évi összjövedelmének kb. 85%-át a lakosság 23%-a fogyasztja el,

- a termelt energia több mint felét a lakosság 15%-a használja fel (gazdag országok),

- 1,2 milliárd embernek nincs biztonságos ivóvize,

- minden harmadik gyermek alultáplált.

A gazdagok és a szegények jövője egyaránt a szegénység enyhítésétől függ.

A fenntarthatóság antropológiai-etikai faktorai

A létbizonytalanság világjelenség,

→ a bizonytalanság egyes emberek életének részévé vált.

Elvileg megvan a lehetőség az ökológiailag fenntartható életforma kialakítására.

Gyakorlatban ez attól függ, hogy milyen képességeket, értékrendet fejlesztünk ki a következő generációkban.

A *Homo sapiens* filogenetikai öröksége:

- egészség: alapul szolgál az összes tevékenységhez,

- értékrend: tevékenységet motiváló, orientáló tényező,

- alkotóképesség: a kivitelezés szempontjából lényeges,

→ közvetlen hordozója az idegrendszer (az agy).

Az ember agya asszimmetrikus,

- a jobb és a bal félteke integráltan működik,
- nagyjából egymást kiegészítő funkciókat lát el,
- bizonyos funkciók egyik vagy másik féltekéhez kötöttek.

Az asszimmetria genetikailag programozott sajátja az embernek.

Az egyedfejlődésben nem jelenik meg automatikusan

→ környezetfüggő.

Az agy differenciális specializációja:

• „Beszélő”

- akusztikus információk feldolgozása,
- a szavak hangzása,
- analitikus, atomisztikus,
- racionális, logikus,
- logikai (absztrakt) gondolkodás,
- előzőleg megtanult, rögzített információk kezelése,
- algebrikus,
- szimbolikus tájékozódás,
- konvergens
- objektív (érzelemmentes),
- időbeli integráció,
- az idő egyirányúságához igazodott lineáris gondolkodás

• „Néma”

- vizuális információk feldolgozása,
- a szó jelentése,
- szintetikus, holisztikus,
- intuitív,
- tárgycentrikus gondolkodás,
- új információk feldolgozása,
- geometrikus,
- térbeli tájékozódás,
- divergens,
- szubjektív (érzelmi),
- térbeli integráció,
- a tér sokdimenziójúságához igazodott asszociatív gondolkodás.

A zsidó-keresztény-izlám kultúrában magasabb rendűnek tartják a balféltekés funkciókat, a logikai gondolkodást,

→ lineáris gondolkodás

- individualizáció és atomizáció,
- hangsúly eltolódása a részek fele,

→ az ember önértékelési zavarának megnyilvánulása.

Oktatásban a hangsúly a balféltekés funkciók fejlesztésén van.

A lineáris és az asszociatív gondolkodással összefüggő képességeket egyaránt fejleszteni kell, de a problémamegoldás szempontjából meghatározó szerepe van a jobbféltetés funkcióknak, illetve a két félteke integrált működésének.

Az egészben látásnál a rész nem vész el, a hangsúly a viszonyokon és nem a pólusokon van.

→ ez az ökológiai megközelítés elemi feltétele.

A fenntarthatóság etikai tényezői:

- embernek a természethez való erkölcsi viszonyulása,
- egyének és közösségek autonómiájának tiszteletben tartása.

Az autonóm személyiség:

- nyitott a természeti és társadalmi folyamatok soktényezős volta iránt,
- toleráns: a másság, a különbségek, az átlagtól való eltérés, a kultúrák, az egyének sokféleségének tudomásulvétele, a sokféleség értéként kezelése,
- felelősségvállaló: az embereket személyesen érintő kell tenni a globális problémák megoldásában,
- igazságos.

A keleti (japán, kínai, indiai) gazdasági etika eredményesebbnek látszik egy bizonytalan, kiszámíthatatlan világ kezelésére.

→ erőteljes növekedés.

Keleti gazdasági etika lényege:

- racionális alkalmazkodás a mindenkori világhoz,
- ökológiai alapú egészben gondolkodás,
- optimális integrációs képesség
(versengés és együttműködés integrációja)
- asszociatív cselekvési modell.

Ajánlott irodalom

Juhász Nagy P. 1986. Egy operatív ökológia hiánya, szükséglete és feladatai. Akadémia Kiadó, Budapest.

Nánási Irén. 1999. Humánökológia. Medicina Könyvkiadó Rt., Budapest.

Dordea M., Coman N. 2005. Ecologie umană. Casa Cărții de Știință. Cluj-Napoca.